




BOTADERO MARMOLEJO

MANUAL OPERACIÓN



CHOCÓ – QUIBDO


2024

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

CONTENIDO


1. Objetivo.....	8
1.1. Objetivo general.....	8
1.2. Objetivos específicos.....	8
2. Alcance específico.	8
3. Normatividad aplicable.....	8
4. Impactos a manejar.....	8
5. Tipo de medida a ejecutar.....	9
6. Glosario de términos.	9
7. Recurso humano, organigrama con funciones y responsabilidades.	10
8. Horario de operación.....	12
9. Prohibiciones en el ingreso de residuos a la celda.	12
10. Procesos y procedimientos de operación.....	13
10.1. Generalidades operativas.	13
10.2. Frentes de Trabajo.....	16
10.3. Acceso a la plataforma de descarga.....	16
10.4. Descargue de desechos.	16
10.5. Operación de la celda.....	18
10.5.1. Disgregación.	18
10.5.2. Compactación.	19
10.5.3. Conformación.....	20
10.6. Cubrimiento diario de los residuos.....	21
10.7. Cobertura final.	22
10.8. Actividades adicionales en las plataformas.....	22
10.8.1. Barreras de contención de volantes.....	22
10.8.2. Limpieza de plataforma.	23
11. Señalización.	23
11.1. Señalización vial externa.	24
11.2. Señalización vial interna	24

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

11.3.	Señalización de seguridad.....	25
11.4.	Mantenimiento de la señalización.....	27
12.	Equipo mínimo utilizado en la operación de la celda.....	27
13.	Secuencia de llenado.....	27
13.1.	Terraza 1.....	29
13.2.	Terraza 2.....	31
13.3.	Terraza 3.....	31
13.4.	Terraza 4.....	32
13.5.	Terraza 5.....	32
13.6.	Terraza 6.....	33
13.7.	Terraza 7.....	34
13.8.	Terraza 8.....	35
13.9.	Terraza 9.....	36
13.10.	Terraza 10.....	37
13.11.	Terraza 11.....	38
13.12.	Terraza 12.....	39
13.13.	Terraza 13.....	40
13.14.	Terraza 14.....	41
13.15.	Terraza 15.....	42
13.16.	Recomendaciones finales llenado.....	43
13.16.1.	Manejo de lixiviados dentro de las terrazas.....	44
13.16.2.	Redundancia de sistema de bombeo.....	46
14.	Densidad de compactación.....	46
15.	Instrumentación de la celda.....	47
15.1.	Monitoreo topográfico de asentamientos.....	47
15.2.	Monitoreo de la pendiente de los taludes.....	50
16.	Captura, conducción y extracción de biogás.....	50
16.1.	Drenaje pasivo con chimeneas.....	51
17.	Sistema de Tratamiento de Lixiviados.....	52

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

17.1.	Descripción del sistema de conducción y tratamiento.	56
17.1.1.	Estación de Bombeo: Pozo de extracción de lixiviado.	56
17.1.2.	Unidades De Tratamiento.	58
17.1.2.1.	Laguna Anaerobia.	58
17.1.2.2.	Laguna de Facultativa.	61
17.1.2.3.	Otras Consideraciones del sistema.	62
17.1.3.	Variables de Proceso.	63
17.1.3.1.	Tiempo de retención hidráulica (TRH).	63
17.1.3.2.	Conversión de DBO ₅	64
17.1.3.3.	Velocidad Horizontal (V _H).	65
17.1.3.4.	Capacidad Hidráulica del Sistema de Drenaje.	66
17.1.4.	Metodología de seguimiento de lodo.	67
18.	Actividades monitoreo y mantenimiento del sistema de tratamiento de lixiviados.	68
18.1.	Seguimiento y control.	68
18.1.1.	Diario.	68
18.1.1.1.	Medición de caudal de cada unidad.	68
18.1.1.2.	Medición de Oxígeno Disuelto.	68
18.1.1.3.	Niveles de las lagunas.	68
18.1.2.	Semanal.	69
18.1.2.1.	Medición de DQO.	69
18.1.2.2.	Medición de SST.	69
18.1.3.	Mensual.	69
18.1.3.1.	Medición de DBO ₅	69
18.1.4.	Semestral.	69
18.1.4.1.	Muestreo de lixiviado con laboratorio acreditado por el IDEAM.	70
	Fuente: Tomado de	70
18.1.4.2.	Registro del consolidado de mantenimientos preventivos y correctivos realizados durante el semestre.	70

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

18.2.	Actividades de mantenimiento preventivo.....	71
18.2.1.	Mantenimiento Diario.	71
18.2.1.1.	Limpieza de los medidores de caudal.	71
18.2.1.2.	Limpieza superficial y vigilancia de la laguna.....	71
18.2.1.3.	Tuberías de conducción de lixiviados y tanquetas de reparto... 71	
18.2.1.4.	Estación de bombeo.	71
18.2.2.	Mantenimiento quincenal.	72
18.2.2.1.	Mantenimiento de Taludes.	72
18.2.3.	Mantenimiento semestral.	72
18.2.3.1.	Bomba Sumergible.....	72
18.2.3.2.	Estructuras metálicas.....	72
18.2.3.3.	Evacuación de Lodos.....	72
18.2.4.	Mantenimiento anual.	73
18.2.4.1.	Tablero de control principal.....	73
19.	Disponibilidad de insumos	73
19.1.	Bacterias especializadas.....	73
19.2.	Ácido fosfórico.	74
20.	Disponibilidad de materiales.....	76
20.1.	Herramientas manuales.....	76
20.2.	Herramientas eléctricas.	76
21.	Seguridad industrial y salud ocupacional.....	77
21.1.	Capacitación y Entrenamiento.	77
21.1.1.	Proceso de inducción.....	77
21.1.2.	Entrenamiento.....	78
21.1.3.	Capacitaciones ambientales.	78
21.1.4.	Inducción a contratistas.....	78
21.2.	Medicina preventiva y del trabajo.....	79
21.2.1.	Vigilancia Médica.	79
21.2.2.	Control sobre el foco contaminante.....	79

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

21.2.3. Actuación sobre el receptor.....	80
21.3. Higiene y seguridad industrial.....	81
21.3.1. Reglamento de higiene y seguridad.....	81
19.3.2. Etiquetado, rotulado y hojas de seguridad.....	82
19.3.3. Elementos de protección personal (EPP).....	83
22. Plan de Emergencia y Contingencia para el manejo de desastres y emergencias.....	86
22.1. Recirculación de lixiviado.....	86
22.1.1. Desde lo técnico – operativo.....	86
22.1.2. Desde lo administrativo.....	87
23. Bibliografía.....	89

FIGURAS

Figura 1. Cronograma de actividades para el plan de llenado.....	14
Figura 2. Esquema descargue de residuos.....	17
Figura 3. Descarga de residuos.....	17
Figura 4. Esquema de disgregación en la celda.....	18
Figura 5. Esquema de disgregación; zona de descarga.....	19
Figura 6. Buldócer trabajando en campo.....	20
Figura 7. Esquema de compactación.....	21
Figura 8. Esquema proceso recubrimiento diario de los residuos.....	22
Figura 9. Aspecto Inicial del botadero.....	30
Figura 10. Llenado terraza 1.....	30
Figura 11. Recubrimiento Terraza 1.....	31
Figura 12. Llenado y recubrimiento terraza 2.....	31
Figura 13. Llenado y recubrimiento terraza 3.....	32
Figura 14. Llenado y recubrimiento terraza 4.....	32
Figura 15. Construcción de filtros y continuación de chimeneas antes de llenado de la terraza 5.....	33
Figura 16. Llenado y recubrimiento terraza 5.....	33
Figura 17. Construcción de filtros principales y secundarios terraza 6.....	34
Figura 18. Llenado y recubrimiento terraza 6.....	34


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 19. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado de terraza 7.....	35
Figura 20. Llenado y recubrimiento terraza 7.....	35
Figura 21. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de terraza 8.....	36
Figura 22. Llenado y recubrimiento terraza 8.....	36
Figura 23. Llenado y recubrimiento terraza 9.....	37
Figura 24. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado de terraza 10.....	37
Figura 25. Llenado y recubrimiento terraza 10.....	38
Figura 26. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 11.....	38
Figura 27. Llenado y recubrimiento terraza 11.....	39
Figura 28. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado de la terraza 12.....	39
Figura 29. Llenado y recubrimiento terraza 12.....	40
Figura 30. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 13.....	40
Figura 31. Llenado y recubrimiento terraza 13.....	41
Figura 32. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 14.....	41
Figura 33. Llenado y recubrimiento terraza 14.....	42
Figura 34. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 15.....	42
Figura 35. Llenado y recubrimiento terraza 15 - Aspecto Final del botadero.	43
Figura 36. Celda de disposición final Marmolejo.....	52
Figura 37. Diseño general del sistema de tratamiento de lixiviados de la celda Marmolejo.....	55
Figura 38. Ubicación de la estación de bombeo.....	56
Figura 39. Bomba sumergible en la estación de bombeo	57
Figura 40. Estructura del Pozo.....	58
Figura 41. Secuencia de procesos en la degradación de la materia orgánica.	59
Figura 42. Laguna Anaerobia.....	60
Figura 43. Laguna Facultativa.....	62
Figura 44. TRH en las lagunas en función del caudal de entrada.....	64
Figura 45. Conversión de DBO ₅ en el sistema en función del caudal de entrada.	65
Figura 46. Velocidad Horizontal en función del caudal de entrada.....	66



	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 47. Transporte de lodos tipo Vactor.	73
Figura 48. Bacterias especializadas Biodynamic 906.....	74
Figura 49. Ácido Fosfórico de 85%.	75

TABLAS

Tabla 1. Recurso humano para la operación de la celda de disposición.....	10
Tabla 2. Señales de tránsito frecuentes en el sitio de disposición.	25
Tabla 3. Señales de seguridad.....	26
Tabla 4. Equipo necesario para la operación en el sitio de disposición.	27
Tabla 5. Características fisicoquímicas típicas de un lixiviado a nivel mundial	53
Tabla 6. Parámetros de diseños del sistema de lixiviado Marmolejo	55
Tabla 7. Concentración del efluente en función del caudal.	64
Tabla 8. Parámetros de muestreo de acuerdo con el artículo 14 de la Resolución 631 de 2015 del MADS.	70
Tabla 9. Dosificación de H_3PO_4 al 85% en deferentes intervalos de tiempo.	75
Tabla 10. Tipo de exposición a riesgo biológico.....	80
Tabla 11. Clasificación de agentes biológicos.....	81
Tabla 12. Matriz de identificación de EPP.	83

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

1. OBJETIVO.

1.1. OBJETIVO GENERAL.

Garantizar el correcto funcionamiento de la nueva celda de disposición final del sitio Marmolejo durante las fases de operación, cierre y abandono.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Asegurar la ejecución conforme a los diseños elaborados de canales, bermas, cunetas, chimeneas, drenajes, filtros y otras estructuras necesarias para la creación de la nueva celda de disposición.
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento del sitio de disposición durante la fase de operación, con el fin de disminuir los impactos ambientales negativos y los riesgos asociados.
- ✓ Garantizar la prestación del servicio de aseo en su componente de disposición final para los municipios de Quibdó y poblaciones aledañas.
- ✓ Garantizar la estabilidad de la celda durante la fase de abandono.

2. ALCANCE ESPECÍFICO.

Este manual de operaciones y mantenimiento es válido para la nueva celda de disposición final del sitio Marmolejo del municipio de Quibdó – Choco, diseñada por URBASER S.A. E.S.P.


3. NORMATIVIDAD APLICABLE.

- Resolución 938 de 19 de diciembre de 2019 MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO.
- Decreto 1784 de 2 de noviembre de 2017 MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO.
- Decreto 1077 de 2015 SECTOR VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO.
- Decreto 1076 de 2015 SECTOR DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.
- Resolución 631 de 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

4. IMPACTOS A MANEJAR.

- ✓ Contaminación de aire y suelo.
- ✓ Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Contaminación del suelo.

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

5. TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR.

Prevención ★ Mitigación ★ Control ★ Corrección ☆ Compensación ☆

6. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Bacterias acetogénicas: Grupo de bacterias anaerobias que realizan la oxidación de ácidos orgánicos ligeros hacia una mezcla de hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético.

Bacterias metanogénicas: Tipo de microorganismo anaerobio que produce metano al final de su proceso metabólico, usando como sustrato los productos de las bacterias acetogénicas.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C.

Demanda química de oxígeno (DQO): Cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.


Despunte: Práctica de nivelar o compactar la capa superior de residuos sólidos dentro de una celda de disposición antes de aplicar una nueva capa de material de cobertura.

Escarificación: Ruptura de la capa superior de arcilla, conocida como material de cobertura dentro de una celda de disposición, hasta alcanzar los residuos ubicados en la capa inferior. Este procedimiento tiene como objetivo establecer la conexión entre las nuevas terrazas de residuos y la basura preexistente en la celda inferior.

Freatímetro: Dispositivo utilizado para medir el nivel freático o la profundidad del agua subterránea.

Oxígeno disuelto (OD): Cantidad de oxígeno presente en el agua en forma disuelta, expresado en mg/L o ppm.

Terraza: Plataforma nivelada y construida dentro de una celda de disposición de residuos, las cuales se diseñan para recibir y contener los residuos de forma ordenada y eficiente.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Tirante hidráulico: Altura o nivel del agua en un canal, conducto o cualquier sistema hidráulico en el que fluye el agua. Es una medida que indica la profundidad del agua en una sección específica de un conducto, como un río, canal o tubería.


Torretas: Estructuras tipo gavión verticales diseñadas para proteger los pozos de succión de lixiviado. Estas torretas actúan como elementos de contención que resguardan y albergan los equipos de extracción y recolección de lixiviados, como bombas y sistemas de tuberías.

7. RECURSO HUMANO, ORGANIGRAMA CON FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.

La operación de la celda de disposición estará bajo la responsabilidad de la empresa operadora. Los cargos, funciones y número de personas requeridas de tiempo completo para la operación de la celda se muestran en la Tabla 1.


Tabla 1. Recurso humano para la operación de la celda de disposición.

Personal	Función	Número
Gerente de la empresa de aseo	Destinar los recursos para la correcta operación de la celda de disposición	1
Gerente técnico de la empresa de aseo	Programar, ordenar, ejecutar y supervisar las actividades requeridas para efectuar la disposición de residuos en la celda de disposición.	1
Supervisor de disposición final	Supervisar y garantizar todos los controles ambientales en la celda de disposición.	2
Operario de celda de disposición	Control de roedores, gallinazos y moscas presentes en la celda de disposición.	2
	Controlar vehículos en el descargue.	
	Ayudar en la construcción de las obras civiles dentro de la celda (canales, filtros, chimeneas y obras civiles menores).	
	Llevar registros de las actividades diarias.	
	Realizar actividades de corte de césped en los alrededores de la celda de disposición.	

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Personal	Función	Número
Operario de sistema de lixiviados	Mantenimiento de canales lixiviados, plantas de tratamiento de aguas residuales, canales de agua lluvia y recolección de residuos fuera del área (vías y zonas verdes), mantenimiento de lecho de secado.	2
	Ayudar en la construcción de las obras civiles dentro de la celda (canales, filtros, chimeneas y obras civiles menores).	
	Llevar registro de las actividades diarias.	
	Realizar actividades de corte de césped en los alrededores de los sistemas de tratamiento de lixiviados.	
Operario de maquinaria amarilla	Operar la maquinaria requerida, para movimiento de residuos, compactación y cobertura de estos.	2
	Llevar registro de las actividades diarias.	
Operario de báscula	Controlar el ingreso de los vehículos y registrar el pesaje de estos.	2
	Ayudar en la construcción de las obras civiles dentro de la celda (canales, filtros, chimeneas y obras civiles menores).	
	Realizar actividades de corte de césped en los alrededores del sector de la báscula.	
	Llevar registro de las actividades diarias.	
	Recolección de residuos fuera del área (vías y zonas verdes).	
Personal de portería y vigilancia	Controlar el ingreso de los vehículos a la celda y realizar actividades de vigilancia del sitio.	3
	Realizar actividades de corte de césped en los alrededores de la entrada de la celda.	
	Recolección de residuos fuera del área (vías y zonas verdes).	

Fuente: Elaboración propia.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

8. HORARIO DE OPERACIÓN.


La celda de disposición final Marmolejo se encuentra disponible para el uso de los vehículos de la empresa de aseo durante las 24 horas del día, los 365 días del año. No obstante, para terceros particulares, el servicio de disposición final está sujeto a regulaciones establecidas en el protocolo de ingreso. Según este protocolo, el horario normal para la disposición de residuos de particulares es de 06:00 a 18:00, de lunes a sábado. En casos excepcionales y con previa aprobación del gerente técnico, se podrá autorizar el ingreso de particulares fuera de este horario establecido.

9. PROHIBICIONES EN EL INGRESO DE RESIDUOS A LA CELDA.

Para garantizar un ingreso ordenado y seguro a las instalaciones de la celda de disposición Marmolejo, se han establecido una serie de normativas y procedimientos detallados, las cuales son:

1. El ingreso de usuarios particulares solo estará permitido en el horario de los lunes y sábado, de 6:00 am a 6:00 pm.
2. El ingreso está limitado a las personas que movilizan el vehículo y máximo dos (2) ayudantes en el caso que se requiera descargue manual.
3. Todas y cada una de las personas que ingresen deberán presentar:
 - Identificación personal.
 - Afiliación a ARL y EPS vigente.
4. El conductor (particulares) deberá presentar el manifiesto de carga o carta de declaración de no peligrosidad del residuo a disponer.
5. Todo vehículo que opere dentro de las instalaciones debe poseer el seguro obligatorio SOAT vigente.
6. Todo vehículo que opere constantemente dentro de las instalaciones debe poseer una certificación técnico - mecánica y de gases vigente.
7. Las visitas peatonales deben transitar por los senderos específicamente designados para tal fin, siempre siguiendo las indicaciones proporcionadas por el funcionario encargado de guiar la visita.
8. Todo vehículo que acceda a las instalaciones deberá observar y respetar las señales de tránsito instaladas, incluyendo las indicaciones de "despacio", "circule por la derecha" y la señal de velocidad máxima de 20 km/h.
9. Para ingresar hasta el sitio de disposición final deberá contar con los elementos de protección personal (EPP) adecuados.
10. La descarga de residuos sólo se podrá hacer en el sitio y momento que sea indicado por el operador de buldócer y/o el técnico operario de celda.
11. Después de completar la descarga, se llevará a cabo la salida, siguiendo estrictamente la señalización establecida. En la zona de la báscula, se

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

realizará el pesaje del vehículo vacío, y se generará y entregará el correspondiente formato de pesaje, el cual deberá ser debidamente completado y archivado.

En la celda de disposición están prohibidas las siguientes acciones o actividades.

12. La disposición de residuos peligrosos.
13. La disposición de llantas en la zona de descargue, salvo que estas puedan ser usadas inmediatamente para estabilización de terrenos y taludes.
14. La disposición de residuos de construcción y demolición (RCD), sin embargo, se permite el ingreso de estos residuos siempre y cuando se utilicen como material de afirmado para el mantenimiento de vías.
15. Recuperación de residuos sólidos en el frente de operación. La entidad prestadora del servicio y la entidad territorial tienen la responsabilidad de garantizar el estricto cumplimiento de esta medida.
16. Fumar (en cualquier parte de las instalaciones) y el uso de celular durante la conducción u operación de vehículos y equipos.
17. Circulación de personal ajeno a la empresa en las zonas aledañas al sitio de disposición final de residuos ordinarios.
18. Consumo de alimentos y el uso de celulares durante los desplazamientos.

10. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.

10.1. GENERALIDADES OPERATIVAS.

De acuerdo con los requisitos descritos en el texto de las especificaciones de obras a realizar en el marco de la operación del proyecto “nuevas celdas del Botadero Marmolejo”, como resultado del diseño técnico y operativo se obtiene (en función del tiempo) un listado de actividades encaminadas a asegurar la operatividad confiable y continua para así mismo prevenir el surgimiento de emergencias sanitarias; en la **Figura 1** se observa el cronograma de actividades para garantizar el buen funcionamiento del botadero.

Las actividades de monitoreo y control estarán ajustadas a la normativa actual vigente, en especial lo establecido en la Resolución 938 de 19 de diciembre de 2019 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, reglamentario del Decreto 1784 de 2 de noviembre de 2017, prevaleciendo lo establecido en dicha norma. Así las cosas, cualquier diferencia que pueda encontrarse en el presente documento frente a la norma, se establece la prevalencia de la Resolución 938. Para cualquier efecto, la celda de disposición Marmolejo, según el Decreto 1784, se clasifica de Categoría II (de 50 a 500 ton/día).


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:


Figura 1. Cronograma de actividades para el plan de llenado.

CAPITULOS	DESCRIPCIÓN	ESCALA DE TIEMPO POR AÑO											
		MES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	OPERACIÓN DE RESIDUOS												
	<i>Manejo de Aguas Lluvia (Zona de disposición y otras zonas)</i>												
	Limpieza de canales y cajas de aguas lluvias												
	Construcción de zanjas para manejo de aguas lluvias												
	Impermeabilización de zanjas												
	<i>Vía acceso a frente de descargue (ancho variable, afirmado o material de soporte)</i>												
	Suministro y compactación recebo común (e=0.30) para acceso a descargue												
	OPERACIÓN CON RESIDUOS												
	Secuencia de llenado por niveles												
	Extendida, conformación y disgregación de residuos sólidos												
	Colocación de cobertura sintética												
	Pruebas de densidad de residuos												
	Chimeneas para evacuación de gas												
	Malla gavión para chimeneas o malla electrosoldada												
	Piedra de río chimeneas gases D=superior a 4" hasta 8"												
	Tubo perforado D=4" para cuerpo chimenea												
	Drenes Intermedios en piedra de río D 6" a 10" entre la cobertura (0.40m*1.0m)												
	Excavación en relleno para drenes intermedios (Escarificación)												
	Suministro/colocación material granular drenes interno (piedra de río H=0.40 a 0.6 m Longitud variable)												
	Manejo de brotes lixiviados.												
	Excavación en basura												
	Piedra de río para brotes D=hasta 10"												
	Suministro e instalación de geotextil para brotes (a=1.0m)												
	OPERACIÓN GENERAL DE LA CELDA												
	Aseo y limpieza de áreas de trabajo												
	Combustible e insumo de maquinaria y equipos												
	Mantenimiento maquinaria y equipos												
	Control de vectores (incluye vectores, olores)												
	Control de población Aviaria												

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

11

Página 15 de 90

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

	Re - ubicación de bodega Respel (Aceites, baterías, Insecticidas, etc.)																		
	Mantenimiento de los pozos sépticos																		
	Mantenimiento de infraestructura locativa																		
	Mantenimiento vial																		
VIII	LABORES ADMINISTRATIVAS																		
	Cargue al SUI																		
	Rocería, ornato y embellecimiento																		
	Vigilancia																		
	Capacitación a operarios y entrega de elementos de protección personal (EPP)																		
	Campañas de información a la comunidad vecina																		

Fuente: Elaboración Propia.

10.2. FRENTES DE TRABAJO.

Se dispondrá de un solo frente de trabajo de forma ordinaria: sólo podrá apreciarse un segundo frente de trabajo en caso de cambio de sitio de descarga, labores de cierre o ante una contingencia; en lo posible este frente debe tener la capacidad de recibir dos compactadores o vehículos de transporte de residuos, roll on-off o volqueta.

10.3. ACCESO A LA PLATAFORMA DE DESCARGA.

Para llegar a las plataformas del botadero desde la vía principal de acceso, el ingeniero residente debe prever la construcción de vías temporales de acceso a los diferentes frentes de trabajo dentro de la celda: plataforma de descargue, área de descargue, bahía de lixiviados, chimeneas, etc. Estas vías deben permanecer en buen estado independientemente de la época y condiciones de tiempo que se atraviese.

Luego de recibir las instrucciones en la plataforma de descargue, un operario indica al vehículo el sector definido por el ingeniero residente para realizar el descargue, evitando sí congestiones en el botadero.

10.4. DESCARGUE DE DESECHOS.

Al terminar cada vía operativa en el botadero, se encuentra una plataforma habilitada para el descargue de los vehículos; esta tendrá el área necesaria para permitir el giro y las demás maniobras de los vehículos. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la plataforma de vertimiento de desechos.


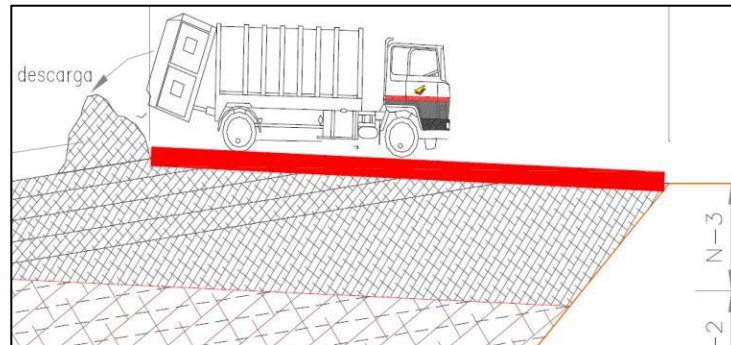
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

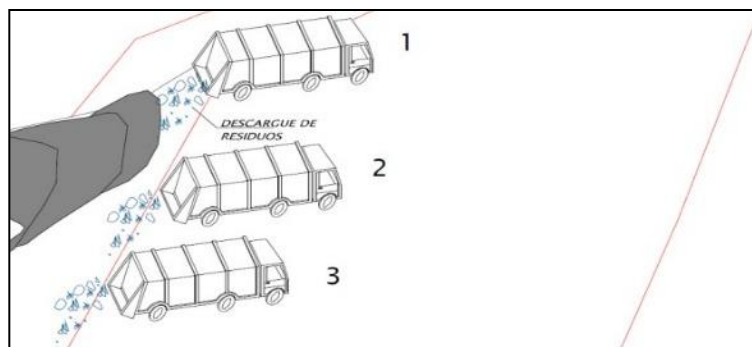
Figura 2. Esquema descargue de residuos.



Fuente: Elaboración Propia.

Allí, el mismo operario que dio la orden de descargue, dirige ahora al recolector a la plataforma de descargue, indicando el modo y la orientación en que deberá parquearse el vehículo antes de soltar los residuos, la cual será de derecha a izquierda para asegurar visibilidad sobre el camión contiguo; lo anteriormente descrito se puede observar en la Figura 3.

Figura 3. Descarga de residuos.




Fuente: Elaboración Propia.

En cada frente de operación se instalará una **lámpara de iluminación** con la potencia adecuada para proporcionar luz segura durante las horas nocturnas en caso de que sea necesario realizar trabajos nocturnos. Por lo general, las actividades operativas de esta celda se planificarán para horas diurnas. En caso de producirse un corte de energía, se deberá contar con una planta de generación de energía para mantener en funcionamiento las operaciones hasta que la situación se normalice.

Se debe llevar un registro diario del peso de los residuos sólidos depositados en la celda, que estará a cargo del operario de báscula y será controlado por el gerente técnico de aseo.

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

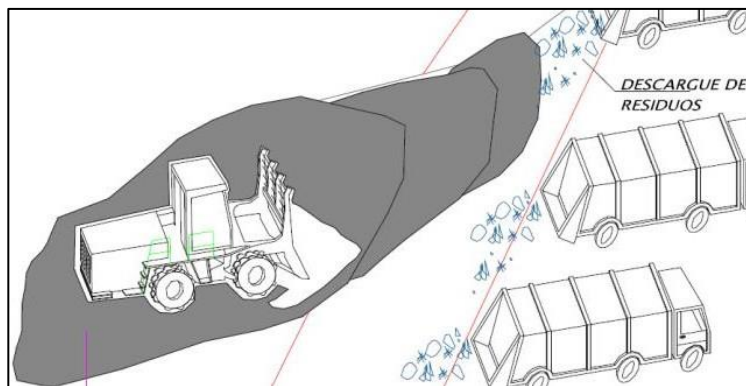
10.5. OPERACIÓN DE LA CELDA.

El equipo de operación buldócer y excavadora, se parquea a la espera de la descarga de los desechos. Luego, se empieza la operación de la celda propiamente dicha. Para una segura conformación de la celda se prevén 3 etapas a saber:

10.5.1. Disgregación.

Consiste en romper las bolsas de residuos mecánicamente con el objetivo de hacer más homogénea la masa de residuos. Esto se logra cuando el equipo pesado (por el accionar de la pala y las cadenas de traslación), empieza a arrastrar los viajes descargados, dejando pasar por debajo una capa de residuos de unos 30 a 60 cm de espesor; las cadenas dentadas de la maquinaria hacen las veces de trituradores, como se presenta en la Figura 4.

Figura 4. Esquema de disgregación en la celda.



Fuente: Elaboración Propia.

Esta dispersión se va realizando sobre pendientes adecuadas para el equipo: preferiblemente se debe realizar la operación en bajada como se observa en la Figura 5.


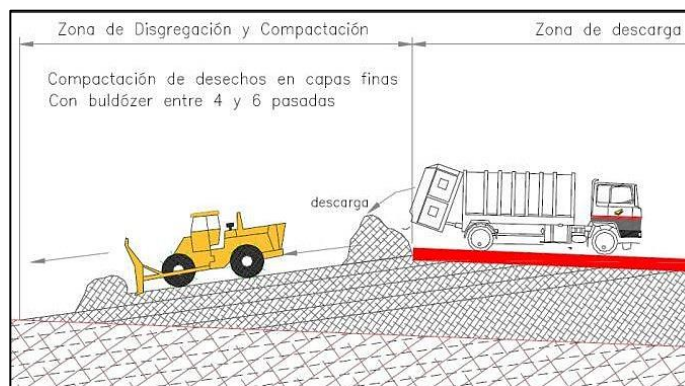
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 5. Esquema de disgregación; zona de descarga.



Fuente: Elaboración Propia.

Este proceso de ir y venir con residuos dejando una capa de 40 cm en promedio y 60 cm como máximo, se realiza hasta alcanzar la altura de cada nivel de acuerdo con el plan de llenado definido, dándole a la vez la compactación requerida a través de pasadas sucesivas.

10.5.2. Compactación.

La compactación eficiente de los residuos consiste en el confinamiento de estos ocupando el menor volumen posible. Este proceso trae consigo varios beneficios: incremento de la vida útil, reducción del costo por tonelada dispuesta, reducción de los asentamientos posteriores, disminución de la retención de aguas superficiales, limitación de la deformación de la red de evacuación de biogás, entre otras ventajas.

La compactación se realiza paralelamente a la disgregación; al ir rompiendo y dispersando residuos, el peso del equipo confina cada capa (Figura 6). Para hacerlo más efectivo, se requiere de al menos 4 pasadas por capa extendida y disgregada con espesor promedio de 40 cm y máximo de 60 cm; es fundamental tener pasadas con el menor ángulo de inclinación posible, de tal manera que el peso del equipo en lo posible tenga un componente normal (perpendicular) sobre los residuos.

En esta etapa, se tendrá un área aproximada de trabajo de unos 1.500 m², pues eso implicaría sobre costos por acarreo de basura, amplitud de zonas expuestas al agua lluvia, mayor requisito de coberturas temporales, etc.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 6. Buldócer trabajando en campo.



Fuente: Elaboración Propia

10.5.3. Conformación.

En la misma medida en que se van confinando los residuos, se van alcanzando las cotas y la geometría final de la celda. Cuando esto sucede, se va realizando la conformación de los residuos para que así tenga similitud con lo proyectado en los diseños. Es muy importante ajustarse a esta geometría pues es con ella con la que se han realizado estudios de vida útil, estabilidad y producción de gases y lixiviados. La alteración de estas condiciones podría repercutir en la configuración de escenarios de riesgo no contemplados y sólo podrá hacerse previa verificación geotécnica.

La conformación se realiza generalmente con Buldócer y con excavadora para los taludes (Figura 7); en esta ocasión, el equipo no debe remover los residuos más que para lograr la línea de diseño.

Una vez haya conseguido la inclinación esperada, la maquina se dedicará a compactar ese perfil por 3 a 4 pasadas con la cuchilla topadora levantada.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 7. Esquema de compactación.



Fuente: Elaboración Propia.

10.6. CUBRIMIENTO DIARIO DE LOS RESIDUOS.

Salvo en los frentes de trabajo directos que son ocupados por las máquinas, no se mantendrá basura descubierta. Tampoco se dejará basura descubierta al finalizar la jornada.

Es importante resaltar que el ingreso inadecuado de agua a la masa de la celda es perjudicial para la estabilidad y para la producción excesiva de lixiviados. Por esta razón la cobertura normal de residuos se hará con material terreo, en lo posible con material arcilloso de baja conductividad hidráulica, proveniente de las excavaciones de adecuación que se realizan en el sitio, procurando que en plataforma quede una capa de espesor efectivo superior a 0.40 metros y en taludes con espesor superior a 0.20 metros.

Para cobertura diaria del frente de trabajo y en algunos casos de coberturas temporales de menos de 2000 m² (duración menor a 3 meses), se proveerá de un material de características fisicoquímicas compatibles con la exigencia del trabajo, tal como sucede con el sintético polimérico conocido en el mercado como “negro verde”. Este servirá para tapar los residuos que no hayan alcanzado la cota de diseño final y que tampoco hagan parte de la operación del momento, tal como se observa en la Figura 8. La lona o membrana que se use como cobertura se debe anclar o pisar con bultos de arena en las juntas espontáneas que se forman con el traslape de los rollos extendidos, para que no sea removida por el viento.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 8. Esquema proceso recubrimiento diario de los residuos.



Fuente: Elaboración Propia

10.7. COBERTURA FINAL.

La cobertura final de la celda debe componerse de tres capas:


- I. Una cobertura de 0.40 m de arcilla, siguiendo con lo establecido para el cubrimiento diario de los residuos.
- II. Una cobertura extra de mínimo un metro de arcilla, la cual proporciona un aislamiento de la celda conformada.
- III. Una cobertura de 0.10 cm de suelo orgánico, el cual proporcione los nutrientes necesarios para establecer una capa vegetal (cespedones), la cual le proporciona el acabado final a la celda, permitiendo un mayor control de olores y minimización de los impactos causados al paisaje.

La cobertura intermedia y final debe realizarse con material proveniente del banco de préstamo del proyecto, en este caso se recomienda las formaciones del lateral del muro central, con este procedimiento de cobertura con arcilla, se minimiza en gran medida no solo el ingreso de agua, sino que el aspecto por el impacto visual es mucho menor y la posibilidad de dispersión de residuos por viento y vectores también se disminuye.

10.8. ACTIVIDADES ADICIONALES EN LAS PLATAFORMAS.

10.8.1. Barreras de contención de volantes.

La cuadrilla de operación será la encargada de montar esta barrera según las necesidades del momento bajo las indicaciones del Ingeniero Residente.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

La ubicación de estas barreras, generalmente mallas, será viento delante de las direcciones preferenciales del viento, en todo caso lo más cerca posible del frente de trabajo y descarga de los residuos.

Se debe realizar limpieza periódica de esta barrera de forma manual o empleando para ello ganchos u otras herramientas de alcance en altura (según se requiera, hasta 7 metros), recogiendo los residuos y reincorporándolos a la masa de residuos en el frente de operación.

10.8.2. Limpieza de plataforma.

Se barrerá la plataforma que tenga cobertura intermedia y que no se use para el descargue, al igual que área de maniobra para descargue de residuos. En tiempo seco, se realizará de forma manual con rastrillo. En tiempo de lluvias, se raspará con buldócer y se acumulará el barro en acopios lo más alejado posibles de las chimeneas o de drenajes, o puede ser integrado a los residuos dispuestos, haciendo un buen riego.


11. SEÑALIZACIÓN.

La implementación de señalización desempeña un papel fundamental en la salvaguarda tanto de los trabajadores como de cualquier visitante. La clara indicación de áreas de trabajo, vías internas, zonas de peligro, rutas de evacuación y puntos de emergencia no solo facilita la orientación, sino que también juega un papel crucial en la prevención de accidentes. La señalización efectiva no solo fortalece la conciencia situacional, sino que también establece pautas visuales que promueven un entorno seguro y organizado, minimizando los riesgos potenciales y contribuyendo a la creación de un lugar de trabajo y visitantes seguro.

Recomendaciones para la señalización:

- Señalizar los corredores y las vías de circulación de vehículos, los sitios de trabajo, las áreas de almacenamiento y estanterías con la clase de riesgo correspondiente cuando se almacenen residuos peligrosos. Además, se deben establecer señales reglamentarias y restrictivas, tales como no fumar, uso de equipo de protección personal, entre otros.
- Las señales se colocarán en un lugar estratégico, a fin de atraer la atención de quienes sean los destinatarios de la información. Se instalarán a una altura y en una posición apropiadas en relación con el ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos.

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

- El lugar de ubicación de las señales estará bien iluminado, accesibles y fácilmente visibles. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores reflectivos o materiales fluorescentes.
- El material de las señales será resistente a golpes, las inclemencias del tiempo y los efectos medio ambientales.
- Se instalarán señales en todos los sitios de trabajo, que permitan conocer a todos los trabajadores situaciones de emergencia cuando estas se presenten o las instrucciones de protección requeridas.
- Antes de la implementación de una señal, se informará a todos los trabajadores con suficiente antelación para que ésta sea cumplida, estableciéndose un programa de revisiones periódicas para controlar el correcto estado y aplicación de la señalización, teniendo en cuenta las modificaciones de las condiciones de trabajo asociadas.
- Cuando en una determinada área de trabajo ocurra la necesidad de señalar diferentes aspectos de seguridad, se ubicarán las señales de forma conjunta en el acceso a dicha área, agrupándolas por tipos de señales.


11.1. SEÑALIZACIÓN VIAL EXTERNA.

En el kilómetro 5 de la vía nacional Quibdó - Medellín, se colocarán vallas informativas para anunciar la proximidad y ubicación de la celda de disposición. Además, en la entrada se instalará una valla que contendrá la siguiente información: nombre del botadero, nombre del municipio, nombre de la entidad prestadora a cargo del sitio de disposición, número de la Resolución de Licencia Ambiental otorgada o del Plan de Manejo Ambiental establecido, vida útil expresada en volumen y tiempo de capacidad total.

11.2. SEÑALIZACIÓN VIAL INTERNA.

El diseño, instalación, mantenimiento y uniformidad deberán conservar concordancia con las actividades licenciadas en el proyecto y lo indicado en el Manual de Señalización Vial (MINTRANSPORTE, 2015) en lo relacionado con: mensaje, forma, color, tamaño, visibilidad, retrorreflexión, ubicación, altura y orientación.

Se instalarán señales de tipo restrictivo, reglamentario, preventivo, informativo y transitorio, de acuerdo con las necesidades derivadas de las actividades de construcción y operación de la celda disposición Marmolejo.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Para las actividades ejecutadas en la zona interna de la celda, estas señales deberán ser ubicadas de forma estratégica y con antelación al inicio de labores sobre las vías en las cuales tendrán incidencia las obras, con el fin de advertir a conductores, trabajadores y visitantes acerca de las restricciones y/o riesgos de la zona.

La Tabla 2 presenta algunos ejemplos de las señales de tránsito frecuentes en sitio de disposición.

Tabla 2. Señales de tránsito frecuentes en el sitio de disposición.

Reglamentario y restrictivo	 Velocidad Máxima	 Prohibido Pitar	 Prohibido adelantar en vía interna
Prioridad		 Personal en la vía	 Detención en las intersecciones viales del relleno sanitario
Preventivo			

Fuente: (URBASER TUNJA S.A. E.S.P., 2022).

11.3. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD.

Con relación a los tipos de señales de seguridad a utilizar en el proyecto, se seguirán las directrices establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 1461 sobre colores y señales de seguridad. Algunas de las señales de seguridad que se podrán utilizar son:

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.



	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Tabla 3. Señales de seguridad.

Señal	Esquema
Advertencia	   
Prohibición	   
Obligación o acción de mando	  
Equipos de lucha contra incendios	  
Información	 
Complementarias	  

Fuente: Elaboración propia y (URBASER S.A. E.S.P., 2023).

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

11.4. MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN.

Periódicamente se realizará una inspección general de todas las señales instaladas tanto internas como externas, relacionadas con la celda Marmolejo y se procederá al reemplazo en caso de deterioro.

12. EQUIPO MÍNIMO UTILIZADO EN LA OPERACIÓN DE LA CELDA.

En la Tabla 4 se presenta una descripción detallada del equipo necesario para llevar a cabo las operaciones en el sitio de disposición final. Cada elemento desglosa la función específica del equipo, destacando su importancia en las actividades diarias.

Tabla 4. Equipo necesario para la operación en el sitio de disposición.

Equipo	Función	Cantidad
Bulldócer	Excavación, acarreo, colocación y compactación del material de cobertura y de los residuos sólidos en el sitio de disposición final.	1
Retroexcavadora	Equipo auxiliar para movimientos de tierra, especialmente para cargue de materiales, operando preferiblemente en áreas con superficie apta para llantas.	1
Volqueta convencional	Transporte de equipos menores, herramientas y materiales de construcción. También se utiliza para el transporte de lodos de los lechos de secado. En casos donde la distancia de acarreo supere los 100 metros; puede utilizarse para llevar material de cobertura a las celdas.	1
Báscula (40 ton.)	Equipo destinado al pesaje de los residuos.	1


Fuente: Elaboración propia

13. SECUENCIA DE LLENADO.

La operación del botadero se debe llevar a cabo en función de un plan detallado de llenado, lo cual involucra el concepto operativo que es acorde al proyecto planteado. Además, esta metodología sigue los lineamientos establecidos para el manejo más eficiente de los drenajes y el polígono, según lo establecido en su diseño.

A continuación, se presenta de manera gráfica el plan de llenado para las celdas diseñadas del botadero Marmolejo, en ellas se puede ver de manera precisa, secuencia de construcción de cada terraza, con sus cotas e inclinación. Durante el proceso de llenado, es fundamental seguir lo propuesto de tal manera que se vaya

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

alcanzando la máxima impermeabilización del sitio, lo que llevará a tener una menor cantidad de lixiviados durante y al final de la vida del sitio.


Es fundamental especificar que, para iniciar la operación de llenado de la terraza 1, se deben cumplir las condiciones mencionadas al comienzo de este documento. Esto implica garantizar una vía de acceso hasta el lado norte de la nueva celda y establecer una plataforma de descarga en el punto donde finaliza esta vía.

La actividad inicial de llenado, o ingreso a la celda, se llevará a cabo mediante un despunte de residuos desde la parte superior que define el perímetro entre el botadero y la nueva celda en el sector norte de la terraza 1 (1 metro por encima del hombro de la geomembrana y su anclaje). Esto configura un avance inicial de residuos por gravedad que gradualmente logrará un volumen de residuos descendente dentro de la celda, permitiendo al buldócer acceder a la nueva área. Esta operación inicial de ingreso con residuos sigue un esquema típico de avance frontal para la descarga de residuos, generando una rampa de acceso descendente. Es importante destacar que este es el único momento en el que se puede tener una densidad de compactación por debajo de la establecida en el diseño operativo de la celda.

Una vez logrado lo anterior, se establecerán las franjas de trabajo, que se sugiere no excedan los 1000 m². Esta área permitirá un control efectivo de las actividades proyectadas en el espacio descubierto, así como la gestión adecuada de los impactos derivados de la disposición de residuos.

Como es comprensible, la disposición de residuos es una operación progresiva que demanda una planificación diaria adaptativa a las condiciones cambiantes. Esta planificación no solo implica estratégicamente la ubicación de las plataformas de trabajo, sino también la planificación transversal de las vías de acceso. Estas vías son cruciales para asegurar la continuidad y el desarrollo eficaz de la operación, teniendo en cuenta las circunstancias variables que puedan surgir en el proceso.

En el desarrollo del llenado de la celda se procurará trabajar siempre en las diferentes franjas y/o celdas con un arrastre y compactación de residuos en una pendiente inferior al 10%, de tal manera que con el buldócer se aplique la mayor energía posible, logrando así el grado de compactación de diseño y su óptima operación y capacidad. Sin embargo, y de forma prioritaria, el manejo de las aguas de escorrentía que podrían llegar a la celda han de ser evacuadas perimetralmente, evitando dos tipos de afectación: aumento de lixiviados en la celda y daño del área

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

de descargue. Para ello se pueden implementar dos clases de interceptores/desviadores:

- Canales de escorrentía tipo acequia (semicircular) con un ancho mínimo de 40 cm y 10 cm de profundidad, para captación por gravedad.
- Realces semicirculares o resaltos (comúnmente llamados gusanillos), para captación por interceptación.

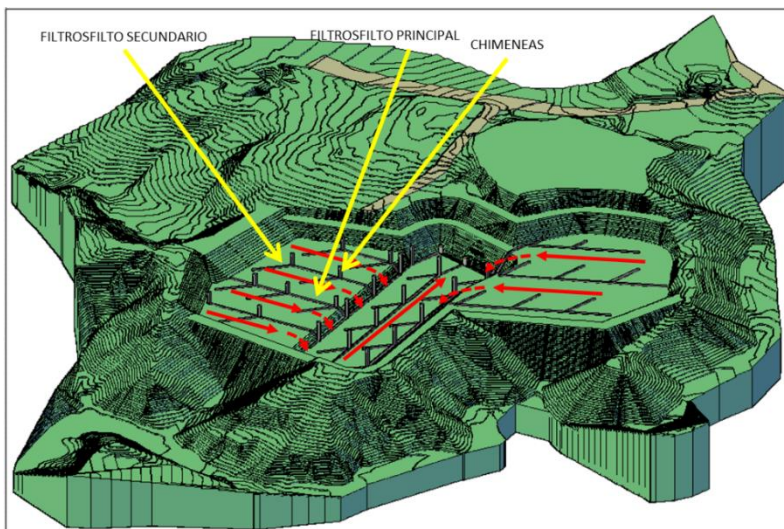
Esta condición operativa debe ser tomada en cuenta en cada una de las fases de llenado y debe ser adaptativa, por lo cual su ubicación y desarrollo siempre estará a criterio del encargo de ingeniería operativa del proyecto.

Finalmente, es de aclarar que el Plan de Llenado es una propuesta de desarrollo de la celda bajo las condiciones actuales previstas. Sin embargo, a criterio del encargado de la ingeniería operativa del proyecto puede ser modificado, atendiendo las prioridades y/o conveniencias que se tengan. De cualquier manera, el resultado mínimo será la capacidad de diseño calculada para el proyecto. En este sentido, se recuerda que la Resolución 0938 de 2019 da la potestad (por responsabilidad directa) al operador, al dueño del proyecto y a diseñadores de hacer las modificaciones necesarias, siempre que no se atente contra su estabilidad ni se generen nuevas afectaciones que no estén consideradas en el permiso o licenciamiento ambiental del proyecto mismo.

13.1. TERRAZA 1.

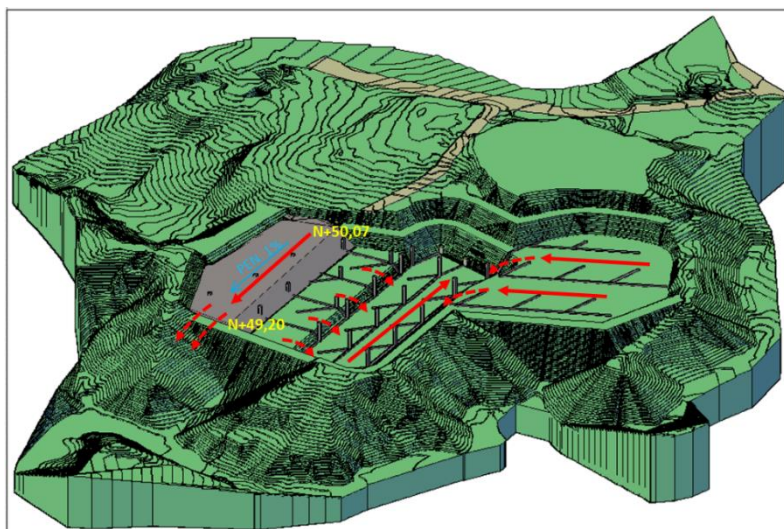
Se debe realizar la construcción e instalación de filtros principales y secundarios antes del llenado, proporcionando al botadero el aspecto inicial que se muestra en la Figura 9. Posteriormente se realiza el llenado de la primera terraza (Figura 10) y luego un recubrimiento de esta (Figura 11): esto debe realizarse con material seleccionado del sitio con un espesor de 0.3 m. La línea roja indica el flujo de las aguas de escorrentía (esto aplica para el llenado de todas las terrazas).

Figura 9. Aspecto Inicial del botadero.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10. Llenado terraza 1.



Fuente: Elaboración Propia.


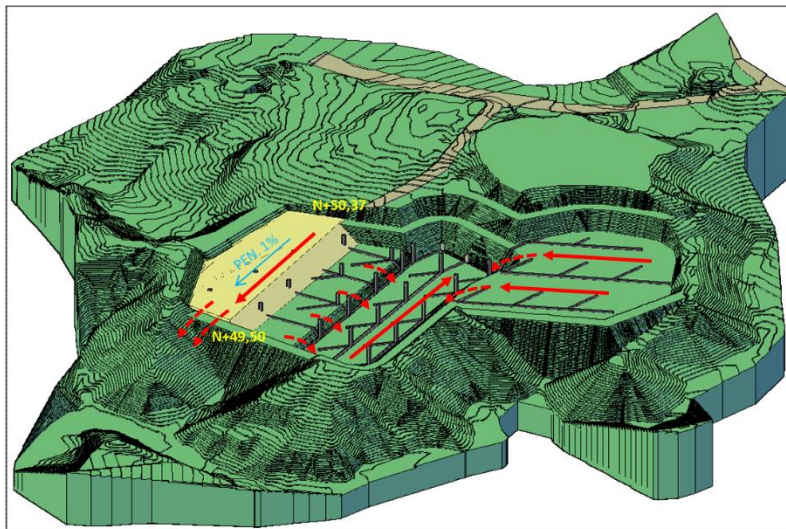
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 11. Recubrimiento Terraza 1.

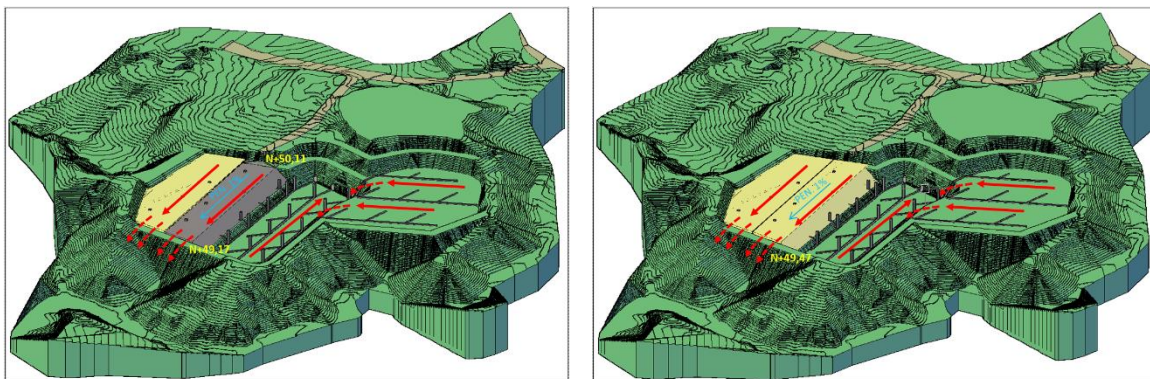


Fuente: Elaboración Propia

13.2. TERRAZA 2.

Se realiza el llenado y recubrimiento de la terraza con material seleccionado de la zona y un espesor aproximado de 0.3 – 0.4 m, como se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Llenado y recubrimiento terraza 2.



Fuente: Elaboración Propia.

13.3. TERRAZA 3.

Se debe realizar el proceso de llenado de la terraza 3 con su respectivo recubrimiento de 0.3 – 0.4 m de espesor (Figura 13).


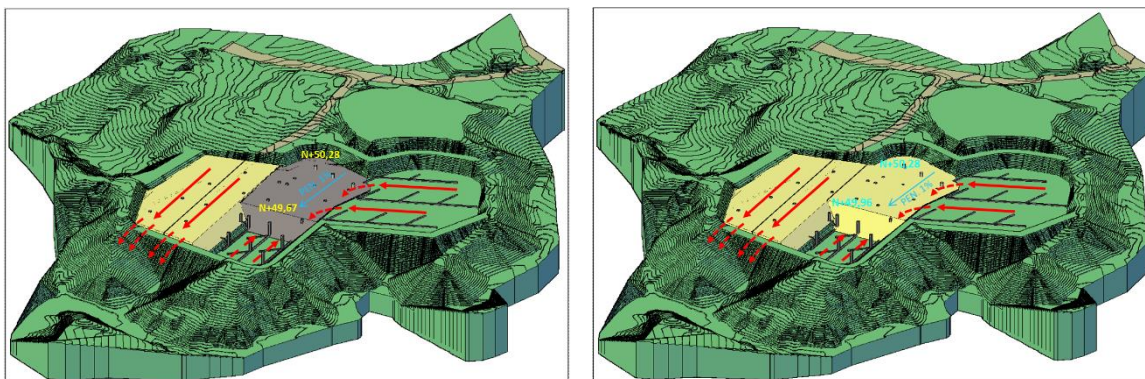
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 13. Llenado y recubrimiento terraza 3.

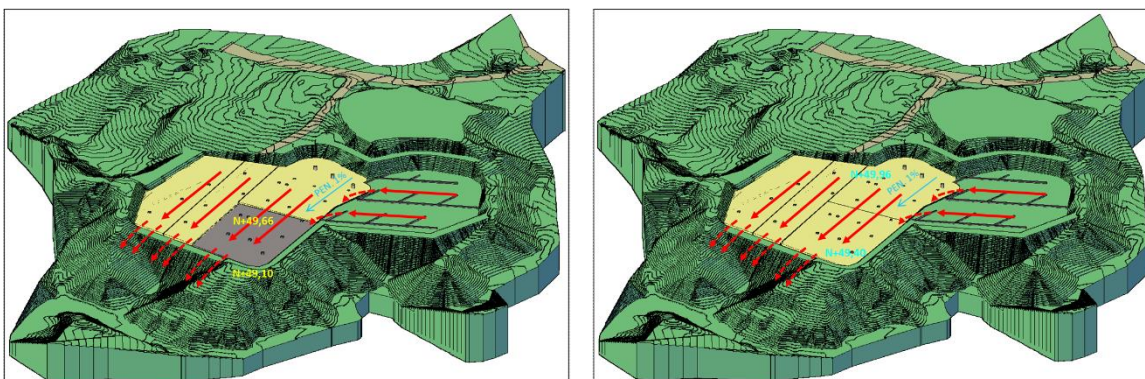


Fuente: Elaboración Propia.

13.4. TERRAZA 4.

Se realiza el proceso de llenado y recubrimiento de la terraza 4 de forma análoga a las terrazas anteriores, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Llenado y recubrimiento terraza 4.



Fuente: Elaboración Propia.

13.5. TERRAZA 5.

Antes de realizar el llenado de esta terraza, se deben construir filtros y continuación de chimeneas, como se muestra en la Figura 15. Después de esta instalación, se procede a realizar el llenado y recubrimiento de esta terraza (Figura 16).


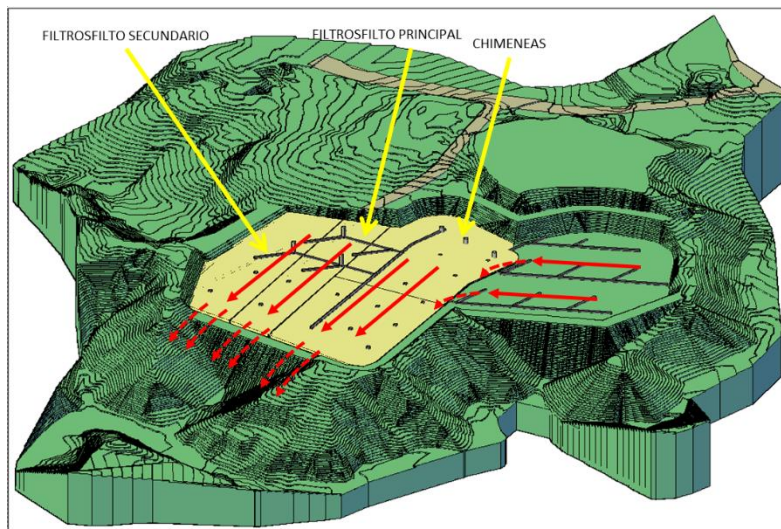
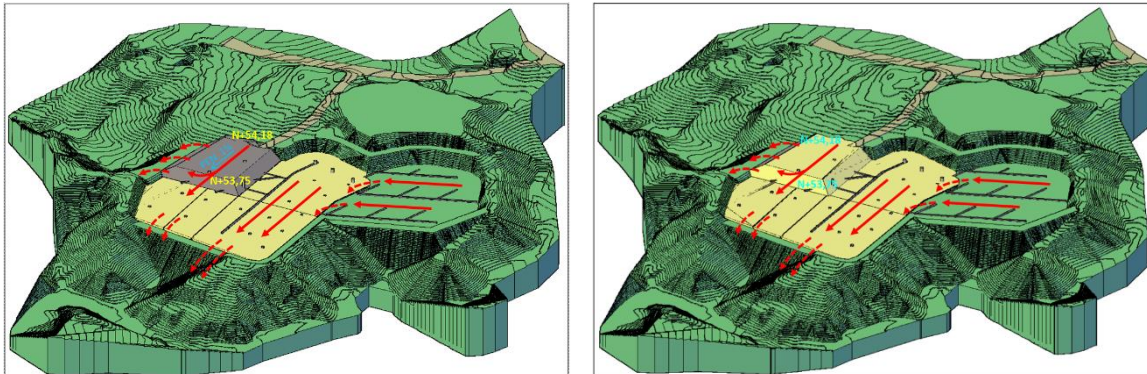
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 15. Construcción de filtros y continuación de chimeneas antes de llenado de la terraza 5.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16. Llenado y recubrimiento terraza 5.



Fuente: Elaboración Propia.

13.6. TERRAZA 6.

Se debe realizar la construcción de filtros principales y secundarios antes del llenado, lo cual, se puede observar en Figura 17. Posterior a este proceso, se procede a realizar el llenado y recubrimiento de la terraza, como se muestra en la Figura 18.


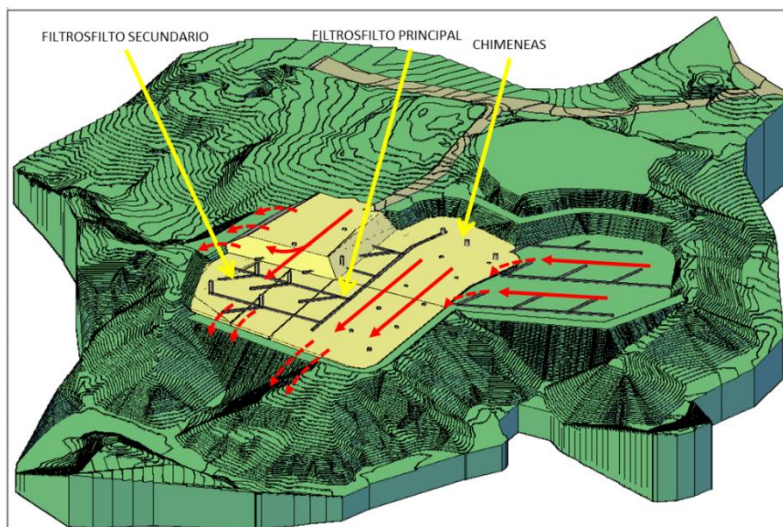
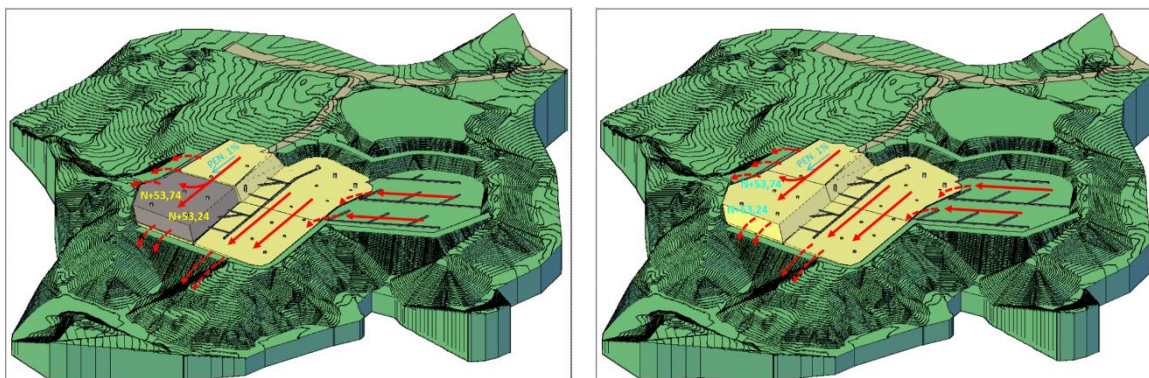
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 17. Construcción de filtros principales y secundarios terraza 6.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18. Llenado y recubrimiento terraza 6.



Fuente: Elaboración Propia.

13.7. TERRAZA 7.

Al igual que la terraza anterior, se debe realizar la construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado (Figura 19). Posterior a esta instalación si se puede proceder al llenado y recubrimiento de esta terraza, como se muestra en la Figura 20.


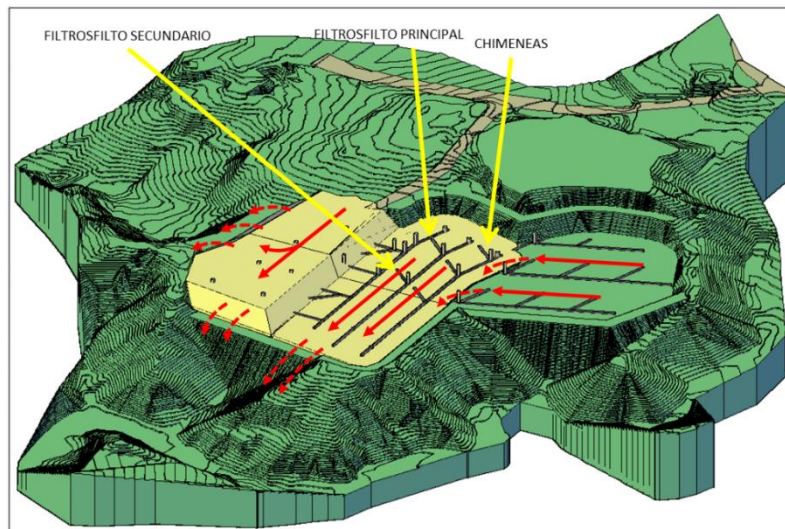
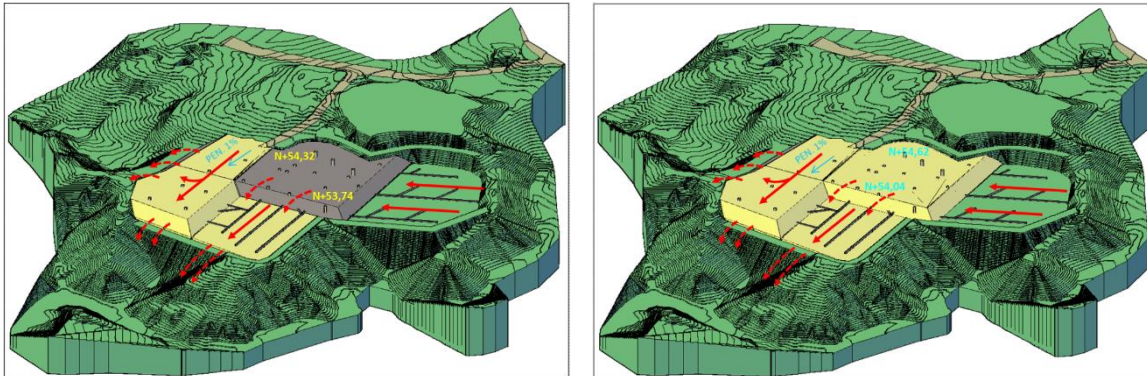
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 19. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado de terraza 7.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20. Llenado y recubrimiento terraza 7.



Fuente: Elaboración Propia.

13.8. TERRAZA 8.

Se debe realizar la construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del proceso de llenado (Figura 21). Después de esta instalación, se puede comenzar con el proceso de llenado y luego su recubrimiento de 0.3 de espesor, como se observa en la Figura 22.


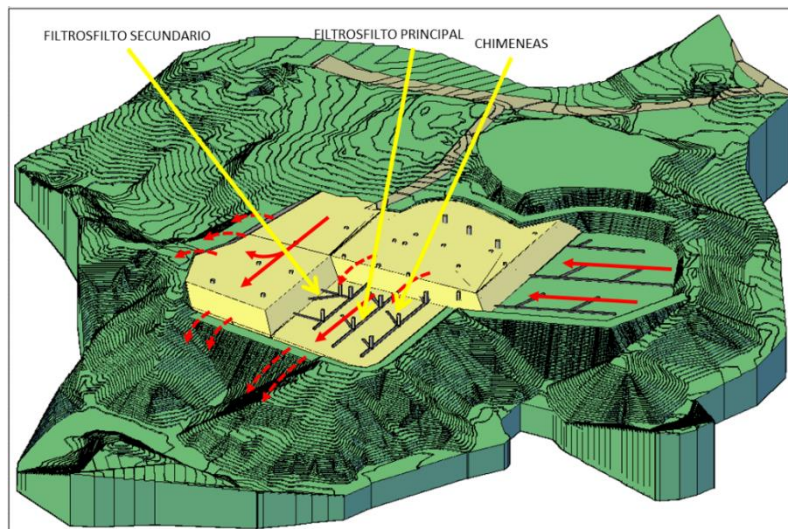
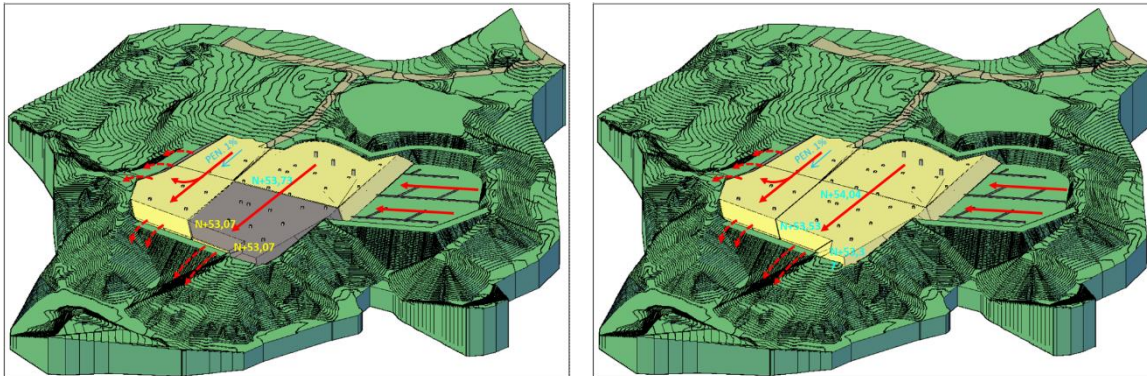
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 21. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de terraza 8.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22. Llenado y recubrimiento terraza 8.



Fuente: Elaboración Propia

13.9. TERRAZA 9.

Para esta terraza se procede directamente al proceso de llenado y luego su respectivo recubrimiento, como se observa en la Figura 23


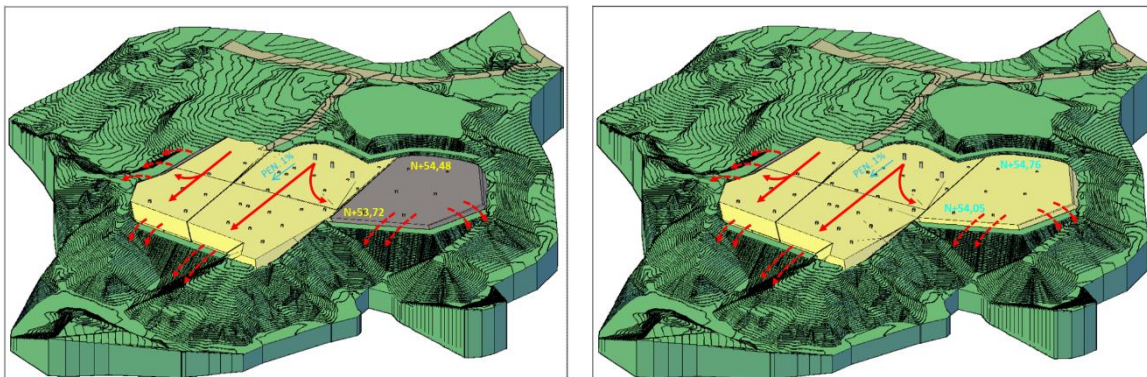
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 23. Llenado y recubrimiento terraza 9.

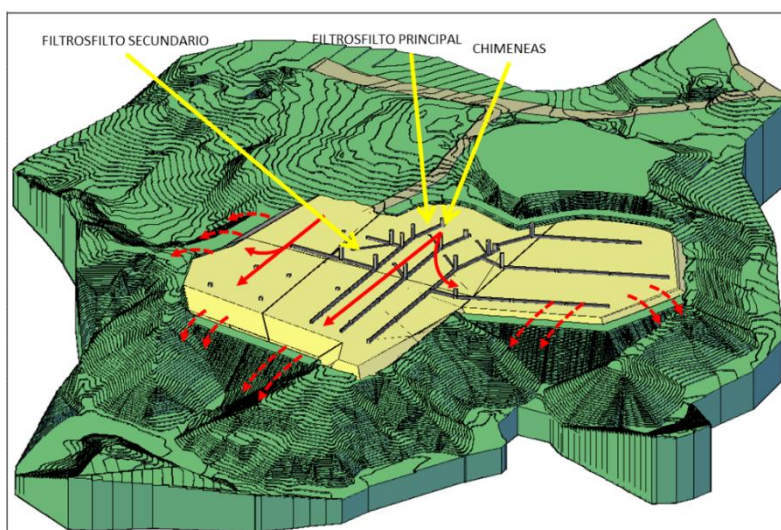


Fuente: Elaboración Propia.

13.10. TERRAZA 10.

Antes del llenado de esta terraza, se debe realizar la construcción e instalación de filtros principales, secundarios y chimeneas (Figura 24). Luego, si se puede proceder al llenado de la terraza y su recubrimiento, como se muestra en

Figura 24. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado de terraza 10



Fuente: Elaboración Propia.


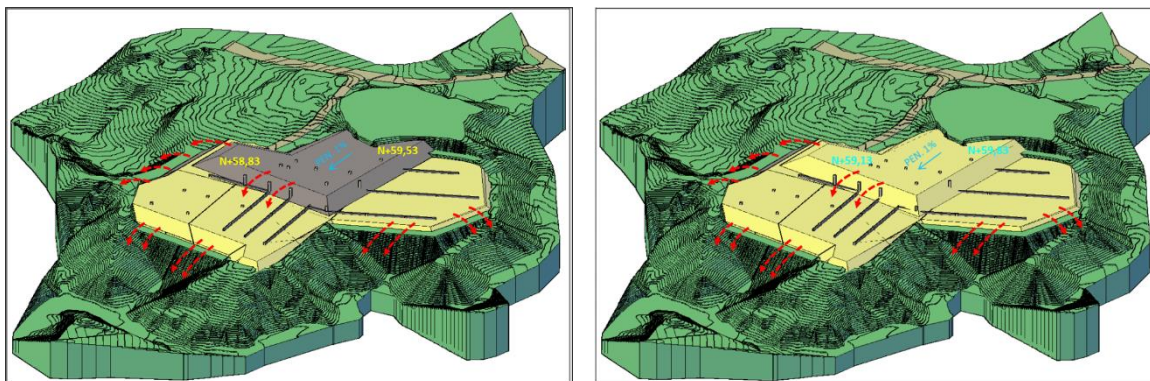
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 25. Llenado y recubrimiento terraza 10.

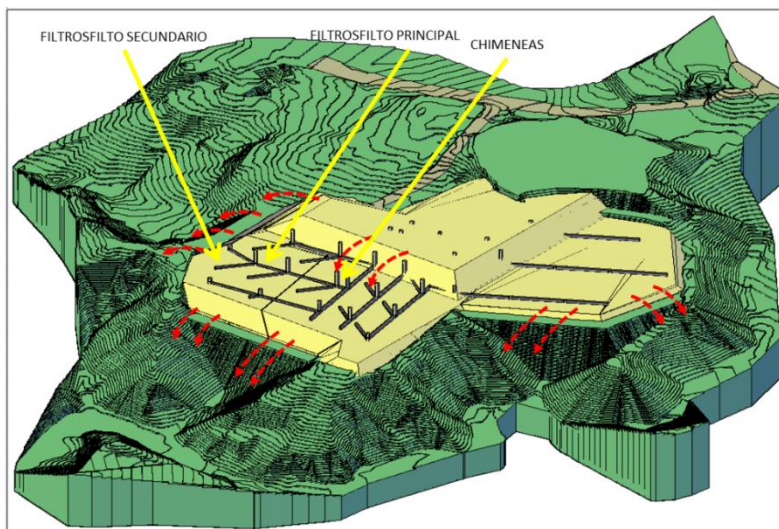


Fuente: Elaboración Propia.

13.11. TERRAZA 11.

Antes del llenado de la terraza, se debe realizar la construcción e instalación de filtros principales, secundarios y chimeneas (Figura 26). Posteriormente, se puede comenzar el proceso de llenado y recubrimiento de esta terraza, como se muestra en la Figura 27.

Figura 26. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 11.



Fuente: Elaboración Propia.


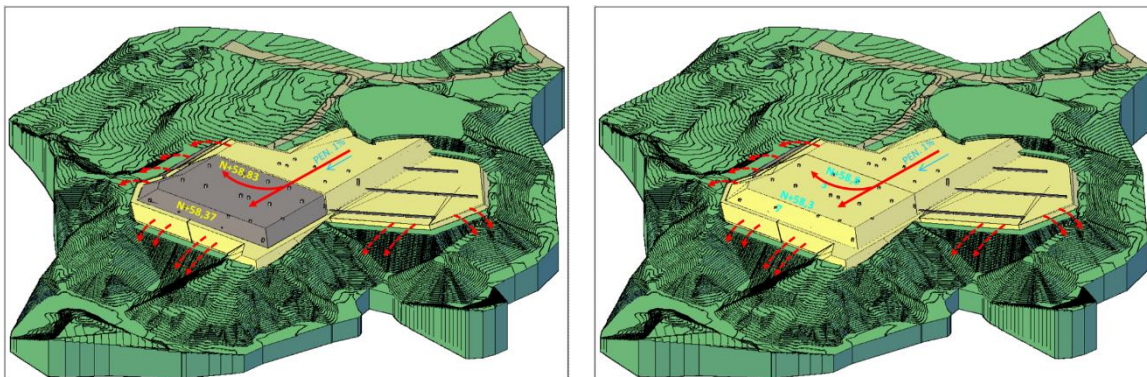
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 27. Llenado y recubrimiento terraza 11.

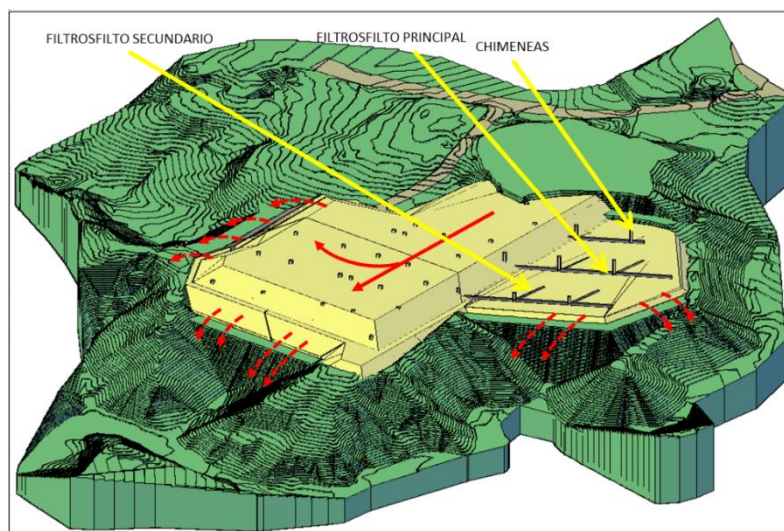


Fuente: Elaboración Propia.

13.12. TERRAZA 12.

Al igual que la terraza anterior, se debe realizar la construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado, como se muestra en la Figura 28. Posteriormente, se puede realizar el proceso de llenado y recubrimiento de la terraza, como se observa en la Figura 29.

Figura 28. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes del llenado de la terraza 12.



Fuente: Elaboración Propia.


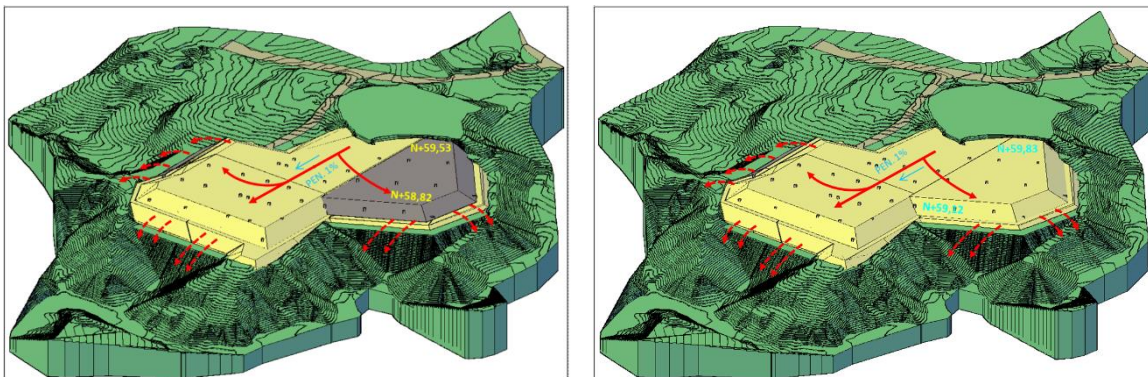
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 29. Llenado y recubrimiento terraza 12.

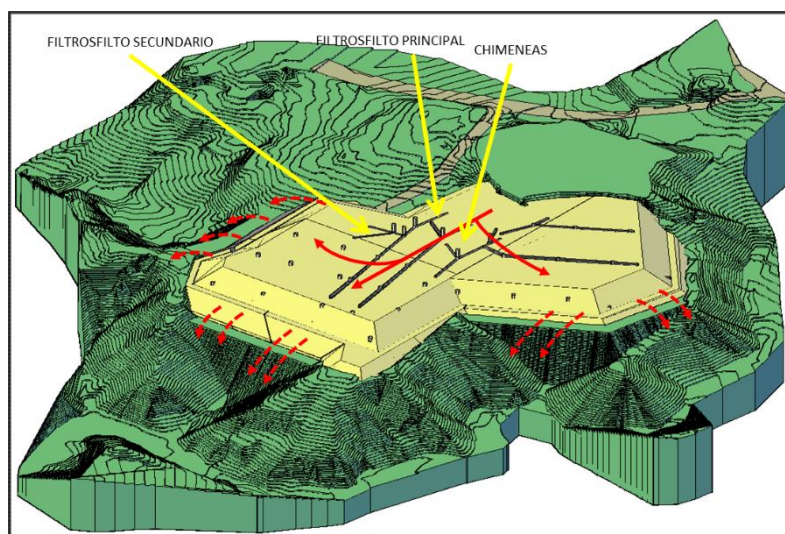


Fuente: Elaboración Propia.

13.13. TERRAZA 13.

Se debe realizar la construcción e instalación de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado (Figura 30). Luego, se procede al llenado y recubrimiento de esta terraza, como se muestra en la Figura 31.

Figura 30. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 13



Fuente: Elaboración Propia


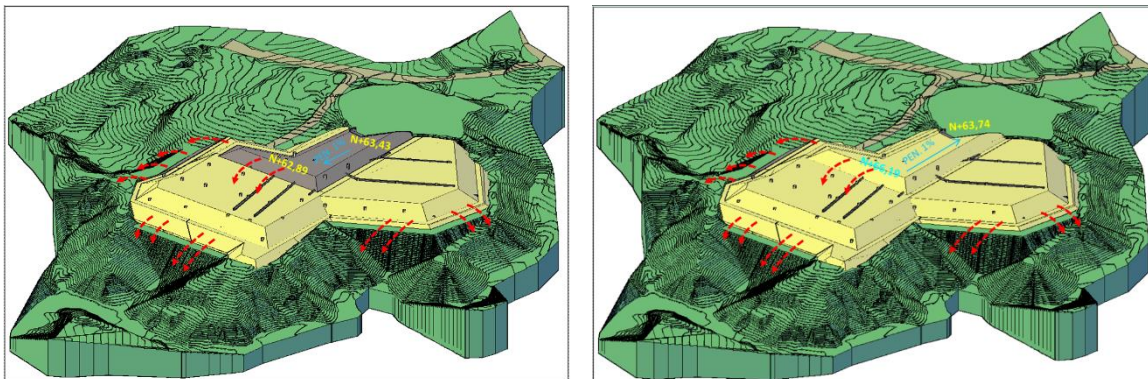
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 31. Llenado y recubrimiento terraza 13.

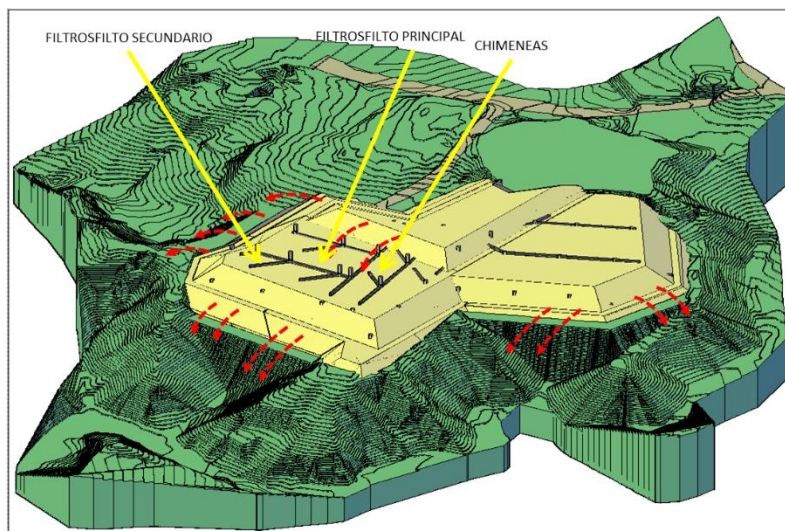


Fuente: Elaboración Propia.

13.14. TERRAZA 14.

Al igual que las terrazas anteriores de debe realizar la construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado, como se muestra en la Figura 32. Posteriormente, se procede al llenado y recubrimiento de esta terraza, como se muestra en la Figura 33.

Figura 32. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 14.



Fuente: Elaboración Propia.


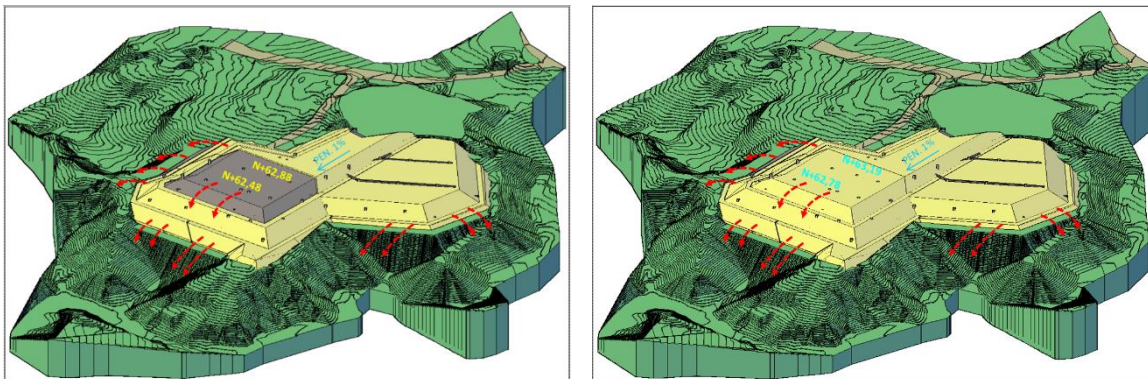
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 33. Llenado y recubrimiento terraza 14.

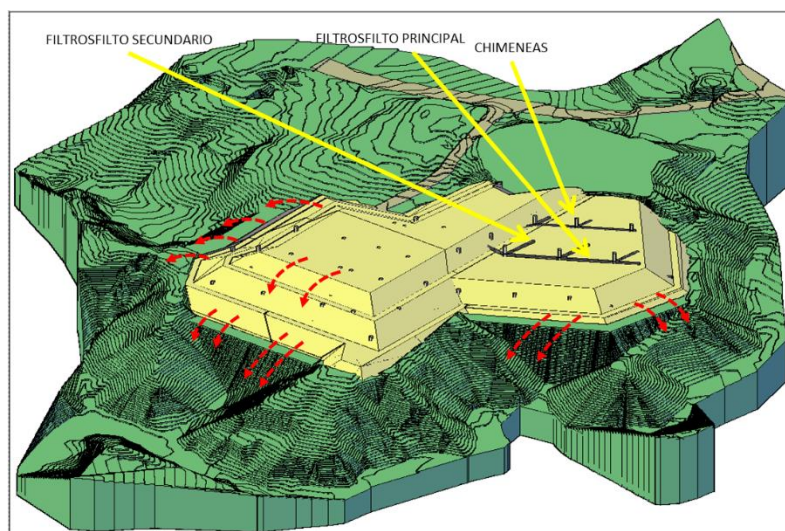


Fuente: Elaboración Propia.

13.15. TERRAZA 15.

Esta es la última terraza disponible en la celda, en la cual también se debe realizar la construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado, como se muestra en la Figura 34. Luego de su llenado, se realiza el recubrimiento y se obtendrá entonces un llenado completo del sitio con el aspecto final que se muestra en la Figura 35.

Figura 34. Construcción de filtros principales, secundarios y chimeneas antes de llenado de la terraza 15.



Fuente: Elaboración Propia


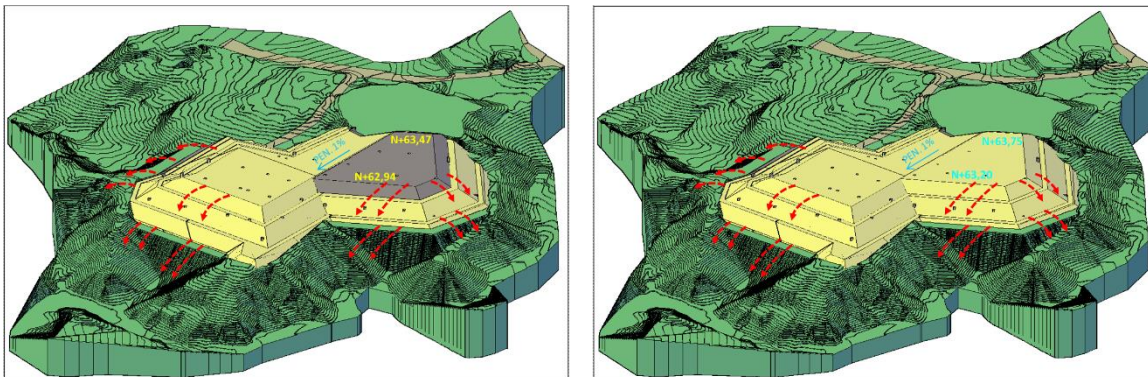
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 35. Llenado y recubrimiento terraza 15 - Aspecto Final del botadero.



Fuente: Elaboración Propia


13.16. RECOMENDACIONES FINALES LLENADO .

A continuación, se establecen algunas recomendaciones para la óptima conformación del lleno y de esta manera tener una operación dentro de los estándares de la disposición final de residuos ordinarios.

La parte fundamental para una correcta operación del sistema propuesto está en la excavación adecuada conforme a las condiciones geotécnicas del sitio, que garantiza una estabilidad de taludes del suelo natural.

Los dos principales desafíos en la gestión de vertederos de residuos sólidos municipales son el manejo de lixiviados y gases generados. El primero se debe principalmente a la infiltración de la lluvia en el vertedero de residuos, lo que genera lixiviados. Además, la descomposición natural de los residuos contribuye a este proceso. El segundo desafío está relacionado con los gases generados por la descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos dispuestos.

El manejo adecuado de lixiviados implica la construcción de filtros en cada área generada dentro de las terrazas. Este proceso incluye la escarificación o excavación, retirando el material terroso de cobertura para establecer la conexión entre las nuevas terrazas de residuos y la basura antigua en la celda inferior. Esta actividad es crucial para evitar la formación de bolsas de lixiviados en el interior de las terrazas, reduciendo así las posibilidades de problemas geotécnicos derivados de la acumulación de líquidos. Además, contribuye a evitar la sobresaturación de humedad en los residuos sólidos y disminuye la presión de poros causada por la retención de líquidos o gases dentro de la masa de residuos.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

En el Anexo 1 del presente documento se encuentra un ejemplo de llenado de una celda del Relleno Sanitario Andalucía, en el departamento del Quindío, sitio que fue objeto de visita por parte de EPQ y funcionarios de Aguas del Atrato. Este documento es el complemento a la visita de campo realizada por dichos funcionarios, en el cual se muestra un paso a paso del llenado y de cada una de las previsiones que deben realizarse.

13.16.1. Manejo de lixiviados dentro de las terrazas.

Como se evidenció, las 15 terrazas generarán constantemente lixiviados que deben ser extraídos para preservar la integridad estructural. En términos generales, se propone la construcción de 3 torretas de bombeo, con una estructura tipo gavión. Estas torretas deben incrementar su altura a medida que se lleva a cabo el llenado, garantizando siempre al menos un metro de estructura sobre la línea de disposición de residuos. La construcción de estas estructuras seguirá este orden:

- A- Cuando se esté alcanzando con la línea de residuos la altura de las torretas que se entregan, debe construirse una estructura tipo gavión, hasta unos 20 centímetros por debajo de la tubería que genera el pozo de bombeo.
- B- En este punto deben instalarse alineada con la tubería del pozo de bombeo 2 metros, esta alineación se realiza de diferentes formas, entre ellas está utilizar unión campana y espigo, siendo esta la más simple pero sin duda la más costosa; una segunda opción es alinear aplomando el nuevo tramo y fijándolo a la tubería con platinas rígidas que se adosan a la tubería con tornillos tipo drywall; una tercera opción es fabricar aros de lámina de acero de 1/8 de pulgada de unos 20 centímetros de ancho y cilindrada al tamaño del diámetro externo de la tubería, aplomar y fijar con tornillos.
- C- Terminado el paso anterior se construye un metro de estructura tipo gavión.
- D- Esta secuencia debe repetirse hasta alcanzar la cota máxima del lleno.
- E- De esta manera la estructura metálica de maniobra de la bomba ira siendo desplazada conforme avanza el lleno de residuos.
- F- Debe recordarse que la bomba siempre debe estar cerca al fondo del sump. Para garantizar mantener una menor altura posible de lixiviado en el fondo del vaso.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

G- Debe realizarse mantenimiento mensual de seguimiento al malacate que sube la bomba y su línea de recuperación, dada las condiciones extremas de agresividad del medio en el cual funciona.

H- Igualmente debe realizarse limpieza periódica la bomba.


I- Revisión quincenal del circuito de alimentación a la bomba.

Importantísima relevancia tiene el tema de compactación de residuos en la cercanía de las torretas, que si bien son estructuras muy fuertes, una mala operación del equipo de compactación a su alrededor podría cambiar la verticalidad de ellas y generar problemas con el sistema de bombeo, no debe golpear la estructura y hacer pasada de equipo con mucho cuidado, siempre paralelo a las caras de la estructura nunca normal a ella, pues esta maniobra genera empuje y deformación de la estructura de las torretas. Así, lo más recomendable es que no se haga compactación mecánica directa de residuos alrededor de las torretas en un radio de 1 metro.

El sistema de tratamiento de lixiviados está compuesto por un par de lagunas anaerobias y un par de lagunas facultativas, de cuyo sistema se entregó memorias de cálculo, de tal manera que cumplen con los parámetros básicos de la resolución 631 de 2015 art 14.

Con el objetivo de asegurar el buen funcionamiento del sistema, se sugiere la implementación de la bioacumulación, que consiste en la introducción de bacterias especializadas para el tratamiento biológico de diversos tipos, y la bioestimulación, que implica el suministro de nutrientes para fomentar el crecimiento poblacional de bacterias. Esto generalmente implica el uso de fertilizantes con nitrógeno y fósforo en cada una de las lagunas. Para determinar la necesidad de la inyección de bacterias, nutrientes o en algunos casos ambos, es crucial contar con elementos de laboratorio en la operación que permitan realizar un seguimiento de parámetros básicos de lixiviados, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos, color, con el fin de evaluar las remociones logradas y los datos de entrada de DQO, tomando decisiones informadas sobre la necesidad de realizar bioestimulación (nutrientes) o bioacumulación (bacterias especializadas + nutrientes).

Nota: Para más información sobre el sistema de tratamiento de lixiviados, revisar el numeral 17.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

13.16.2. Redundancia de sistema de bombeo.

Se sugiere la implementación de un sistema redundante de bombeo para asegurar el funcionamiento continuo durante todo el año. Este sistema adicional proporcionará respaldo en caso de fallos en la bomba principal, ya sea debido a daños inesperados o mantenimiento programado. Además, se diseñará para hacer frente a eventos de alta pluviosidad.


Como complemento, se debe tener en cuenta que durante la fase de pruebas del sistema de bombeo de lixiviados, se observaron deficiencias en la calidad del suministro eléctrico. La red eléctrica general demostró ser muy sensible a las descargas eléctricas, algo frecuente en la zona, y a la calidad del servicio, resultando en varios eventos de pérdida de una o dos fases al restablecerse el servicio eléctrico. Por lo tanto, se recomienda la adquisición de una planta de energía eléctrica de emergencia con un sistema de transferencia automática, con una capacidad de 20 kilovatios.

14. DENSIDAD DE COMPACTACIÓN.

Mensualmente se deberá determinar la densidad de compactación. Para proceder con el ensayo se debe contar con una formaleta metálica o en madera, preferiblemente de forma cuadrada, de dimensiones conocidas: ancho (b), largo (l) y altura (h); estas medidas deberán estar expresadas en metros. La formaleta se pone en la superficie previamente nivelada y se fija al terreno por medio de cuatro guías como mínimo.

Ya fija la formaleta, se procede a retirar el material al interior de esta, procurando no halar los residuos con el fin de no modificar la forma del sondeo ni de generar una descompactación local. Para ello se utilizará una herramienta como machete o tijera industrial, que permite cortar los residuos largos. En la medida que se excava, se debe ir bajando la formaleta, pegada a las paredes de la excavación, hasta que esta quede a ras con la superficie superior de la capa de residuos.

De la excavación que se realiza, se debe hacer la recogida de los residuos en una bolsa plástica o algún recipiente que los contenga. Estos residuos se llevan a una báscula para hacer su pesaje, teniendo en cuenta descontar el peso del recipiente que los contenga (si es una bolsa plástica, su peso poco influye, por lo que podría pesarse completo); el peso de los residuos debe expresarse en kilogramos.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

El material retirado en la excavación ocupa un volumen que debe ser calculado o medido, para lo cual se puede optar por dos métodos, según la confianza en el procedimiento:

- Con base en la medida de la formaleta, teniendo un volumen estándar que será calculado por la fórmula:

$$V [m^3] = b \times l \times h$$

- Instalando dentro de la formaleta en la excavación un plástico sin agujeros, el cual se llena con volúmenes conocidos de agua hasta alcanzar el rasero de la formaleta.

Conocidos los valores de peso de los residuos y el volumen que ocupan los mismos en la capa estudiada, se calcula la densidad con la siguiente fórmula:

$$\rho \left[\frac{\text{Ton}}{m^3} \right] = \frac{m [kg]}{V [m^3]} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

Dónde:

ρ = densidad de los residuos (Ton/m³).

m = peso de los residuos (kg).

V = Volumen calculado (m³).


El ingeniero residente hará seguimiento y análisis de estos resultados, para anexarlos al informe mensual: conforme a la Resolución 938 de 2019, el índice de compactación será mayor a 1 Ton/m³.

15. INSTRUMENTACIÓN DE LA CELDA.

15.1. MONITOREO TOPOGRÁFICO DE ASENTAMIENTOS.

Si bien dependiendo del tipo de relleno sanitario en construcción o construido se debe definir la disposición de los puntos a los cuales se hará seguimiento, es importante tener en cuenta que la cantidad de dichos puntos o mojones a monitorear depende de tres principales características: la complejidad del sistema, la extensión del relleno y la altura de este. Además, a partir de un análisis de probabilidad de falla por deslizamiento, se dará prioridad a los taludes que estén orientados desfavorablemente en el sentido en que se presenta la mayor libertad y probabilidad de movilización (o menor restricción por elementos de contención, o, lo que es equivalente, mayor probabilidad de falla intrínseca) para ser monitoreados, aun

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

cuando los resultados de análisis de estabilidad presenten factores de seguridad mayores a uno (1). Los pasos a seguir para establecer una red de puntos topográficos de monitoreo son:

- Definición de la complejidad del sistema (RAS-2017).
- Determinación del número mínimo de puntos o mojones, en función del área específica destinada para disposición final, según la siguiente fórmula:

$$Nm = Nc + 1.5Ha$$

Donde:


Nm es el número mínimo de mojones para toda el área.

Nc es el número mínimo de mojones de control de subsidencia para el nivel de complejidad del sistema.

Ha es el número de hectáreas destinadas a relleno sanitario.

- Determinación del talud o de los taludes con mayor libertad de movilización.
- Diseño de la red de mojones del relleno (preferiblemente sobre el plano de diseño del relleno para su proyección).
- Valoración de un centroide de la celda (o de varios centroides si el área del relleno en planta es muy irregular o si es seccionado), que deberá estar sobre la superficie “plana” más alta del relleno, ya sea existente o proyectada.
- Partiendo del centroide del relleno, lanzar líneas tentativas a manera de perfiles sobre las terrazas y los taludes a monitorear, formando una radiación o una retícula. Sobre estas líneas estarán ubicados los mojones de control, en número tal que por lo menos sean tres los que constituyan la línea proyectada sobre un talud: en la corona, a medio cuerpo y en la pata del talud.
- En la medida que se requiera mayor control sobre un talud determinado, se podrá establecer un mayor número de mojones de control.
- Ubicación de los mojones de referencia en sitios estables, externos al sitio de disposición, desde los cuales se puede tener vista a todos y cada uno de los mojones de control.
- Materializar los mojones, previendo la secuencia de construcción de la celda y que por lo tanto, no se pierdan por quedar ubicados en zonas de trabajo posteriores.
- Realización del levantamiento topográfico de los mojones de control a partir de los mojones de referencia.
- Realización del control topográfico con la frecuencia definida, sin que esta sea menor a dos veces por año durante las etapas de operación y de cierre, ni de una vez por año en la etapa de abandono, al menos durante los cinco años siguientes al momento de cierre.

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

- Cálculo y análisis de los resultados.
- Verificar en campo la necesidad de un mayor número de mojones o la reposición por su pérdida.


Adicionalmente, es conveniente llevar a cabo otras actividades complementarias como son la ejecución de sondeos de reconocimiento del perfil del lleno (a menos que se tenga dicha información), ensayos de caracterización mecánica de los residuos, condiciones de humedad, etc.

Una vez iniciado el programa de monitoreo de asentamientos y estabilidad, es necesario que se desarrolle una curva de lectura para cada punto, teniendo como abscisa el tiempo y como ordenada el valor de la lectura acumulada. Esto permitirá conocer el comportamiento de la masa respecto de su consolidación o del posible desarrollo de una subsidencia. Además, es importante destacar que las lecturas realizadas deben abarcar al menos un periodo durante la temporada de lluvias o invernal.

De igual forma, teniendo en cuenta el perfil del talud estudiado resultante de la ubicación y lectura inicial de los mojones del programa de monitoreo, para cada fecha de lectura debe hacerse una gráfica del perfil resultante, de tal forma que se pueda hacer una superposición o un comparativo de los perfiles y así determinar líneas o secciones que presenten movimientos relativos. Si en este caso se observan alteraciones de un perfil, debe hacerse una valoración visual recorriendo toda la línea de perfil, cubriendo una franja de por lo menos 10 metros de ancho, siendo tal línea el eje longitudinal de la franja. El propósito de ello es detectar escalones de desplazamiento, grietas, o cualquier otra señal de movimiento. De resultar una condición de estas, en el área identificada se deberá extremar la vigilancia por verificación directa, cerrar grietas, eliminar aguas surgentes, etc., y por último determinar si es conveniente adelantar algún tipo de obra de estabilización.

La utilización de los dos criterios anteriores: asentamientos y movimiento del talud, permiten definir a su vez la estabilidad general de la celda. Sin embargo, esto no es óbice para que se establezcan otras medidas para seguimiento, como puede ser la instalación de inclinómetros, tensómetros u otros instrumentos que permiten conocer mejor el comportamiento de una masa de lleno, en este caso de residuos. También es importante que se realice un análisis de estabilidad de taludes mediante cualquiera de los métodos de análisis, pero preferiblemente utilizando Sarma o Ishijara, que son los que mejor modelación permiten para un sitio de disposición

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

final, incluyendo efectos de aguas colgadas, presión de gases y solicitudes sísmicas.

15.2. MONITOREO DE LA PENDIENTE DE LOS TALUDES.

Desde el punto de vista de pseudo-estabilidad de los taludes que conforman el relleno sanitario debe ser verificada teniendo en cuenta los siguientes parámetros:


- Altura de la terraza: 5 m.
- Inclinación media del talud: 33°.
- Regularidad del talud conformado: Continuo.
- Bermas intermedias y de pie: 3 – 4 m.

Con la aplicación de lo anterior a las condiciones de los residuos el sitio de disposición es posible manejar taludes de alta pendiente (2 horizontal: 1 vertical). Para monitorear, medir y registrar la pendiente obtenida en el talud general equivalente, se realiza monitoreo topográfico mensual (siguiendo lo estipulado por la Resolución 938 de 2019) teniendo en cuenta los mojones instalados en la base de la celda y los últimos en la corona de las terrazas terminadas más altas, según perfiles previamente establecidos.

16. CAPTURA, CONDUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DE BIOGÁS.

La producción de metano es el resultado de la actividad de microorganismos, como bacterias, que degradan los residuos a través de procesos biológicos. Este proceso libera metano y otros gases, así como otras sustancias químicas. La emisión de gases resultantes de la fermentación anaerobia de la materia orgánica en los residuos plantea un desafío significativo. La magnitud de la producción de gases puede variar según la cantidad de residuos considerada.

La celda de disposición es un reactor bioquímico, con residuos y agua como entradas principales, y con gases y lixiviados como principales salidas. Las estructuras para captación de gases se emplean para prevenir su movimiento indeseable hacia la atmósfera, o su movimiento lateral o vertical a través del suelo circundante. Este gas se debe quemar bajo condiciones controladas en su superficie, mientras que no se aproveche para producir energía, pues su migración hacia la atmósfera contribuye con el efecto invernadero. El metano es el gas de mayor presencia, ya que constituye cerca del 60%; éste se convierte en explosivo cuando su concentración en el aire se presenta entre el 5 y 15%.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

El tiempo que se requiere para que los residuos sólidos ordinarios se degraden y se produzca biogás depende de varias variables como: el número de organismos presentes en los residuos sólidos, nutrientes, temperatura, acidez (pH), contenido de humedad, cobertura y densidad de compactación.

El biogás es una mezcla de gases compuesta principalmente de:

- Metano (CH₄): 40 - 70% del volumen.
- Dióxido de carbono (CO₂): 30 - 60 vol. %
- Otros gases: 1 - 5 vol. %
- Hidrógeno (H₂): 0 - 1 vol. %
- Sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0 - 3 vol. %
- Trazas de vapor de agua.


El poder calorífico del biogás es de cerca de 6 kWh por metro cúbico, es decir que un metro cúbico de biogás equivale aproximadamente a medio litro de combustible Diesel.

16.1. DRENAJE PASIVO CON CHIMENEAS.

Consiste en aprovechar la difusión horizontal del gas generado en el relleno. Este gas se desplaza hacia la chimenea más cercana al punto de generación y asciende de manera controlada a través de ella hasta alcanzar la superficie. Para la evacuación de los gases se debe:

- Edificar chimeneas verticales utilizando malla electrosoldada o eslabonada de gavión, junto con piedra de canto rodado de 4 a 8 pulgadas, con una sección de un metro por un metro. Estas chimeneas deben tener un radio de acción máximo de 25 metros y estar conectadas en la base de cada terraza con los filtros horizontales destinados a la evacuación de los lixiviados. De este modo, estos filtros transportarán también gases hacia la parte superior, donde se conectarán con las chimeneas, permitiendo que los gases asciendan controladamente hasta la superficie.
- En el centro de la chimenea debe ir instalada una tubería perforada con un diámetro de 6 pulgadas.
- Construir las chimeneas en la medida en que se van conformando las franjas y terrazas de disposición final de residuos.
- Cada chimenea debe sobresalir al menos un metro y contar con una identificación numérica para prevenir su pérdida o confusión.
- Realizar la combustión del biogás liberado por las chimeneas. Además, la incineración controlada del gas previene el riesgo de explosión que puede surgir al mezclar el metano con la atmósfera.

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

- Apagar el fuego en la chimenea y elevarla paralelamente con el crecimiento de la celda.

17. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

El predio del botadero Marmolejo se encuentra ubicado en la vereda Marmolejo del Municipio de Quibdó, aproximadamente a 5 km del casco urbano, al lado izquierdo de la vía Quibdó-Medellín.

Durante la operación de un sitio de disposición final se generan varios subproductos producto de la descomposición de la basura: uno es el biogás, el cual se encuentra en fase gaseosa y otro es el lixiviado que se encuentra en fase líquida. En la Figura 36 se presenta una visual general de la celda.

Figura 36. Celda de disposición final Marmolejo.




Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015, el lixiviado es un líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Los lixiviados son líquidos altamente corrosivos en la fase temprana de establecimiento del relleno e incrustantes en la fase tardía de operación del relleno. Su carga orgánica (representada en términos de DQO) varía de 3000 mg de O₂/L

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

hasta los 60000 mg de O₂/L, variable que depende del tipo de basura depositada y de la capacidad del relleno; por esta razón, los lixiviados representan el agente contaminante más fuerte en un relleno sanitario. Estos líquidos no se pueden quedar confinados en el relleno sanitario, sino que deben retirados de este con un adecuado diseño de extracción, lo cual también asegura la estabilidad estructural de la obra civil. Si estos lixiviados no son tratados de una manera adecuada, pueden contaminar el suelo y las aguas superficiales y/o subterráneas que se encuentran a su paso (Morillo & Fajardo, 2005).

En la medida en que se desarrolla el proyecto de consolidación de un relleno sanitario, se han encontrado variaciones importantes en las composiciones de los lixiviados, tal como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 5. Características fisicoquímicas típicas de un lixiviado a nivel mundial


Parámetros	Unidades	Lixiviado nuevo		Lixiviado intermedio		Lixiviado viejo	
		< 5 años		5-10 años		> 10 años	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
pH	Unidades	8,26	7,77	8,5	7,6	9,58	8,18
CE	mS/cm	36,7	27,1	23,5	16,2	20,6	11,6
AGV	meq/L	295	70	100	50	62,5	45
AT	mg CaCO ₃ /L	36300	12400	10746	7344	8694	1689
DT	mg CaCO ₃ /L	4324	1251	1863	866	2700	400
DBO5	mg O ₂ /L	13391	1171	1594	496	165	78
DQO	mg O ₂ /L	25455	9181	6638	3673	2197	1105
COT	mg COT/L	7840	3531	3025	1240	999	415
ST	mg/L	33796	17673	17950	10596	9345	5472
SDT	mg/L	33703	17041	17775	10473	8877	5382
NTK	mg N-NTK/L	2492	2184	2072	1204	1095	9,2
NH3 Libre	mg NH ₃	1090	187	787	237	257	4,1
N Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	2184	1050	1848	1008	956	9,2
Cl-	mg Cl/L	4200	2121	3099	1398	2420	800

Fuente: Torres, Barba, Ojeda, Martínez & Castaño (2014).

Las características y caudales de los lixiviados varían significativamente de un relleno sanitario a otro, por varias razones como son:

- Regímenes de lluvia en cada sitio
- Operación del relleno y especialmente al área descubierta en él.
- Cambios en la composición de los residuos.

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

- Edades de los rellenos.

Otros factores que influyen ocurren a nivel microscópico y son asociados a procesos biológicos y químicos (Álvarez & Suárez, 2006).


Igualmente, la composición química del lixiviado está ligada a la descomposición biológica del material orgánico biodegradable, a las reacciones químicas y a la disolución de metales y material inorgánico presentes en los residuos dispuestos en el relleno, de tal manera que se pueden presentar lixiviados con alta carga no biodegradable en función de la presencia de industrias en el área de influencia, que no desarrollan una gestión adecuada de sus residuos sólidos (Morillo & Fajardo, 2005).

Como los rellenos sanitarios son construidos para operar por varias décadas, se ha determinado la existencia de por los menos 3 tipos de lixiviados, de acuerdo con la edad de los sitios de depósito donde son generados (Torres et al., 2014):

- **Lixiviados nuevos:** Poseen altos contenidos de carga orgánica fácilmente biodegradable. Se generan en los sitios o celdas a disposición, con edades menores a 5 años.
- **Lixiviados intermedios:** Son generados por las áreas de relleno donde los residuos llevan entre 5 y 10 años de disposición. Su carga posee menor cantidad de DBO₅, indicando menor materia orgánica fácilmente biodegradable.
- **Lixiviados viejos:** Son los drenados de las zonas más antiguas del sitio de disposición, con edades por encima de los 10 años. Poseen bajas concentraciones de DBO₅, aunque pueden tener presencia de metales pesados y una fracción de DQO alta.

Para esta celda, se concentra el lixiviado en una zona del vaso central, denominado sump o sumidero general de líquidos, pues todas las pendientes de cada uno de los vasos están orientadas en ese sentido. En este sump, hay tres torretas de bombeo, las cuales tienen estructura tipo gavión, con una tubería central de gran diámetro protegida por el material pétreo; estas estructuras deben ir avanzando en altura conforme el lleno se va dando, de tal manera que siempre se tenga al menos un metro de estructura sobre la línea de disposición de residuos.

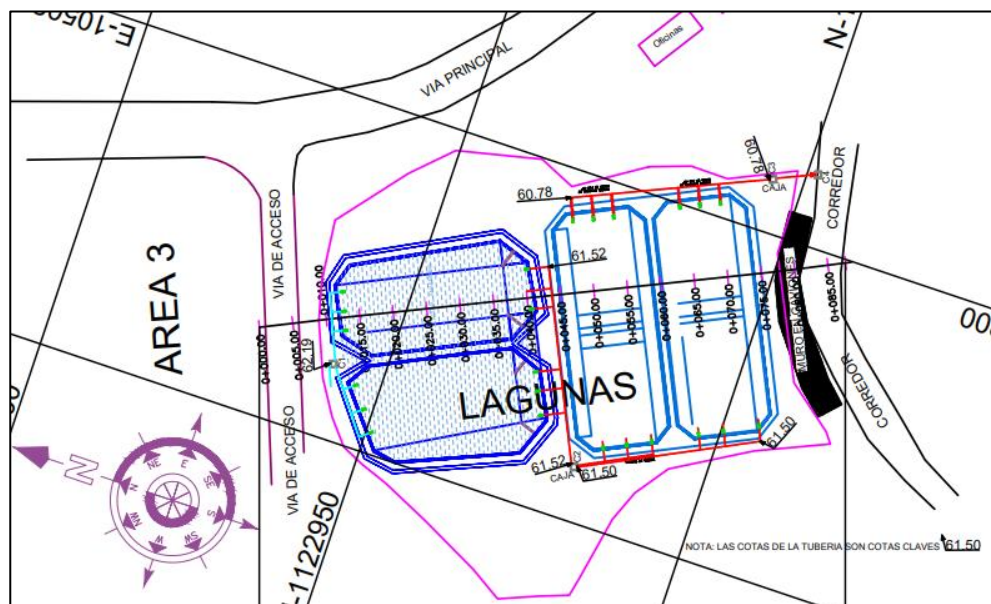
Estos lixiviados son transportados a una cámara de bombeo, que proporciona la fuerza motriz para llevarlos al sistema de tratamiento de lixiviados. Este sistema está compuesto por una laguna anaerobia y otra facultativa, diseñadas de manera

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

específica para cumplir con los parámetros básicos establecidos por el artículo 14 de la Resolución 631 del 2015.

De forma global, el tratamiento biológico descrito anteriormente se puede observar en la Figura 37, en el cual se puede detallar el flujo a lo largo del sistema de tratamiento.

Figura 37. Diseño general del sistema de tratamiento de lixiviados de la celda Marmolejo.




Fuente: Elaboración Propia.

El sistema se diseñó con los parámetros de entrada que se muestran en la Tabla 6, con las variables esperadas a la entrada del sistema de tratamiento de lixiviado (STL).

Tabla 6. Parámetros de diseños del sistema de lixiviado Marmolejo.

Parámetro	Unidad	Promedio
Caudal de diseño	L/s	2
DBO5 esperada a la entrada del STL	mg/l	4000
DQO esperada a la entrada del STL	mg/l	6667
SST esperada a la entrada del STL	mg/l	700
Temperatura	°C	28

Fuete: Elaboración Propia.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

17.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y TRATAMIENTO.

El sistema de tratamiento de lixiviados consta de una estación de bombeo que se encarga de transportar el lixiviado hacia la laguna anaerobia y facultativa, las cuales funcionan como unidades de tratamiento biológico.

17.1.1. Estación de Bombeo: Pozo de extracción de lixiviado.

Los lixiviados son conducidos por gravedad hacia el pozo de extracción, el cual está ubicado en fondo del vaso central sobre el sump (Figura 38) y consta de una bomba sumergible cortadora trifásica de 7.5HP 220/440V de 3" de descarga: la curva de este equipo se puede observar en la Figura 39. Esta bomba está conectada a una manguera plana, la cual extrae los lixiviados del pozo y los bombea hacia la laguna anaerobia.

Esta bomba cuenta con impulsor con cuchilla, plato de succión aserrado usado en combinación con un impulsor con un inserto (cuchilla) de tungsteno, aseguran que se puedan cortar las partículas sólidas presentes en las aguas residuales, bombeando las aguas negras y evitando atascamientos de la tubería. Para esta bomba es importante revisar constantemente el nivel y las condiciones del aceite lubricante, de acuerdo con el manual de operación del equipo (Tsurumi Pump), el cual se encuentra en el Anexo 3 de este documento.

Figura 38. Ubicación de la estación de bombeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.


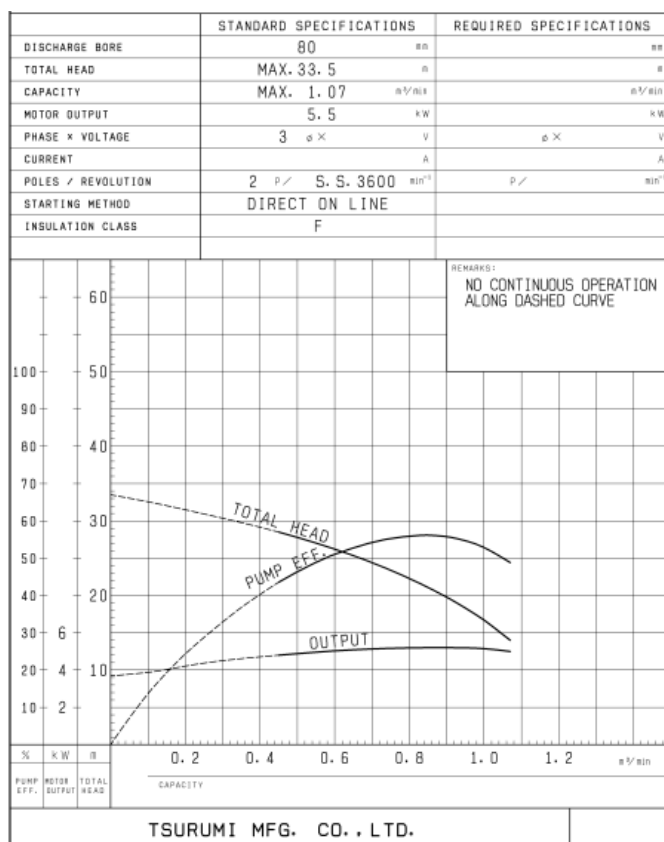
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 39. Bomba sumergible en la estación de bombeo



Fuente: Tsurumi Pumps

Esta bomba está ubicada en el interior del pozo, cuya estructura superior consta con un trípode con patas fijas y anclaje al piso, construido en acero inoxidable. Sus dimensiones aproximadas son de 800 mm x 800 mm y 2000 mm, con diferencial eléctrica, 18 metros de guaya y grilletes de 1/8 en acero inoxidable, con capacidad máxima de 400 Kg. Esta estructura cuenta con un tablero eléctrico de control y potencia, encendido automático mediante flotador de nivel, mando para subir y bajar la bomba; lo descrito anteriormente se muestra en la Figura 40.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 40. Estructura del Pozo.



Fuente: FC Mecatrónica.

17.1.2. Unidades De Tratamiento.

17.1.2.1. Laguna Anaerobia.

Es el sistema más simple de tratamiento anaerobio de aguas residuales. Se basa en el principio de evitar los procesos de difusión de oxígeno atmosférico en agua residual al máximo: para esto se diseña con profundidades de entre 3 y 5 metros. Posee tiempos de retención hidráulica alta que facilitan la sedimentación de la biomasa suspendida, generando en el fondo de la laguna un manto de lodos activos, que en contacto con las aguas residuales facilita la digestión anaerobia. Por otro lado, las grasas o aceites no digeridos forman en la superficie una capa de natas que impiden el ingreso del oxígeno atmosférico, mejorando las condiciones de las bacterias metanogénicas y acetogénicas (Von Sperling, 2007).

En estas condiciones de operación, la estabilización de la laguna debe seguir una secuencia de procesos de degradación, las cuales se muestran en la Figura 41.


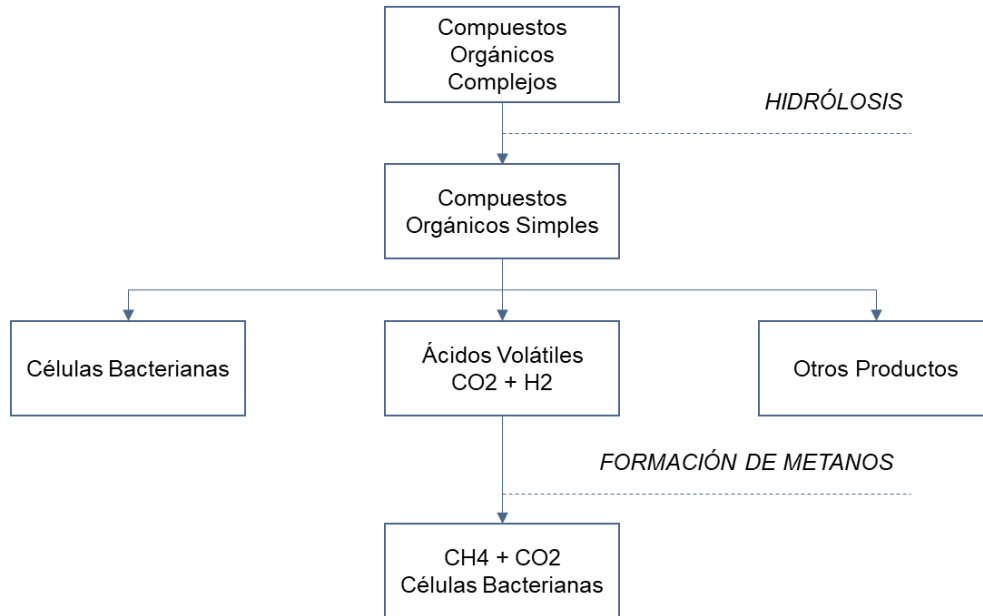

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 41. Secuencia de procesos en la degradación de la materia orgánica.



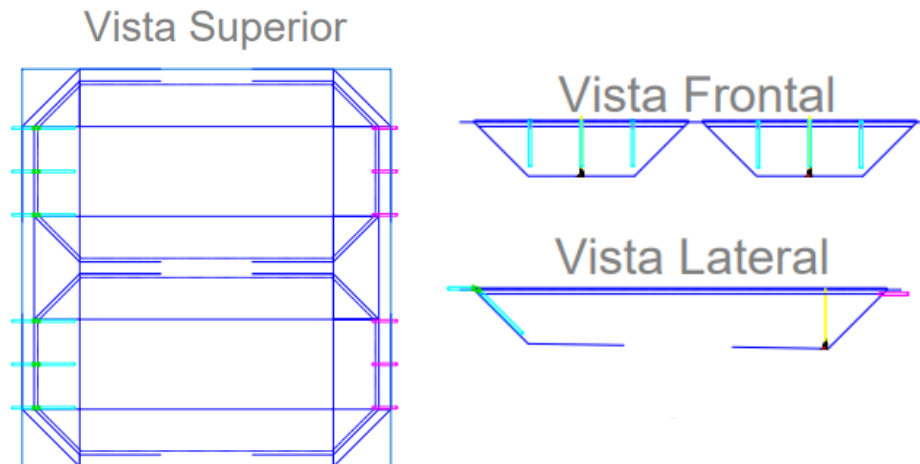
Fuente: Tomado y editado de (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 1991).

De forma general, se puede observar en la Figura 42 el plano básico propuesto para esta laguna. Esta tiene un longitud aproximada de 24,9 m en la zona superficial y 18 metros en la base y 5,27 m de profundidad. Además, es un sistema es paralelo,

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

permitiendo tener redundancia en el sistema y realizar mantenimientos cuando sea necesario.

Figura 42. Laguna Anaerobia.



Fuente: Elaboración Propia.

En efluentes como lixiviados, no es necesaria la adición de inóculos a las unidades de tratamiento, ya que estos intrínsecamente poseen las bacterias requeridas, debido a los procesos anaeróbicos que ocurren dentro de la celda durante la descomposición de los residuos sólidos. Sin embargo, se debe prestar especial atención a los macronutrientes del medio para asegurar un buen tratamiento biológico; para este caso, los macronutrientes de interés son el Nitrógeno y el Fósforo en sus formas solubles (Gonzalez Hoyos, 2017).

Para calcular la cantidad de nutrientes requeridos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_R = [S_0][Y][N_{ABC}] \left[\frac{SST}{SSV} \right]$$

Donde:

N_R = Cantidad de nutriente requerido (g/L).


S_0 = Concentración de DQO a la entrada del sistema (g/L).

Y = Coeficiente de seguridad (g SSV/ g DQO).

N_{ABC} = Concentración de nutrientes en la célula (g/g SSV).

SST = Sólidos suspendidos totales.

SSV = Sólidos suspendidos volátiles.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Cuando no se posee toda la información requerida para resolver la ecuación, se pueden realizar suposiciones basándose en las características de un lixiviado:

- Coeficiente de seguridad $Y = 0.05$, para sistemas con biomasa bajos.
- N_{ABC} para Nitrógeno del 0.12 y para el Fosforo 0.02 que corresponden a los porcentajes en peso aproximados de cada uno de los elementos en las células.
- La relación de SST/SSV para sistemas anaerobios está entre 1.54 – 1.17

Con esto, es válido establecer una relación entre la DQO, el nitrógeno y el fosforo para sistemas anaerobios con baja relación de biomasa, como 1000:5:1, respectivamente (Gonzalez Hoyos, 2017).

Para el caso específico del caudal de 2 L/s y una DQO de 4000 mg/L, se debe asegurar entonces una concentración en el medio de 20 mg/L y 4 mg/L de Nitrógeno y Fosforo respectivamente.

Los lixiviados son efluentes ricos en Nitrógeno (aproximadamente 1000 mg/L como se puede observar en la Tabla 5), con lo cual, ya cumplen con el suministro de este macronutriente. Así pues, la dosificación constara de asegurar una concentración de Fosforo en el medio por medio de la relación ya establecida.


Nota: Para mayores detalles de la dosificación de macronutrientes, ir a la sección 19.2.

17.1.2.2. Laguna de Facultativa.

En este tipo de lagunas hay descomposición tanto aeróbica como anaeróbica. Al igual que la laguna anaeróbica, este sistema biológico tiene un tiempo de retención hidráulico bastante amplio para asegurar que las reacciones biológicas se den de la forma correcta. Esta laguna se divide en dos zonas (Von Sperling, 2007):

- **Zona Anaeróbica:** La materia orgánica en suspensión (representada por la DBO), tiende a sedimentarse, constituyendo los lodos en el fondo de la laguna. Este sedimento atraviesa un proceso de descomposición por efecto de los microorganismos anaerobios, convirtiéndose lentamente en dióxido de carbono, metano y otros compuestos.
- **Zona Aerobia:** La parte soluble de materia orgánica y otras partículas menos densas que el medio, quedan suspendidas en la parte superior de la laguna. En esta zona, se presentan otras reacciones en presencia de oxígeno, el cual es suministrado por la fotosíntesis realizada por las algas presentes. Para que esto

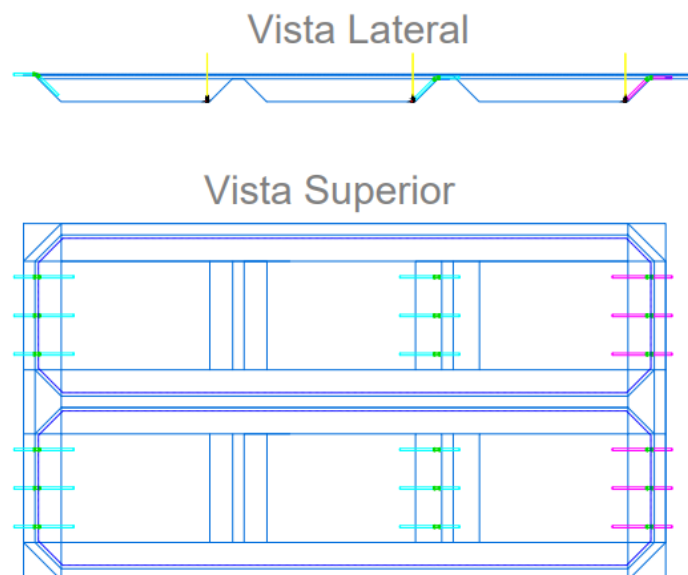
Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

ocurra, se requiere de luz solar, por lo tanto, afirma que son reacciones que se producirán en la superficie de la laguna.

Para la laguna facultativa del sitio de disposición final Marmolejo, se puede observar un plano básico en la Figura 43. Al igual que la laguna anaerobia, es un sistema en paralelo que permite el mantenimiento y la redundancia del sistema en caso de falla: estas lagunas tienen una longitud aproximada de 16.9 metros en la parte superior y 9.7 metros en la base, con una profundidad de 2.9 metros.

Figura 43. Laguna Facultativa.




Fuente: Elaboración Propia.

17.1.2.3. Otras Consideraciones del sistema.

Para asegurar que la laguna facultativa tenga las condiciones adecuadas de operación, se deben realizar registros de DQO, Nitrógeno y Fosforo a la salida de la laguna anaerobia.

En el arranque de la operación, se trabaja la laguna por medio de una bioestimulación, lo cual implica proporcionar el medio idóneo para el crecimiento de bacterias autóctonas (es decir, proporcionados por los procesos internos de la celda). Si al operar el sistema de lagunas no se evidencian los resultados esperados a la salida del efluente, se debe plantear la adición de bacterias externas que promuevan el tratamiento biológico de los lixiviados.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Nota: Para más información sobre la adición de bacterias externas, leer el numeral 0.

17.1.3. Variables de Proceso.

Debido a las fuertes lluvias que se presentan en la zona (entre enero y julio del 2023, se registró un promedio de 22.3 mm al día (IDEAM, 2023)), en el diseño de tratamiento no se debe considerar solamente los lixiviados provenientes de la celda, sino también el agua de escorrentía proporcionada por las precipitaciones de la zona. En esta sección se analiza el comportamiento del sistema de tratamiento cuando el caudal cambia por las fuertes precipitaciones.

17.1.3.1. Tiempo de retención hidráulica (TRH).

De forma general, el tiempo de retención hidráulica, es decir, el tiempo que le toma al efluente atravesar de un lado a otro la laguna, es inversamente proporcional al caudal de entrada al sistema, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen de la laguna}}{\text{TRH}}$$

Se puede inferir que, a medida que aumenta el caudal que ingresa al sistema, el tiempo necesario para que el efluente atraviese las lagunas, tanto la anaerobia como la facultativa, disminuirá. Esta relación se puede observar en la Figura 44, donde se simula un caudal de entrada entre 2 y 10 L/s. En conclusión, a mayor caudal de entrada, se reduce el tiempo de tránsito del efluente a través del tratamiento biológico.


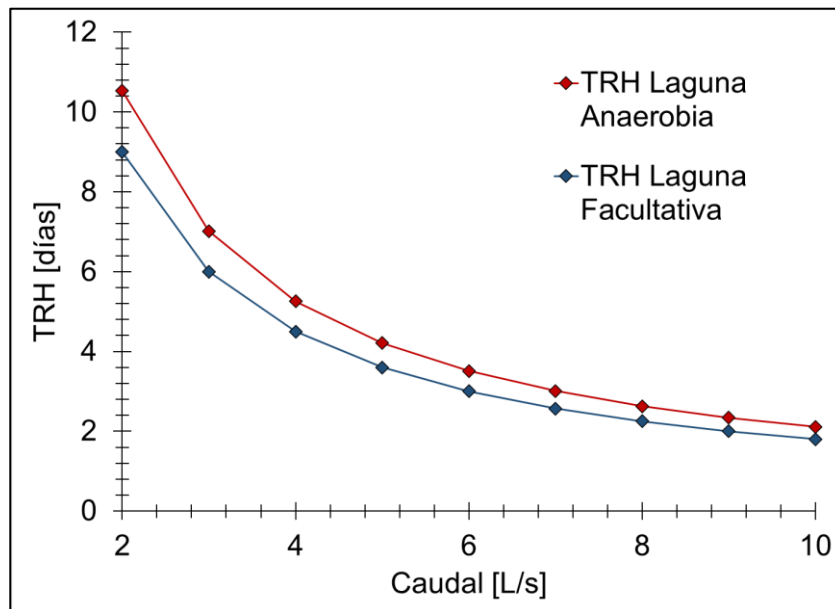
	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 44. TRH en las lagunas en función del caudal de entrada.



Fuente: Elaboración propia.

17.1.3.2. Conversión de DBO₅

Aunque el caudal de entrada a la laguna cambie por influencia de las precipitaciones de la zona, hay que tener presente que la carga orgánica (representada como la DBO₅) del sistema es constante, pues esta es proporcionada únicamente por lixiviados de la celda. Esto implica que cuando aumenta el caudal, la carga orgánica es diluida por el agua lluvia, por lo cual la concentración [mg/L] resulta menor a la entrada del sistema; esto se puede observar de manera más clara en la Tabla 7.


Tabla 7. Concentración del efluente en función del caudal.

Caudal (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)
2	4000	6667	700
4	2000	3333	350
6	1333	2222	233
8	1000	1667	175
10	800	1333	140

Fuente: Elaboración Propia.

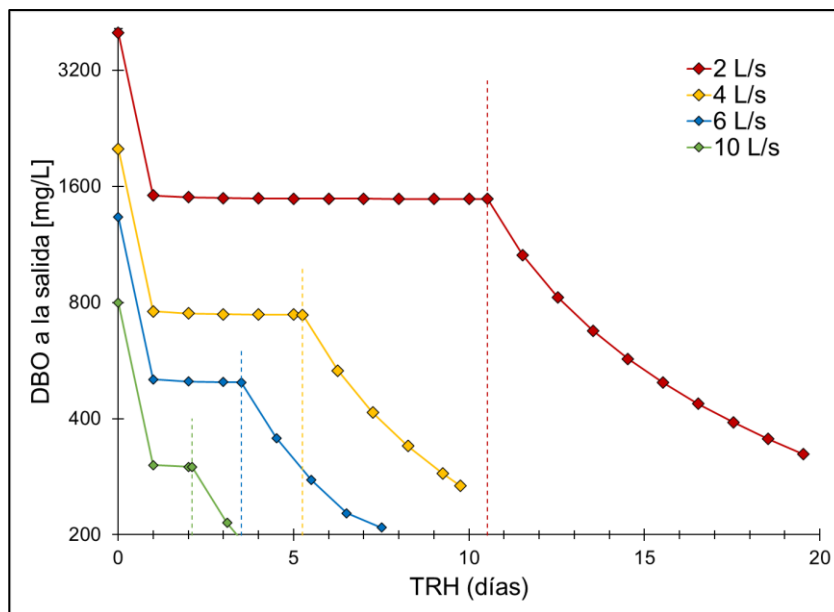
Para mostrar lo anterior, en la Figura 45 se puede observar la DBO₅ de entrada y salida (conversión) a diferentes caudales de entrada. Como hay un proceso de dilución, al aumentar el caudal, disminuye proporcionalmente la DBO₅ de entrada,

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

pero como se puede observar, el sistema es capaz de entregar al final una concentración de DBO₅ inferior a lo reglamentado por la Resolución 631 del 2015 (que debe ser menor a 800 mg/L según el artículo 14 de dicha norma) e incluso muy similares unas con otras. Por lo tanto, se concluye que un aumento de caudal no es una variable que influya en la calidad del efluente vertido.

Figura 45. Conversión de DBO₅ en el sistema en función del caudal de entrada.




Fuente: Elaboración Propia usando el método de cálculo de Von Sperling.

17.1.3.3. Velocidad Horizontal (V_H).

La velocidad horizontal es la velocidad que tiene el fluido a lo largo de la laguna. Esta velocidad debe ser lo suficientemente baja para impedir el arrastre de lodos o microorganismos, lo cual podría afectar el correcto funcionamiento del sistema. La velocidad del fluido también depende del caudal, según la siguiente ecuación:

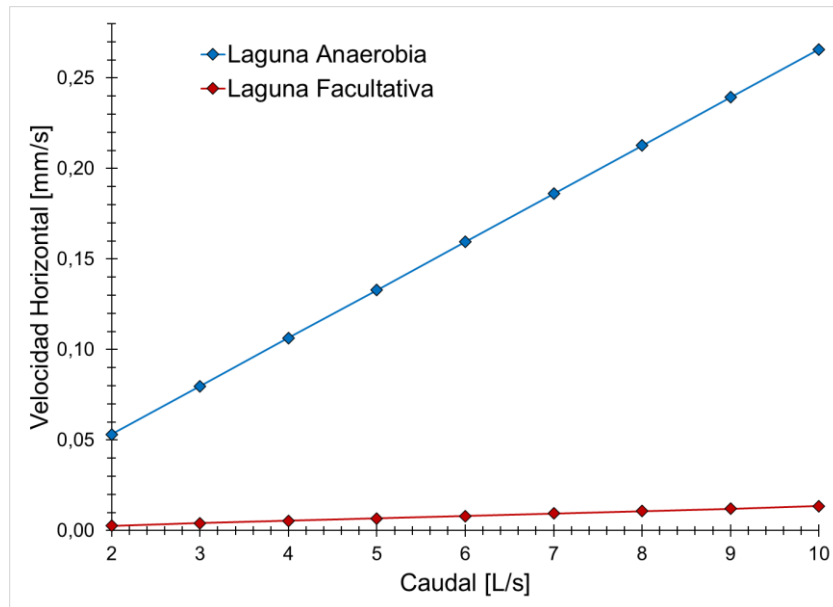
$$\text{Velocidad [m/s]} = \frac{\text{Caudal [m}^3\text{/s]}}{\text{Area de sección transversa [m}^2\text{]}}$$

Es entonces válido afirmar que si aumenta el caudal de entrada a la laguna, la velocidad horizontal aumentará proporcionalmente; la sección transversal será el ancho de la laguna y la altura de esta. Se simula entonces como cambiaria la velocidad horizontal en función al caudal en un intervalo entre 2 y 10 L/s. Como se puede observar en la Figura 46, la velocidad horizontal si aumenta directamente

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

proporcional al caudal de entrada, especialmente en la laguna anaerobia debido a que su área transversal es más amplia. Al observar detalladamente los valores determinados, son números que matemáticamente son muy pequeños y que en la práctica, no significan un riesgo para la operatividad de la laguna.

Figura 46. Velocidad Horizontal en función del caudal de entrada



Fuente: Elaboración Propia


17.1.3.4. Capacidad Hidráulica del Sistema de Drenaje.

Para el drenaje de cada una de las lagunas se utilizan 3 tuberías de 8 pulgadas de diámetro, que funcionan como canal abierto y a través de tirante hidráulico (elevación de la lámina de agua en la parte de inicio del drenaje, con el fin de proporcionar la pérdida de carga necesaria cuando se tienen instalaciones horizontales). Para determinar esta altura se deben tener los siguientes datos de cada uno de los tramos de tubería:

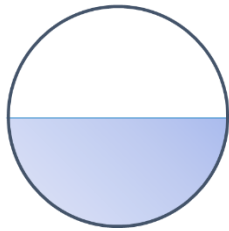
- Diámetro de Tubería = 8 pulgadas.
- Longitud de tubería = 15 metros.
- Factor de Manning de tubería = 0.015 (valor extremo de rugosidad para PVC).
- Ecuación de Manning para caudal en canales abiertos.

$$Q = \frac{4\pi}{n} [R_H]^{8/3} \left[\frac{H_f}{L} \right]^{1/2}$$

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Suposición: Tener ocupación del 50% del diámetro con agua drenando en los tubos de salida.



$$\text{Radio Hidráulico } R_H = \frac{\left[\frac{\pi d^2}{4} \right]}{2} \div \frac{\pi d}{2} = \frac{d}{4} = 0.0516 \text{ m}$$

Suposición: $H_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$, equivalente a un milímetro de elevación o tirante.

$$Q = \frac{4\pi}{0.015} [0.0516 \text{ m}]^{8/3} \left[\frac{1 \times 10^{-3} \text{ m}}{15 \text{ m}} \right]^{1/2} = 0.002524 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 2.52 \text{ L/s}$$


De tal manera que el sistema propuesto tiene capacidad de drenaje con una ocupación del 50% del área de flujo disponible y un tirante de 1 mm de 15.36 L/s (disponiendo de 6 tuberías), superior a los 10 L/s estimados en el anterior ítem.

En conclusión, el sistema está diseñado para operar en condiciones extremas, como periodos de alta pluviosidad que resultan en una generación significativa de lixiviados sobre el área de las lagunas. Los cálculos anteriores demuestran que la capacidad hidráulica del sistema supera ampliamente cualquier evento extremo. Por lo tanto, si el sistema se opera adecuadamente, realizando revisiones periódicas de las tuberías de drenaje, no deberían producirse reboses en el sistema de tratamiento de lixiviados, ya que se ha concebido como un sistema continuo sin acumulación.

17.1.4. Metodología de seguimiento de lodo.

Se deberá hacer un seguimiento de la generación de lodos tanto en la laguna anaerobia y facultativa, en lo posible haciendo batimetría a lo largo y ancho de la laguna; esta actividad debe realizarse cada tres meses recomendando un sistema de balsa con sonar.

Cuando los lodos excedan un metro de espesor en la laguna anaerobia o los 50 cm en la laguna facultativa, se debe proceder a la extracción de lodos. Este proceso debe llevarse a cabo con la asistencia de un equipo de succión Vactor de EPQ (para obtener más información sobre esta operación, consulte el numeral 18.2.3.3). Los lodos extraídos pueden ser depositados en la celda de operación.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

18. ACTIVIDADES MONITOREO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

Para un correcto funcionamiento del sistema de tratamiento, es necesario contar con actividades de seguimiento y control, además de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo con sus respectivos registros.

18.1. SEGUIMIENTO Y CONTROL.

El seguimiento y control consta de lecturas de parámetros fisicoquímicos que permiten detectar o mejorar el funcionamiento de los equipos o unidades de tratamiento.

18.1.1. Diario.

De forma diaria, se debe realizar el control de los siguientes parámetros:

18.1.1.1. Medición de caudal de cada unidad.

- I. **Laguna de Anaerobia:** Se debe registrar el caudal con el cual se está operando el tratamiento biológico a la entrada de esta laguna.
- II. **Entrada a la Laguna Facultativa:** Se registra el caudal que proviene de la laguna anaerobia.

18.1.1.2. Medición de Oxígeno Disuelto.


Se deberá registrar el oxígeno disuelto (OD) a la salida de la laguna facultativa, pues este parámetro asegura el adecuado funcionamiento del proceso; esto debe realizarse mínimo una vez al día, tomando un dato por cada minuto por al menos media hora. Deberá quedar registrado el OD máximo, mínimo y promedio.

18.1.1.3. Niveles de las lagunas.

Ambas lagunas (anaerobia y facultativa) se deben monitorear diariamente, pues una disminución o aumento drástico en su nivel, puede significar fallas en el sistema de bombeo o ruptura en la geomembrana. Se debe asegurar un borde libre mínimo de 50 cm y reportar de forma urgente si hay una disminución y aumento drástico de este nivel.

En caso de mantenimiento de alguna de estas lagunas, el lixiviado debe ser bombeado a la laguna de contingencia. Registrar los niveles de cada laguna y en observación colocar el volumen útil disponible.

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

18.1.2. Semanal.

Semanalmente se deberá medir parámetros fisicoquímicos básicos con el fin de anticipar cualquier desviación en los proceso biológicos.

18.1.2.1. Medición de DQO.

Este parámetro se debe cuantificar en la entrada a la laguna anaeróbica y a la salida de la laguna facultativa, con el fin de conocer los porcentajes (%) de remoción de las unidades biológicas.

18.1.2.2. Medición de SST.

Este parámetro indica si una unidad requiere de mantenimiento en un periodo corto de tiempo, además se ser un indicador de la normalidad y adecuado tratamiento biológico. Al igual que la DBO, debe registrarse antes de la entrada de la laguna anaeróbica y a la salida de la laguna facultativa.

18.1.3. Mensual.

Los parámetros a medir mensualmente se utilizan para evaluar el comportamiento de los sistemas biológicos y poder realizar la adición y corrección de macronutrientes, según lo explicado en el numeral 17.1.2.1.

18.1.3.1. Medición de DBO₅.


La medición mensual de DBO₅ se debe realizar mediante una muestra compuesta de 4 horas, con toma de muestras de cada hora en:

- Laguna Anaerobia.
- Laguna Facultativa.

18.1.4. Semestral.

Los registros semestrales son insumos para presentar ante CodeChoco compuesto por dos registros: el primero es el muestreo de monitoreo y control lixiviados y el segundo es un registro de los mantenimiento realizados a los equipos y unidades de tratamiento durante el semestre.

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

18.1.4.1. Muestreo de lixiviado con laboratorio acreditado por el IDEAM.

Se deberá informar mediante oficio con al menos 15 días de anticipación a CODECHOCO el día en que se realizará el muestro por parte del laboratorio acreditado por el IDEAM, con el fin de dar fe y transparencia. En la Tabla 8 se presentan los parámetros y tipo de muestra a tomar.

Tabla 8. Parámetros de muestreo de acuerdo con el artículo 14 de la Resolución 631 de 2015 del MADS.


Punto de Muestreo	Salida STL Caño El Purgatorio	Periodicidad	Semestral	
Tipo de muestra	Compuesta	Descripción	Toma de muestra cada hora durante un lapso de 8 horas	
Parámetros a monitorear				
<i>In Situ</i>	<i>Laboratorio</i>			
Caudal	DQO	Fosforo Total	Bario (Ba)	Mercurio (Hg)
	DBO ₅	Ortofosfato (P-PO4 ³⁻)	Berilio (Be)	Molibdeno (Mo)
	SST	Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	Boro (Bo)	Níquel (Ni)
Temperatura	Grasas y Aceites	Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	Cadmio (Cd)	Plata (Ag)
	Compuestos Semivolátiles Fenólicos	Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	Zinc (Zn)	Plomo (Pb)
	Fenoles	Nitrógeno Total (N)	Cobalto (Co)	Selenio (Se)
pH	Formaldehido	Cianuro Total (CN ⁻)	Cobre (Cu)	Vanadio (Va)
	Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	Cloruros (Cl ⁻)	Cromo (Cr)	Acidez Total
	Hidrocarburos Totales (HTP)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	Estaño (Sn)	Alcalinidad Total
S.SED	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	Sulfuros (S ²⁻)	Hierro (Fe)	Dureza Cálctica
	BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	Aluminio (Al)	Litio (Li)	Dureza Total
	Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbentes (AOX)	Arsénico (As)	Manganeso (Mn)	Color Real

Fuente: Tomado de (MADS, 2015)

18.1.4.2. Registro del consolidado de mantenimientos preventivos y correctivos realizados durante el semestre.

Se deberá presentar una hoja de vida de la bomba de succión donde se evidencie los mantenimientos preventivos o correctivos realizados y los días de operatividad de este.

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

18.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

18.2.1. Mantenimiento Diario.

18.2.1.1. Limpieza de los medidores de caudal.

La laguna cuenta con vertederos triangulares como equipos medidores de caudal. Estos deben recibir una limpieza diaria, con el fin de evitar la acumulación de residuos, pues de lo contrario, podrían presentarse lecturas erróneas de caudal.

18.2.1.2. Limpieza superficial y vigilancia de la laguna.

Se debe retirar cualquier acumulación de espuma en la superficie de las lagunas y en las cajas de entrada y salida, con lo cual, también se incluyen malezas o algas que se puedan observar. De forma diaria y constante se debe estar atento a variables como:

- Presencia de animales.
- Olor y color de la laguna diferente al normal.
- Erosiones.
- Fugas.


18.2.1.3. Tuberías de conducción de lixiviados y tanquetas de reparto.

Al iniciar cada turno se debe confirmar el estado de las tuberías de bombeo y conducción de lixiviados, además de realizar una limpieza de estos canales; los residuos que sean extraídos de esta zona deben ser transportados a la celda.

Son motivos de alerta la disminución en caudales o la ruptura de estas, para lo cual se deben intervenir inmediatamente. Se debe dejar registro del estado de estas.

18.2.1.4. Estación de bombeo.

Se dispone de una estación con una bomba que funciona con energía eléctrica, y se debe llevar un registro diario del correcto funcionamiento del equipo.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

18.2.2. Mantenimiento quincenal.

18.2.2.1. Mantenimiento de Taludes.

Los taludes es uno de los elementos más sensibles a deterioros, especialmente en esta zona que se caracteriza por sus altas precipitaciones. Aunque su revisión debe ser diaria, quincenalmente (o más seguido según se crea necesario) se deben llevar a cabo las siguientes actividades:

- Rellenar las grietas con el material natural de construcción del talud, asegurando que quede homogéneo y compacto.
- Eliminar las malezas que pueden crecer sobre los taludes, en especial plantas acuáticas.

18.2.3. Mantenimiento semestral.

Los mantenimiento semestrales son más especializados y consisten en paradas de mantenimiento para la revisión de equipos, cambio de piezas o cambio de lubricantes.

18.2.3.1. Bomba Sumergible.

Se recomienda cambiar el lubricante y las piezas que presenten desgaste.

18.2.3.2. Estructuras metálicas.

Se debe agregar anticorrosivo y pintura de caucho clorado a todas las estructuras metálicas del sistema (escaleras, pasamanos, guías soportes).

18.2.3.3. Evacuación de Lodos.

Semestralmente (o en un intervalo de tiempo que signifique una acumulación de lodo aproximada a 50 cm) se debe realizar la evacuación del fango acumulado en la parte inferior de las lagunas. En esta celda, la evacuación se llevará a cabo por medio de un equipo de succión de presión tipo Vactor (Figura 47), donde los lodos serán transportados a la celda. Esta operación debe quedar debidamente registrada, con la fecha, el volumen de lodo extraído y laguna a la cual se le realizó el mantenimiento.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 47. Transporte de lodos tipo Vactor.



Fuente: custom-rebuilt.com.

18.2.4. Mantenimiento anual.

18.2.4.1. Tablero de control principal.

Se evaluará el estado de los diferentes sensores de los equipos y se realizará un análisis al tablero eléctrico y de control principal.

19. DISPONIBILIDAD DE INSUMOS .

En el tratamiento biológico, es crucial el control y la dosificación de bacterias para mejorar las remociones, así como del fósforo en forma de ácido fosfórico como macronutriente en el sistema de lagunas.

19.1. BACTERIAS ESPECIALIZADAS.

Las bacterias especializadas Biodydynamic 906 (Figura 48) poseen UFC superiores a 5 Billones y son usadas en el caso de que las bacterias naturales provenientes del sitio de disposición no sean suficientes en el proceso biológico de las lagunas. Esta dosificación se realiza al tanteo, lo cual implica que con la operación del sistema se decide si son o no necesarias y en cuanto proporción. Esas bacterias se dosifican en la caja de entrada de la laguna, donde pueden ser adicionadas por goteo, diluyendo la proporción decidida en una porción de agua (o incluso lixiviado) y ser adicionado de a pocos en la laguna.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Figura 49. Ácido Fosfórico de 85%.



Fuente: Dqisa.

Considerando entonces que este reactivo tiene una concentración de P₂O₅ del 65% y una densidad de 1.7 g/cm³, la dosificación resulta constante y depende del intervalo de tiempo en la cual será adicionada, la cual, se puede observar en la Tabla 9.


Tabla 9. Dosificación de H₃PO₄ al 85% en deferentes intervalos de tiempo.

H ₃ PO ₄ al 85%	
Intervalo	L
24 h	1,43
12 h	0,72
8 h	0,96

Fuente: Elaboración Propia.

Esta dosificación se debe realizar en la caja de entrada de la laguna, donde puede ser adicionada a choque o diluir la cantidad establecida en un volumen de agua

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

cualquiera (puede ser lixiviado), y ser suministrado de a pocos a lo largo del intervalo de tiempo establecido: ambas metodologías resultan ser válidas.

Se debe realizar un registro de la cantidad de reactivo adicionado a la laguna, con el objetivo de llevar un control estricto de la cantidad adicionada y la remanente en el almacén.

20. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES.


Se dispondrá de herramientas manuales y eléctricas para la limpieza de las unidades de tratamiento y reparaciones menores en los equipos de bombeo.

20.1. HERRAMIENTAS MANUALES.

- Se contará con dos palas plásticas estopas y bolsas para empacar y/o transportar pequeñas cantidades de lodos y sedimentos.
- Una regla de madera de 1 m para medición de altura de vertederos y el borde libre de las lagunas.
- Un balde graduado o probeta plástica de 1000 mL y un cronometro para las mediciones volumétricas de caudal.
- Un bisturí para cortar el geotextil en caso de ser requerido.
- Segueta, serrucho, mango cierra para el corte de tuberías de PVC.
- Para mantenimiento general cincel, maceta y flexómetro, nivel, palustre, martillo.
- Soga de Polipropileno náutica calibre 12mm x20m para sujeción de la bomba.
- Juego de llaves milimétrica y de pulgada para reparaciones menores en la bomba y válvulas.
- Hombre solo para llaves universales.
- Alicates y destornilladores para reparaciones menores en la bomba.
- Manguera para limpieza de tubería por sondeo.
- Canecas plástica la extracción y transporte de lodos.
- Brochas para las actividades de aplicación de anticorrosivo y pintura a las estructuras metálicas.
- Nasa para el retiro de sólidos en suspensión de las diferentes unidades de tratamiento.

20.2. HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS.

- Hidro lavadora a gasolina o eléctrica de 3000 psi que permite la limpieza de equipos y unidades de tratamiento.
- Voltímetro para el diagnóstico de las electrobombas y tableros eléctricos.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

21. SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL.

Las actividades a desarrollar durante la operación de la celda pueden generar situaciones de peligro y accidentes que incluso involucren vidas humanas e instalaciones productivas. Por estas razones se deben implementar actividades adecuadas que atiendan estas situaciones y disminuyan los riesgos de las operaciones. Estas acciones se materializan en el programa de salud ocupacional entendido como la planeación, organización, ejecución y evaluación de las intervenciones sobre las condiciones de salud (medicina preventiva y del trabajo) y de trabajo (higiene y seguridad industrial), tendientes a mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores en sus ocupaciones y a mantener las condiciones laborales que garanticen su bienestar y la productividad de la empresa.

21.1. CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO.

Antes de llevar a cabo una capacitación, el responsable de esta establece los contenidos de cada uno de los cursos a desarrollar. Para la definición de estos contenidos se deben definir los siguientes aspectos:


- Objetivos (Qué se pretende alcanzar con la capacitación).
- Alcance (Población a la que va dirigida la capacitación).
- Temarios (Temas a tratar).
- Competencias del capacitador (Requerimientos con los que deberá cumplir el capacitador).

En materia ambiental se tratarán temas relacionados a la legislación ambiental aplicable a la Empresa, plan de manejo ambiental, programa de monitoreo, plan de contingencias, impactos ambientales y afectación al entorno, control de vectores y enfermedades, formas de actuación durante la ejecución de las actividades, introducción a los principales problemas medioambientales actuales, programas de uso racional de los recursos en las actividades (agua, energía, papel), manejo de residuos peligrosos y sustancias químicas, manejo de residuos sólidos generados por la empresa, además de los temas relacionados con salud ocupacional y seguridad industrial.

21.1.1. Proceso de inducción.

Este proceso inicia con la inducción que realiza la Dirección de Recursos Humanos, en donde se explican aspectos como historia de la empresa, misión, visión, valores corporativos, políticas, entre otros, en donde se enfatiza la importancia de trabajar

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

en equipo, ya que éste enmarca el éxito de la gestión de cualquier área de la Empresa.

Como apoyo a este programa de deberá contar con Manual de Inducción elaborado por el operador, el cual contiene todos los aspectos corporativos, técnicos y de los sistemas de gestión que todo funcionario que ingrese a la empresa debe conocer; incluyendo la inducción en seguridad, salud ocupacional y ambiente (Identificación de riesgos y de aspectos ambientales, programa de gestión integral de residuos sólidos, rotulado y etiquetado sustancias químicas NTC 1692, programas de ahorro y uso eficiente de los recursos naturales y plan de emergencias).

21.1.2. Entrenamiento.

Además del proceso de inducción general, cada uno de los trabajadores debe contar con un proceso de entrenamiento específico para el cargo que va a ocupar en la compañía, con el fin de garantizar una ejecución segura de sus actividades.

Para respaldar esta actividad, se debe mantener un registro detallado del proceso de entrenamiento. Este registro incluirá los temas específicos abordados durante el entrenamiento, junto con sus objetivos, así como la persona responsable de impartir la formación al nuevo colaborador. Además, el registro deberá contar con las firmas correspondientes, que incluyen la del nuevo colaborador, su jefe inmediato y el o los facilitadores del entrenamiento.


21.1.3. Capacitaciones ambientales.

La empresa operadora tiene la responsabilidad de establecer y mantener actualizado un Plan de Capacitación, el cual debe ser revisado anualmente. Con base en este plan, se llevarán a cabo las capacitaciones ambientales, y cada curso ofrecido será debidamente documentado y registrado con todos los respaldos pertinentes. En el caso de capacitaciones brindadas por personal externo, la asistencia de los colaboradores se certificará mediante un registro o factura de pago

21.1.4. Inducción a contratistas.

Los contratistas que realizan labores en el sitio de disposición pueden tener distintas modalidades, ya sea permanente, temporal, puntual o de índole organizacional. Antes de iniciar cualquier actividad laboral en las instalaciones, todos los trabajadores bajo la responsabilidad de los contratistas deben participar en una

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

inducción integral sobre Seguridad, Salud Ocupacional y Gestión Ambiental. La validez de esta capacitación es anual, lo que implica que los trabajadores deben renovar su participación en la capacitación cada año para mantenerse actualizados en los aspectos fundamentales de seguridad y gestión ambiental.

21.2. MEDICINA PREVENTIVA Y DEL TRABAJO.


Todos los trabajadores deben estar debidamente afiliados a la Entidad Promotora de Salud (EPS) de su elección, dentro del marco del plan de medicina familiar. Además, en la Guía de Evaluaciones Médicas Ocupacionales, expedida por Ministerio de Salud (MSPS, 2023), establece las pautas para llevar a cabo evaluaciones médicas al momento del ingreso, de forma periódica y al momento del retiro. Esta guía también contempla evaluaciones médicas posteriores a incapacidades o relacionadas con el reintegro, con el objetivo de identificar condiciones de salud que puedan agravarse o interferir en la labor, así como aquellas que podrían afectar a terceros debido a circunstancias particulares.

21.2.1. Vigilancia Médica.

- **Exámenes pre - ocupacionales:** Se registrará la información pertinente al cargo a desempeñar por el trabajador de la empresa y se le informará al aspirante sobre los riesgos potenciales para el oficio.
- **Vacunación:** Cuando ingresa el personal, se le hace entrega de oficio de autorización para la aplicación de vacunas contra toxoide tetánico y hepatitis B. Cada año se realiza titulación Ac VHB después de la vacunación.
- **Exámenes periódicos:** Semestralmente se revisará la vigencia de las pruebas pre - ocupacionales y la aptitud para el cargo.
- **Exámenes de Retiro:** Se identificarán las condiciones de salud específicas incluidas en el ámbito de la vigilancia epidemiológica y se registrarán los cambios que puedan atribuirse a la exposición, al comparar el historial clínico ocupacional con las condiciones al momento del retiro.

21.2.2. Control sobre el foco contaminante.

- Implementar campañas educativas sobre el manejo seguro de residuos peligrosos.
- Reportar al generador (si se cuenta con evidencia) las condiciones en las que un residuo con características sujetas a vigilancia epidemiológica sea recepcionado.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

21.2.3. Actuación sobre el receptor.

- Formación e información al trabajador sobre los agentes biológicos a los que se expone durante la labor.
- Uso adecuado de los elementos de protección personal.
- Disposición en el lugar de trabajo de adecuadas medidas sanitarias, considerando el grupo de riesgo biológico correspondiente.
- Vigilancia médica y sanitaria y controlar la evolución de exposición del trabajador.
- Retroalimentación sobre actuación frente a posibles accidentes por contacto con material biológico.
- Prohibición de los trabajadores al consumo de alimentos, bebidas sin la debida desinfección.
- Esquema de vacunación propio de los contaminantes en este caso agentes biológicos persistentes en el lugar de trabajo.
- Implementación de medidas de higiene y asepsia personal.
- Lavado de overoles diario.
- Seguimiento clínico a trabajadores accidentados

Es crucial definir las categorías de exposición a las que se ven sometidos los colaboradores del proyecto así como la clasificación de agentes biológicos; esta información se encuentra consolidada en la Tabla 10 y Tabla 11, respectivamente.

Tabla 10. Tipo de exposición a riesgo biológico.

AREA	TIPO DE EXPOSICIÓN
Disposición final y mantenimiento, las cuales se ven afectadas por el almacenamiento de objetos cortopunzantes almacenados en los residuos sólidos para su disposición final por parte de la comunidad.	Contacto dérmico con sangre y otros fluidos corporales a través de salpicaduras o derrames.
	Punciones con objetos corto punzantes.
	Contacto directo respiratorio con virus, bacterias y demás agentes presentes en procesos de descomposición.
	Ingestión de microorganismos por manos contaminadas.

Fuente: Elaboración Propia.


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Tabla 11. Clasificación de agentes biológicos.

TIPO	CONSIDERACIÓN
Grupo 1	Poco probable de causar enfermedad en el hombre
Grupo 2	Puede causar enfermedad al hombre y suponer un peligro para los trabajadores, con poca probabilidad de que se propague a la colectividad. Existe profilaxis o tratamiento eficaz
Grupo 3	Puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un riesgo para la salud de los trabajadores, con riesgos de propagación a la colectividad.
Grupo 4	El que causando enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores con mucha probabilidad de que se propaguen a la colectividad. No hay profilaxis ni tratamiento eficaz.


Fuente: (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 2009).

21.3. HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL.

21.3.1. Reglamento de higiene y seguridad.

La empresa operadora deberá elaborar un reglamento de higiene y seguridad industrial de acuerdo con las normas emitidas por el Ministerio de la Protección Social (MPS, 1951). Para el contenido de dicho reglamento, se pueden usar los lineamientos establecidos por el artículo 108 del código sustantivo del trabajo, el cual incluye los siguientes items:

- I. Indicación del emperador y del establecimiento o lugares de trabajo comprendidos por el reglamento.
- II. Condiciones de admisión, aprendizaje y periodo de prueba.
- III. Trabajadores accidentales o transitorios.
- IV. Horas de entrada y salida de los trabajadores; horas en que inicia y termina cada turno si el trabajo se efectúa por equipos; tiempo destinado para las comidas y periodos de descanso durante la jornada.
- V. Horas extras y trabajo nocturno; su autorización, reconocimiento y pago.
- VI. Días de descanso legalmente obligatorios; horas o días de descanso convencional o adicional; vacaciones remuneradas; permisos, especialmente

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

lo relativo a desempeño de comisiones sindicales, asistencia al entierro de compañeros de trabajo y grave calamidad doméstica.

- VII. Salario mínimo legal convencional.
- VIII. Lugar, día, hora de pagos y período que los regula.
- IX. Tiempo y forma en que los trabajadores deben sujetarse a los servicios médicos que el empleador suministre.
- X. Prescripciones de orden y seguridad.
- XI. Indicaciones para evitar que se realicen los riesgos profesionales e instrucciones para prestar los primeros auxilios en caso de accidente.
- XII. Orden jerárquico de los representantes del empleador, jefes de sección, capataces y vigilantes.
- XIII. Especificaciones de las labores que no debe ejecutar el personal con condiciones especiales.
- XIV. Normas especiales que se deben guardar en las diversas clases de labores, de acuerdo con la condición de cada trabajador, con miras a conseguir la mayor higiene, regularidad y seguridad en el trabajo.
- XV. Obligaciones y prohibiciones especiales para el empleador y los trabajadores.
- XVI. Escala de faltas y procedimientos para su comprobación; escala de sanciones disciplinarias y forma de aplicación de ellas.
- XVII. La persona o personas ante quienes se deben presentar los reclamos del personal y tramitación de éstos, expresando que el trabajador o los trabajadores pueden asesorarse del sindicato respectivo.
- XVIII. Prestaciones adicionales a las legalmente obligatorias, si existieran.
- XIX. Publicación y vigencia del reglamento.


19.3.2. Etiquetado, rotulado y hojas de seguridad.

En el sitio de disposición deben estar disponibles las hojas de seguridad de materiales y productos. Estas deben encontrarse accesibles para cualquier operador en las áreas de almacenamiento y operación.

Las hojas de seguridad y el etiquetado de todos los productos utilizados en el interior deben cumplir con lo establecido por el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, el cual fue adoptado mediante el Decreto 1496 del 2018. Por lo tanto, en los procesos de inducción se deben abordar aspectos relacionados con la lectura e interpretación de este sistema.

Todos los centros de trabajo deben disponer de señalización clara que incluya indicadores de evacuación, precaución, seguridad y manipulación de sustancias y materiales peligrosos. Estos elementos de señalización deben ubicarse en lugares visibles y distribuirse estratégicamente en las instalaciones. Es imperativo que todo

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:


el personal que ingrese a trabajar en la empresa esté completamente familiarizado con las distintas áreas y sus respectivos riesgos, especialmente en situaciones donde exista la posibilidad de explosiones o incendios. Además, es esencial que los trabajadores conozcan los equipos permitidos en los diversos sitios de trabajo para garantizar un entorno laboral seguro y preparado ante cualquier contingencia.

19.3.3. Elementos de protección personal (EPP).


Tabla 12. Matriz de identificación de EPP.

Cargo	EPP	Especificaciones	Imagen
Operario de la celda de disposición final	Protección Respiratoria	Protección respiratoria libre mantenimiento material particulado N95	
Operario de la celda de disposición final	GUANTES	Guante HYCRON recubierto en NITRILO	
Operario de la celda de disposición final	Protección Visual	Gafas antiempañantes en Policarbonato, lente claro	
Operario de la celda de disposición final	Traje Impermeable	Traje impermeable con cinta reflectiva	
Operario de la celda de disposición final	Chaleco Reflectivo	Chaleco reflectivo	

Cualquier copia de este documento será considerada como “copia No Controlada” y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Operario de la celda de disposición final	BOTAS	Bota PVC con puntera en acero y suela antipinchazos	
Operario de la celda de disposición final	Delantal	Delantal en carnaza	
Operario de la celda de disposición final	Polainas	Polainas en Carnaza	
Operario de la celda de disposición final	Protección Facial	Careta completa multiusos con visor tipo burbuja antiempañantes	
Operario de la celda de disposición final	Protección Respiratoria	Pieza Respiratoria media cara	
Operario de la celda de disposición final	Protección Respiratoria	Par Cartuchos Vapores Orgánicos y Gases Ácidos	

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Operario de la celda de disposición final	Protección Respiratoria	Par Retenedores	
Operario de la celda de disposición final	Protección Respiratoria	Par filtros Material Particulado	
Operario de la celda de disposición final	Traje de seguridad para manejo de sustancias químicas	Traje desechable ·M 4510	
Operario de la celda de disposición final	Guantes	Guantes de Nitrilo Extralargo	


Fuente: Elaboración Propia.

Además de esto, se debe disponer para el personal una corriente o depósito de agua limpia y contar con jabón y toallas, preferiblemente desechables. También se debe disponer a la mano un botiquín que con el siguiente contenido:

- Esparadrapo
- Tijeras
- Algodón
- Pinzas
- Alcohol o agua oxigenada
- Repelente
- Disolución detergente desinfectante

Para otras actividades internas de mantenimiento, construcción y aseo, se debe tener acceso a los siguientes implementos:

- **Para aseo:** escoba, cepillo de mango largo, cepillo de acero y jabón detergente.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

- **Para labores de mantenimiento de instalaciones:** se requiere pintura de aceite, brochas, anticorrosivo y los adicionales.
- **Materiales de construcción en caso de reparaciones:** teflón, limpiador de PVC, Cemento, Pegante para PVC y tuberías en PVC de diferente diámetro.

22. PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA PARA EL MANEJO DE DESASTRES Y EMERGENCIAS.

La celda de disposición final debe tener un plan de emergencias y contingencias para el manejo de desastres y emergencias, siguiendo con los criterios establecidos por la Resolución 0154 de 2014.

22.1. RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADO.


Actualmente, en el sitio de disposición final Marmolejo, se realiza la recirculación de lixiviados generados en la actual zona de operación y en las zonas que ya han sido terminadas y cerradas. Por lo tanto, es una práctica totalmente conocida por el operador y el Municipio. Adicionalmente se cuenta con el concepto positivo de la corporación ambiental en cuanto que es posible hacer recirculación de lixiviados en la masa de residuos existente, sin necesidad de una autorización específica al respecto.

Ante una situación de inoperatividad del sistema de bombeo de lixiviados a la planta de tratamiento (lagunas), es posible realizar de forma temporal un bombeo de lixiviados para su recirculación en las zonas ya terminadas del sitio de disposición final; es decir, en las zonas 1, 2 y 3.

Para ello se debe cumplir con las siguientes condiciones:

22.1.1. Desde lo técnico – operativo.

- Identificar y documentar la situación que desencadena la situación de contingencia.
- Establecer el tiempo estimado que durará la contingencia.
- Determinar los recursos necesarios para atender y resolver la contingencia (equipos, herramientas, materiales e insumos, personal calificado y no calificado, etc.).
- Determinar las áreas en que se realizará la recirculación. Esto incluye su demarcación en planos específicos y la secuencia de movimiento de la descarga.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

- Valorar la condición de estabilidad del depósito de residuos, tanto de forma previa a la activación de la recirculación como durante el tiempo en que esta se realice y los 10 días posteriores a la terminación de esta operación.
- Establecer la línea de bombeo que suministrará la recirculación de forma independiente al paso por la planta de tratamiento de lixiviados (lagunas anaerobias y aerobias, mientras no se cuente con permiso de vertimiento).


22.1.2. Desde lo administrativo

- Presentar informe a la autoridad ambiental competente, así como al área ambiental de la administración municipal, con la declaración de la contingencia.
- Anexar el plan de trabajo para atender la contingencia conforme a lo determinado desde lo técnico – operativo.
- Establecer y ejecutar los mecanismos de soporte administrativo, financiero, legal y demás requeridos que permitan llevar a buen término el plan de contingencias mediante recirculación.
- Presentar informes de avance de las actividades de atención de la contingencia, indicando la efectividad de estas.


NOTA DE ADVERTENCIA:

En caso de realizar recirculación, la planta de tratamiento (lagunas) no debe ser usada para el bombeo desde la celda, toda vez que conllevará su rebose al no contar con una salida hacia el vertimiento (aún no está permitido por la autoridad ambiental) y por ende ocupar su capacidad disponible. Es decir, la planta de tratamiento de lixiviados debe quedar por fuera del sistema de recirculación.

CONTROL DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES			
Descripción	Cuantificación	Momento	Responsable
Mantenimiento del sistema	Una vez	Diario	Jefe de la planta de tratamiento de lixiviados de Marmolejo
Medición de caudales	Una vez	Diario	
Dosificación de macronutrientes	Una vez	Diario	

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Muestreos por laboratorio acreditado por el IDEAM	Una vez	semestre	
METAS		INDICADORES	
Cumplimiento de límites permisibles para no ARD de acuerdo con el resolución 631 de 2015 art 14	Incumplimiento de las concentraciones inferiores a los límites permisibles para no ARD art 14 <1		
RESPONSABLE DE LA VERIFICACIÓN			
Director del sitio de disposición Marmolejo			
REGISTROS (Evidencias)			
→ Resultados de los análisis de laboratorio de laboratorio acreditado por el IDEAM. → Dosificación de nutrientes y bacterias → Medición de caudales del sistema de tratamiento y operatividad del sistema de bombeo. → Registro de extracción de lodos de lagunas. → Registro de la operatividad del sistema de tratamiento. → Registros de parámetros de control mensual.			

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

23. BIBLIOGRAFÍA

Gonzalez Hoyos, N. d. (2017). *Arranque de un reactor anaerobio de flujo ascendente para el tratamiento de una corriente de lixiviados provenientes de un reactor UASB*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

IDEAM. (2023). <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/>. Obtenido de <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/>

Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. (2009). *Agentes biológicos. Evaluación simplificada - NTP 833*. Centro Nacional de condiciones de trabajo.

MADS. (2015). *Resolución 631 del 2015*. Bogotá D.C.: MADS.

Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (1991). *Depuración por lenguaje de aguas residuales. Manual de operadores*.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077 Unico Reglamentario del sector Vivienda Ciudad y Territorio. Título 2 Capítulo 1. Artículo 2.32.21.1 numeral 25*. Bogotá : MinVivienda.

MINTRANSPORTE. (2015). *Manual de Señalización Vial*. Bogotá D.C. : MINTRANSPORTE.


MPS. (1951). *Código sustantivo del trabajo*. Bogotá D.C.: MPS.

MSPS. (2023). *Guía para la realización de las evaluaciones médicas ocupacionales*. Bogotá D.C.: Minsalud - MSPS.

URBASER S.A. E.S.P. (2023). *Registro fotográfico URBASER - Tunja*. Tunja: URBASER.

URBASER TUNJA S.A. E.S.P. (2022). *PLAN DE EMERGENCIAS Y CONTINGENCIAS PARA EL MANEJO DE DESASTRES Y EMERGENCIAS ASOCIADOS A LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO*. Tunja, Boyacá: URBASER.

Von Sperling, M. (2007). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

ANEXO 1

LLENADO DE UNA CELDA DEL RELLENO SANITARIO ANDALUCÍA, EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:



Regional Eje Cafetero

PARQUE ECOLOGICO Y TECNOLOGICO ANDALUCIA

21 NOVIEMBRE 2023



Eje Cafetero - Relleno 2023

CELDA NORTE B

Protección de descargue



- Se instala una capa de negro verde reutilizado, adicionalmente una capa de geomembrana lisa, por donde se empieza la disposición de residuos, con la finalidad de proteger la geomembrana de fondo y que el material pueda bajar con menos fricción.

22

Eje Cafetero - **Relleno 2023**

Descarga inicial



Despeje de operación con Excavadora o Bulldozer



- Se inicia el descargue de los residuos en altura, realizando un despeje del patio de descarga con la excavadora o bulldozer dando tiempo de subir la cota de residuos.

Eje Cafetero - Relleno 2023

Acumulación de residuos



Acumulación de residuos



- Se dejan acumular los residuos hasta que se consiga llegar a la cota del patio de descarga, para luego de esto empezar a realizar el ingreso con el bulldozer o excavadora

Eje Cafetero - Relleno 2023

Disgregación y compactación



Conformación por franjas



- Se ingresa con el Bulldozer a disgregar y compactar residuos, conformando y distribuyendo en franjas cortas de 50 metros de largo por 7 metros de ancho, y adicionalmente buscando dar pendiente al costado norte donde se establece una berma para la evacuación de aguas lluvias.

Eje Cafetero - **Relleno 2023**

Cobertura terrea por franjas



- Se extiende material terreo con pendiente en sentido norte para evacuar aguas lluvias y evitar el aumento de lixiviado dentro de la celda.

Eje Cafetero - Relleno 2023

Cobertura terrea por franjas



- Se extiende material terreo con pendiente en sentido norte para evacuar aguas lluvias y evitar el aumento de lixiviado dentro de la celda.



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:



Eje Cafetero - **Relleno 2023**

Cobertura terrea por franjas




- Se extiende material terreo con pendiente en sentido norte para evacuar aguas lluvias y evitar el aumento de lixiviado dentro de la celda.

Eje Cafetero - **Relleno** 2023


Avance de celda Norte B



	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

ANEXO 2

FORMATOS

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

			LISTA DE CHEQUEO MENSUAL			Código: xxx	Versión 1 Página 1 de 1
Compactación	Fecha	Peso (kg)	Volumen (lt) agua	Responsable (Técnico Operador de celda)	Observaciones		
	Promedio mes:						
Área descubierta	Fecha	Vertical (m)	Horizontal (m)	Talud (m)	Responsable (técnico Operador de celda)	Observaciones	
	Promedio mes:						
Filtro de celda (Construidos)	Fecha	Tipo	Longitud (m)	Ancho y Alto	Responsable ((técnico Operador de celda)	Observaciones	
	Promedio mes:						
Chimeneas	Fecha	Cantidad	Responsable			Observaciones	
	Promedio mes:						
Rocería (Manejo paisajístico)	Fecha	M2 PODADOS POR SEMANA EN LA CELDA		Cantidad o medida	Responsable(técnico operador de bascula)	Observaciones	




**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

	Total mes:				
Otras obras	Fecha	Obra	Cantidad o medida	Responsable	Observaciones

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

	Caracterización de Residuos Sólidos	Código: xxxx	Versión 1
			Página 1/1

Lugar a Caracterizar			
Fecha		Hora de inicio de la caracterización	
Identificación del Vehículo Recolector			
Peso Neto de los residuos del vehículo recolector a caracterizar			

Tipo de Residuo	Peso (kg)
PAPEL	
CARTON	
VIDRIO	
PLASTICO RIGIDO	
PLASTICO PELICULA	
METAL	
TEXTIL	
ORGANICO	
INSERVIBLE	
RESIDUOS PELIGROSOS	
Total	

Observaciones	
Responsable	Supervisor de disposición final

Nota: Residuos Peligrosos domiciliarios (Biomédicos, lámparas, pilas, plaguicidas, tarros de aceite, solventes, drogas, trapos impregnados de aceite y/o cartuchos de impresora etc.)



**LLENADO DE CELDAS Y
TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN
LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

Versión 1

Código: xxxx

Página 1 de 1

CONTROL DE VECTORES Y OLORES

FECHA	PRODUCTO APLICADO (Plaguicidas o Odorizante)	CANTIDAD CONSUMIDA	LUGAR DE APLICACIÓN	DESCRIPCION DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN O OBSERVACIONES	FIRMA Y NOMBRE DEL APLICADOR



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

**CONTROL VISITANTES AL SITIO DE
DISPOSICIÓN**

Código: xxxx

**Versión:
1**

Página 1 de 1

FECHA	HORA ENTRADA	NOMBRE COMPLETO	CEDULA	EMPRESA O ENTIDAD	C A R G O	G.S. RH	E P S	MOTIVO DE LA VISITA	HORA SALIDA

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

DOSIFICACIÓN DE NUTRIENTES Y BACTERIAS

Código: xxxx

Versión 1

**Página
1/1**

Dosificación de ácido fosfórico

Fecha de inicio de semana (día/mes/año)	Volumen remanente del ácido fosfórico al 85% (Litros)	Volumen dosificado de ácido fosfórico por día (Litros)	Concentración de P-Total lixiviado (mg/L)	Se dosificó ácido fosfórico		Registro de novedad operativa
				Si	No	
Lunes						
Martes						
Miércoles						
Jueves						
Viernes						
Sábado						
Domingo						

Dosificación de Bacterias 906

Fecha de inicio de semana (día/mes/año)	Cantidad remanente de bacterias 906 (Kg)	Cantidad de bacterias suministradas por día (Kg)	Concentración de bacterias en el lixiviado suministradas (mg/L)	Se dosificó bacterias		Registro de novedad operativa
				Si	No	
Lunes						
Martes						

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

miércoles						
Jueves						
Viernes						
sábado						
Domingo						

Firma del supervisor del sistema de tratamiento



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

**MEDICIÓN DE CAUDALES DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO Y OPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE
BOMBEO**


Código: xxxx

Versión 1

Página 1/1

Fecha de medición (día/mes/año)	Turno en el que se realiza la medición	Entrada Laguna Anaerobia	Entrada Laguna Facultativa	Novedad en la operación de bombeo
		(L/s)	(L/s)	
Lunes	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			
Martes	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			
Miércoles	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			
Jueves	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			
Viernes	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			
Sábado	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			

Cualquier copia de este documento será considerada como "copia No Controlada" y será solo de carácter informativo, este documento puede ser obsoleto. Prohibida su reproducción parcial o total.

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

Domingo	6:00 AM - 1:59 PM			
	2:00 PM - 9:59 PM			
	10:00 PM - 5:59 AM			

Promedio Semanal en (L/s)		
------------------------------	--	--

Firma del supervisor del sistema de tratamiento _____



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:


NOVEDADES EN LA OPERACIÓN DE LA CELDA

Código: xxx

Versión 1


Página 1/1

FECHA	HORA	Tipo de Novedad (suspensión de la energía, lluvias (leves, moderadas o fuertes), desbordamiento de lixiviados, vehículo barado, etc)	Descripción de dificultades que genera la novedad	FIRMA
	Inicio:			
	Fin:			
	Inicio:			
	Fin:			
	Inicio:			
	Fin:			
	Inicio:			
	Fin:			
	Inicio:			
	Fin:			
	Inicio:			
	Fin:			
	Inicio:			
	Fin:			

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

			CONTROL OPERACIÓN BULDÓCER	Código: xxxx	Versión: 1 Página 1 de 1
FECHA	HORA DE INICIO	NOMBRE COMPLETO	CEDULA	HORA DE SALIDA	FIRMA

[illegible]

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

	REGISTRO DIARIO DE CONTROL OPERATIVO	Código: xxxx	Versión 1
			Página 1/1

Fecha de Registro (día/mes/año)												
Operario encargado de la Revisión												
Hora												
Incidencias	L	A	F	EF	L	A	F	EF	L	A	F	EF
Profundidad del agua (m)												
Profundidad del lodo (m)												
Espumas o flotantes												
Manchas de grasa												
Fangos flotantes												
Coloración												
Plantas en Taludes												
Erosión en taludes												
Infiltración de agua												
Insectos o larvas												
Insectos en el agua												
Roedores												
Olores desagradables												
Estado del Pozo												
Estado de Vertederos												
Estado de Tuberías												
OBSERVACIONES												
Operador												

Nomenclatura

L: Lixiviado que entra al sistema
A: Laguna Anaerobia
F: Laguna Facultativa
EF: Efluente Final que sale del sistema

Nota: Se deben llenar las casillas con la revisión diaria del sistema y avisar al supervisor cualquier anomalía

Firma del supervisor del sistema de
tratamiento _____



**LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE
LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN
MARMOLEJO**

Código:

Versión:

Fecha:

**REGISTRO DE PARAMETROS DE CONTROL
MENSUAL**

Código:
xxxx

Versión
1

Página
1/1


Fecha de medición (día/mes/año)	Unidad de tratamiento	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	P-Total (mg/L)	Novedad Operativa
	Entrada LA					
	Salida LF					

Fecha de medición (día/mes/año)	Unidad de tratamiento	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	P-Total (mg/L)	Novedad Operativa
	Entrada LA					
	Salida LF					

Fecha de medición (día/mes/año)	Unidad de tratamiento	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	P-Total (mg/L)	Novedad Operativa
	Entrada LA					
	Salida LF					

Fecha de medición (día/mes/año)	Unidad de tratamiento	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	P-Total (mg/L)	Novedad Operativa
	Entrada LA					
	Salida LF					

Fecha de medición (día/mes/año)	Unidad de tratamiento	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	P-Total (mg/L)	Novedad Operativa
------------------------------------	-----------------------	------------	----------------	------------	-------------------	-------------------


	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

	Entrada LA					
	Salida LF					

Nomenclatura

LA: Laguna Anaerobia	LF: Laguna Facultativa
----------------------	------------------------

Firma del supervisor del sistema de tratamiento _____

	LLENADO DE CELDAS Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN MARMOLEJO	Código:
		Versión:
		Fecha:

ANEXO 3

FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA

TSURUMI UNIVERSE

NHC Series

Submersible Sewage & Wastewater Pumps with Cutter Impeller

OPERATION MANUAL

INTRODUCTION

Thank you for selecting the Tsurumi NHC Submersible Sewage & Wastewater Pumps.

This equipment should not be used for applications other than those listed in this manual. Failure to observe this precaution may lead to a malfunction or an accident. In the event of a malfunction or an accident, the manufacturer will not assume any liability. After reading this Operation Manual, keep it in a location that is easily accessible, so that it can be referred to whenever information is needed while operating the equipment.

CONTENTS

1. BE SURE TO READ FOR SAFETY	1
2. PART NAMES.....	4
3. PRIOR TO OPERATION	4
4. INSTALLATION	5
5. ELECTRICAL WIRING	7
6. OPERATION.....	10
7. MAINTENANCE AND INSPECTION.....	12
8. DISASSEMBLY AND REASSEMBLY PROCEDURE	14
9. TROUBLESHOOTING	15




TSURUMI MANUFACTURING CO., LTD.

1 BE SURE TO READ FOR YOUR SAFETY


Be sure to thoroughly read and understand the SAFETY PRECAUTIONS given in this section before using the equipment in order to operate the equipment correctly.

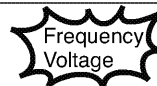
The precautionary measures described in this section are intended to prevent danger or damage to you or to others. The contents of this manual that could possibly be performed improperly are classified into two categories: **⚠ WARNING**, and **⚠ CAUTION**. The categories indicate the extent of possible damage or the urgency of the precaution. Note however, that what is included under **⚠ CAUTION** may at times lead to a more serious problem. In either case, the categories pertain to safety-related items, and as such, must be observed carefully.

- **⚠ WARNING** : Operating the equipment improperly by failing to observe this precaution may possibly lead to death or injury to humans.
- **⚠ CAUTION** : Operating the equipment improperly by failing to observe this precaution may possibly cause injury to humans and other physical damage.
- **NOTE** : Gives information that does not fall in the WARNING or CAUTION categories.
- **Explanation of Symbols:**




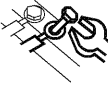

-  : The **⚠** mark indicates a WARNING or CAUTION item. The symbol inside the mark describes the precaution in more detail ("electrical shock", in the case of the example on the left).
-  : The **⊘** mark indicates a prohibited action. The symbol inside the mark, or a notation in the vicinity of the mark describes the precaution in more detail ("disassembly prohibited", in the case of the example on the left).
-  : The **⬤** mark indicates an action that must be taken, or instructs how to perform a task. The symbol inside the mark describes the precaution in more detail ("provide ground work", in the case of the example on the left).

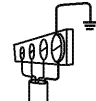
PRECAUTIONS TO THE PRODUCT SPECIFICATIONS


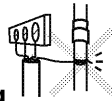














⚠ CAUTION	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Do not operate the product under any conditions other than those for which it is specified. Failure to observe the precaution can lead to electrical leakage, electrical shock, fire, or water leakage, etc.














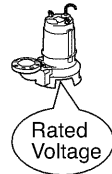






PRECAUTIONS DURING TRANSPORT AND INSTALLATION




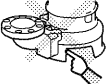


⚠ WARNING			
	<ul style="list-style-type: none"> ● When transporting the product, pay close attention to its center of gravity and mass. Use an appropriate lifting equipment to lift the unit. Improper lifting may result in the product damage, injury, or death. 		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Electrical wiring should be performed in accordance with all applicable regulations in your country. Absolutely provide a dedicated earth leakage circuit breaker and a thermal overload relay suitable for the product (available on the market). Imperfect wiring or improper protective equipment can lead to electrical leakage, fire, or explosion in the worst case. 		
			<ul style="list-style-type: none"> ● Install the product properly in accordance with this instruction manual. Improper installation may result in electrical leakage, electrical shock, fire, water leakage, or injury.
			<ul style="list-style-type: none"> ● Provide a secure grounding dedicated for the product. Never fail to provide an earth leakage circuit breaker and a thermal overload relay in your starter or control panel (Both available on the market). If an electrical leakage occurs by due to a product failure, it may cause electrical shock.





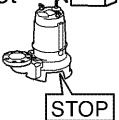



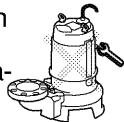


<div>⚠ CAUTION</div>					
	<ul style="list-style-type: none">● Be sure to provide a ground wire securely. Do not connect the ground wire to a gas pipe, water pipe, lightning rod, or telephone ground wire. Improper grounding could cause electrical shock.			<ul style="list-style-type: none">● Do not use the cabtyre cable if it is damaged. Connect every conductor of the cabtyre cable securely to the terminals. Failure to observe this can lead to electrical shock, short-circuit, or fire.	
	<ul style="list-style-type: none">● Do not scratch, fold, twist, make alterations, or bundle the cable, or use it as a lifting device. The cable may be damaged, which may cause electrical leakage, short-circuit, electrical shock, or fire.			<ul style="list-style-type: none">● Provide a countermeasure against overflow, like installation of a stand-by pump. If it is insufficient, the overflow may damage nearby wall, floor and other equipment.	
	<ul style="list-style-type: none">● Install the discharge piping securely so that no water leakage may occur. Failure to do so may result in damage to nearby walls, floors, and other equipment.			<ul style="list-style-type: none">● When the product needs to be carried by hand, decide the number of persons considering the mass of the product.	
	<ul style="list-style-type: none">● This pump is neither dust-proof nor explosion-proof. Do not use it at a dusty place or at a place where toxic, corrosive or explosive gas is present. Use in such places could cause fire or explosion.			<ul style="list-style-type: none">● If a hose is used for the discharge line, take a measure to prevent the hose from shaking. If the hose shakes, you may be wet or injured.	

PRECAUTIONS DURING TEST OPERATION AND OPERATION




 WARNING					
	<ul style="list-style-type: none">● Never try to operate the pump if somebody is present in the pump sump. If an electrical leakage occurs, it can cause electrical shock.			<ul style="list-style-type: none">● Never start the pump while it is suspended, as the unit may jerk and could lead to injury.	
	<ul style="list-style-type: none">● When changing power connection is needed to correct the direction of rotation, be sure to turn off the power supply (earth leakage circuit breaker, etc.), and perform the work after making sure that the impeller has stopped completely. Failure to do so may lead to electrical shock, short-circuit, or injury.			<ul style="list-style-type: none">● When inspecting the pump, be sure to turn off the power supply (earth leakage circuit breaker, etc.) so that the pump may not start accidentally. Failure to do so may lead to a serious accident.	
 CAUTION					
	<ul style="list-style-type: none">● Do not operate the product under any voltage other than described on the nameplate with the voltage tolerance limit within $\pm 5\%$. If it is operated with a generator, it is strongly suggested not to operate other equipment with the same generator. Failure to observe this caution may cause malfunction and breakdown of the product, which may lead to electrical leakage or electrical shock.			<ul style="list-style-type: none">● Do not touch the product with bare hands during or immediate after the operation, as the product may become very hot during operation. Failure to observe this caution may lead to be burned.	
	<ul style="list-style-type: none">● Do not use the product in a liquid other than water. Use in oil, salt water or organic solvents will damage it, which may lead to electrical leakage or electrical shock.			<ul style="list-style-type: none">● Do not run the product dry or operate it with its valve (sluice or gate valve) closed, as doing so will damage the product, which may lead to electrical leakage or electrical shock.	

⚠ CAUTION		
	<ul style="list-style-type: none"> Do not use the product for hot or warm liquid over 40°C, as doing so will damage the product, which may lead to electrical leakage or electrical shock. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Do not allow foreign objects (metal objects such as pins or wires) to enter the suction inlet of the pump. Failure to observe this caution could cause it to malfunction or to operate abnormally, which may lead to electrical leakage or electrical shock. 	<ul style="list-style-type: none"> When the product will not be used for an extended period, be sure to turn off the power supply (earth leakage circuit breaker, etc.). Deterioration of the insulation may lead to electrical leakage, electrical shock, or fire.  




PRECAUTIONS DURING MAINTENANCE AND INSPECTION

⚠ WARNING		
	<ul style="list-style-type: none"> Absolutely turn off the power supply before starting maintenance or inspection. Do not work with wet hands. Failure to observe these cautions may lead to electrical shock or injury.  	
	<ul style="list-style-type: none"> In case any abnormality (excessive vibration, unusual noise or odor) is found in the operation, turn the power off immediately and consult with the dealer where it was purchased or Tsurumi representative. Continuing to operate the product under abnormal conditions may result in electrical shock, fire, or water leakage.  	<ul style="list-style-type: none"> Do not disassemble or repair any parts other than those designated in the operation manual. If repairs are necessary in any other than the designated parts, consult with the dealer where it was purchased or Tsurumi representative. Improper repairs can result in electrical leakage, electrical shock, fire, or water leakage. 
⚠ CAUTION		
	<ul style="list-style-type: none"> After reassembly, always perform a test operation before resuming use of the product. Improper assembly can result in electrical leakage, electrical shock, fire, or water leakage. 	

PRECAUTION TO POWER OUTAGE

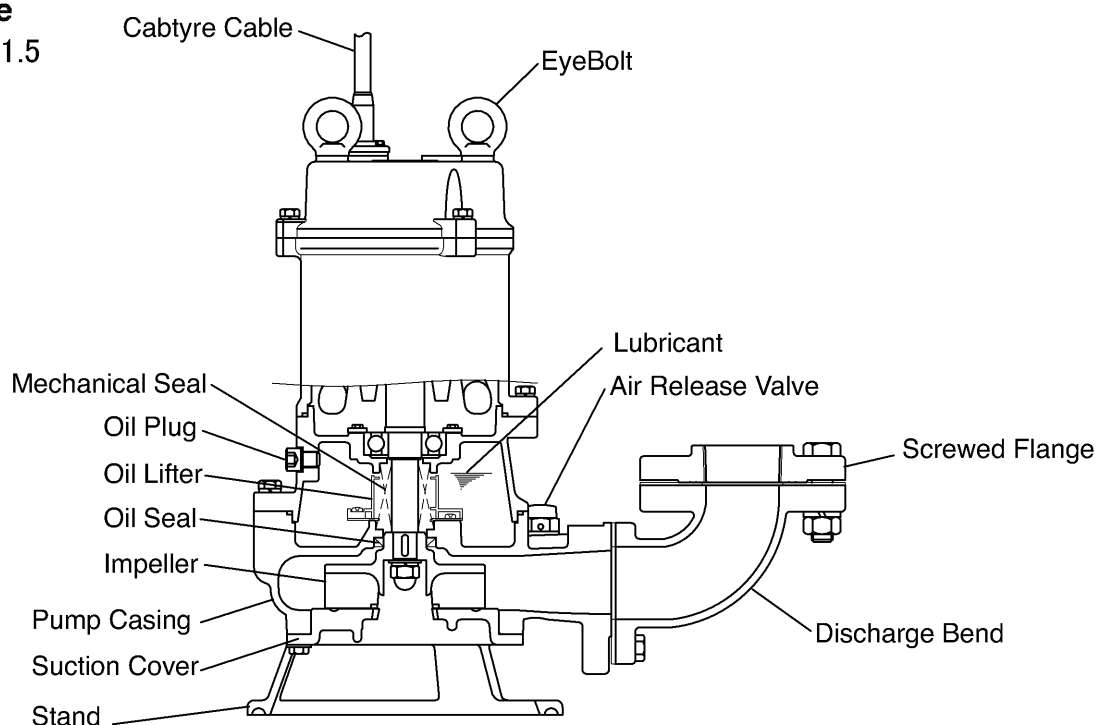
⚠ WARNING		
	<ul style="list-style-type: none"> In case of power outage, turn off the power supply. The product will resume operation when the power is restored, which presents serious danger to people in the vicinity. 	 

OTHER PRECAUTION

⚠ CAUTION		
	<ul style="list-style-type: none"> Never use the product for potable water. It may present a danger to human health. 	 

2 PART NAMES

Example 50NHC21.5



3 PRIOR TO OPERATION

After unpacking, verify the contents.

Product Inspection

Inspect the product for damage during shipment, and make sure all bolts and nuts are tightened properly.

Specification Check

Check the nameplate of the unit to verify that it is the product that you have ordered. Pay particular attention to its voltage and frequency specifications.

Example of nameplate

TSURUMI PUMP		SUBMERSIBLE PUMP	
No. ③		TSURUMI UNIVERSE	
MODEL ④		⑤ Hz	
H MAX. ⑥ m	H MIN. ⑦ m		
Q MAX. ⑧ m ³ /min	DN ⑨ mm		
U ⑩ ~	⑪	V	
I ⑫		A	
P ₂ ⑬ kW	INS. ⑭	T MAX. ⑮ °C	⑯
Wt ⑰ kg	N ⑱	min ⁻¹ ⑲	IP ⑲
TSURUMI MFG.CO.,LTD.			
Side View ROTATION		Top View ROTATION	
		(Built in motor protector) XXXXX	

1	Submersible pump	11	Rated voltage
2	Built in motor protector	12	Rated current
3	Serial number	13	Rated output power
4	Model	14	Insulation class
5	Frequency	15	Max. liquid temperature
6	Max. total head	16	Weight without cable
7	Min. total head	17	Speed of rotation
8	Max. flow rate	18	IP degree of protection
9	Discharge bore	19	Max. immersion depth
10	Phase	20	Direction of rotation

Accessory Check

Verify that all accessory items are included in the package.

■ Bend Type

- Discharge Bend (with bolts and packings) 1 set
- Screwed Flange (with bolts and packings) 1 set
- Operation Manual 1

■ Guide-Rail Type

- Guide Support (with bolts) 1 set
- Duck-Foot Bend (with bolts) 1 set
- Guide Hook (with bolts) 1 set
- Chain for lifting up/down the pump (with shackle) 1 set
- Guide Connector (with bolts) 1 set
- Screwed Flange *1 1 set
- Operation Manual 1

*1 : Some of the models are not provided.

Foundation Bolts are not provided.

Note: *If you discover any damage or discrepancy in the product, please contact the dealer where this equipment was purchased or the Tsurumi sales office in your area.*

Product Specifications



CAUTION

Do not operate this product under any conditions other than those that have been specified.

■ Major Standard Specifications

Applicable Liquids	Property	Waste water, sewage, and liquid carrying waste and solid matters ; 0 ~ 40°C
Pump	Impeller	Channel type (with Cutter Mechanism)
	Shaft Seal	Double Mechanical Seal
	Bearing	Shielded Ball Bearing
Motor	Specifications	Dry Type Submersible Induction Motor, 2-Pole
	Insulation	Class F
	Protection System (built-in)	Circle thermal protector (7.5kW max.) Miniature protector (11kW) Leak Sensor (Electrode) (11kW)
	Lubricant	Turbine oil VG32 (non-additive)
Discharge Connection		Special screwed flange (1.1kW max.) JIS10K flange (above 1.5kW minimum and guide-rail type)

4

INSTALLATION



CAUTION

- Do not use the pump for pumping liquids other than water, such as oil, salt water, or organic solvents.
- Use with a power supply voltage tolerance within $\pm 5\%$ of the rated voltage.
- The water temperature for operating the pump should be between 0 ~ 40°C. Failure to observe the precautions given above could cause the pump to malfunction, which may lead to current leakage or electrical shock.

Note: *To use the pump for a special solution, contact the dealer where it was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.*

■ Critical Use Pressure



CAUTION

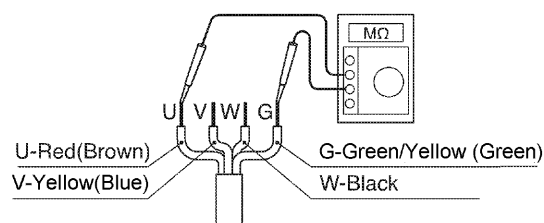
Do not operate the pump in an area that is exposed to a water pressure that exceeds the values given below.

Applicable Pump	Critical Use Pressure
Models with output of 1.1kW or under	0.2MPa(2kgf/cm ²) – discharge pressure during use
Models with output of 1.5kW or above	0.3MPa(3kgf/cm ²) – discharge pressure during use

Preparation for Installation

Use a megger to measure the resistance between each core of the cabtyre cable and the (green) ground wire to verify the insulation resistance of the motor.

Insulation resistance reference value = 20M Ω minimum



Note: The insulation resistance reference value of 20M Ω minimum is based on a new or repaired pump. For reference values of a pump that has already been put into operation, refer to "7. Maintenance and Inspection" of this manual.

Precautions During Installation

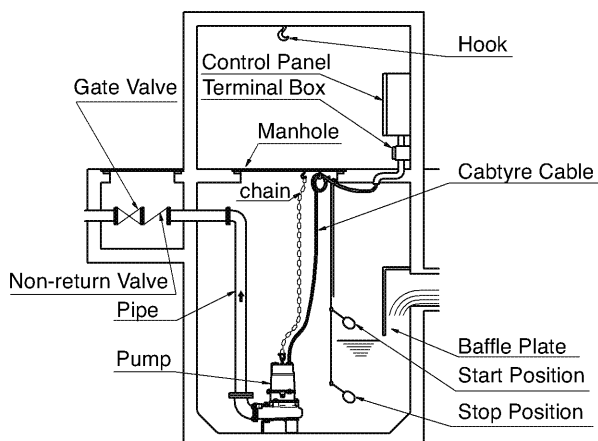
WARNING When installing the pump, be mindful of the pump's center of gravity and weight. If the pump is not suspended properly, the pump may fall and break, which may lead to injury.

CAUTION When installing or moving the pump, never suspend the pump by the cabtyre cable. Doing so will damage the cable, which may cause a current leakage, electrical shock, or fire.

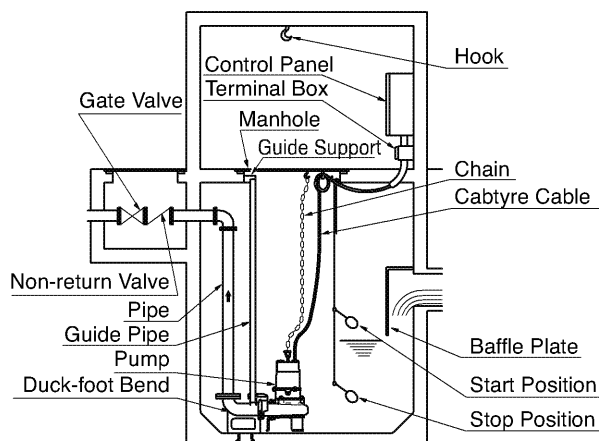
Refer to the installation examples illustrated below and pay attention to the points described below to install the pump.

CAUTION During piping work if the welding sparks, paint, or concrete come in contact with the pump, they could cause the pump to malfunction, which may lead to current leakage or electrical shock.

Free Standing Specification



Guide-Rail Specification



- (1) When transporting or installing the pump, do not kink the cabtyre cable or use it in place of a rope.
- (2) With the cabtyre cable lifted slightly, secure it to the hook (a hook must be prepared in advance by placing it on the frame of a manhole or the like).

CAUTION Do not operate the pump with the cabtyre cable dangling. Failure to observe this precaution may cause the cabtyre cable to become wrapped around the impeller, which could cut the cable, break the impeller, or cause flooding, which may lead to current leakage or electrical shock.

- (3) Install the pump on a horizontal and rigid surface such as concrete, in an area that is free from turbulence and does not cause the pump to take air in.
- (4) The area near the inlet of a water tank is susceptible to turbulence or allows the pump to take air in; therefore, place the pump and the float switch away from the inlet or install a baffle plate.
- (5) Properly perform piping work so as not to create any air pockets in the middle of piping.

CAUTION With automatic control, the sewage water in the pipe could flow backwards, causing the water surface control to react immediately. As a result, the pump will operate ON/OFF repeatedly, which could cause the pump to malfunction.

- (6) Install a non-return valve if the pump tank is deep, or if the vertical head or the lateral distance is long.

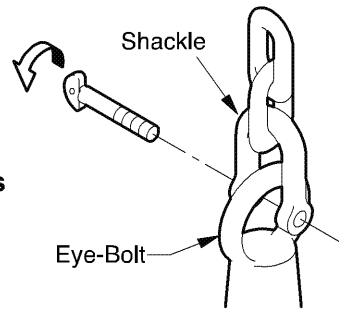
Attaching a Chain to Suspend the Pump

Refer to the illustration on the right in order to suspend the pump by a chain.



CAUTION

Make sure that the chain does not become twisted during installation. Failure to observe this precaution could cause the chain to break and the pump to fall and break, which could lead to injury. When you mount shackles, be also careful so that the eye-bolt (pin) may not get dislocated, by means of providing a stainless steel wire or tying band.



Note: To use the pump with the guide rail, refer to the separate operation manual entitled "Guide Rail".

5 ELECTRICAL WIRING

Electrical Wiring Work



WARNING

- All electrical work must be performed by an authorized electrician, in compliance with local electrical equipment standards and internal wiring codes. Never allow an unauthorized person to perform electrical work because it is not only against the law, but it can also be extremely dangerous.
- Improper wiring can lead to current leakage, electrical shock, or fire.
- Absolutely provide a dedicated earth leakage circuit breaker and a thermal overload relay suitable for the pump (available on the market). Failure to follow this warning can cause electrical shock or explosion when the product fails or an electrical leakage occurs.

Operate well within the capacity of the power supply and wiring.

Grounding



WARNING

Be sure to install the ground wire securely. Failure to observe this precaution could damage the pump and cause current leakage, which may lead to electrical shock.



CAUTION

Do not connect the ground wire to a gas pipe, water pipe, lightning rod, or telephone ground wire. Improper grounding could cause electrical shock.

Connecting the Power Plug



WARNING

Before inserting the power plug or connecting the wires to the terminal board, make sure that the power supply (i.e. circuit breaker) is properly disconnected. Failure to do so may lead to electrical shock, short, or injury caused by the unintended starting of the pump.



CAUTION

Do not use damaged cable cables, power plugs, or loose power outlets. Failure to observe this precaution could lead to electrical shock, short circuit, or fire.



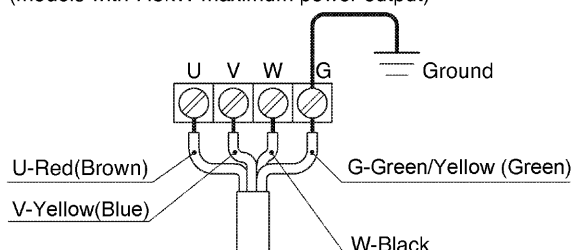
CAUTION

Route the control cable (S) away from the power cable as much as possible. Wiring them together will cause the pump to operate improperly.

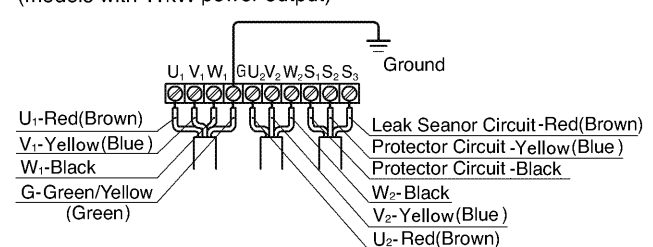
Follow the diagram on the right to connect the power.

When a three-phase power source is used, connect the leads to the control panel terminals as shown in the diagram, making sure they do not become twisted together.

Direct-on-line
(models with 7.5kW maximum power output)



Star-delta start
(models with 11kW power output)



SPECIAL NOTE FOR D.O.L STARTING

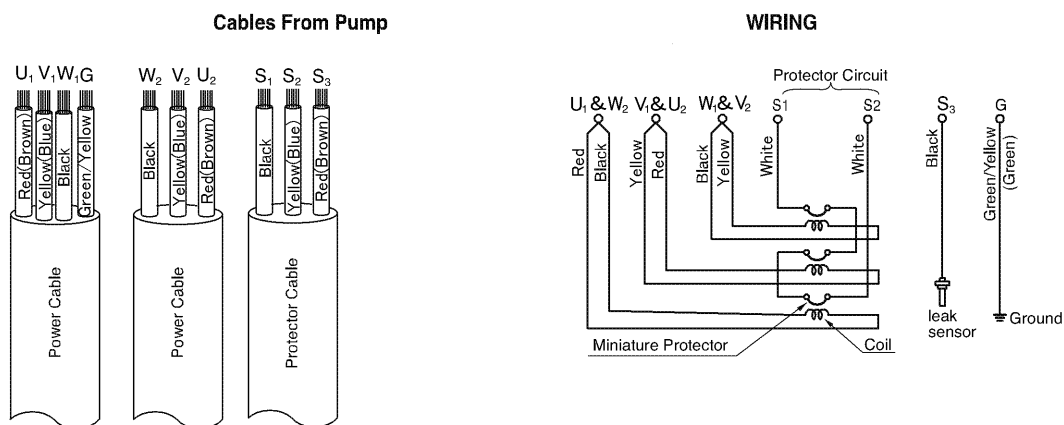


WARNING

The Star-delta start pump can be used as a direct-on-line, (across the line) start pump. To connect for D.O.L. start, please read following instruction carefully.

Example: 11kW models

(supplied with two power cables and one motor protector cable)



How to connect leads:

Connect lead wires U₁ (RED) and W₂(BLACK) to T1 in the control panel.

Connect lead wires V₁ (YELLOW) and U₂(RED) to T2 in the control panel.

Connect lead wires W₁ (BLACK) and V₂ (YELLOW) to T3 in the control panel.

Connect lead wires S₁ and S₂ for Miniature Thermal Protector Circuit in Series with the control circuit or control relay.

Note: Failure to connect the Miniature Thermal protection will void the warranty on the unit.



WARNING

All electrical work must be performed by an authorized electrician, in compliance with national and local electrical equipment standards and wiring codes. never allow an unauthorized person to perform electrical work because it is not only against the law, but it can be extremely dangerous.

Motor Protector

The pump is equipped with an internal motor protector.

1. Circle Thermal Protector:

If a current overload or overheating occurs under the symptoms given below, the pump will stop automatically to protect the motor regardless of the water level at the time of operation. Because the motor protector is designed to cancel itself automatically if it trips to stop the pump, remove the cabtyre cable from the terminal board and make sure to eliminate the cause of the problem, such as the following:

- Extreme fluctuation of power supply voltage
- Pump operated under overload condition
- Pump operated at open phase or binding condition

2. Miniature Protector

Embedded in the winding of the motor, the miniature protector's bimetal trips if the motor winding overheats for any reason. Upon receiving this signal, the current to the motor can be cut off through the use of an external starting panel or installing a dedicated electrical circuit in the control panel. When the motor's temperature decreases, the bimetal reverts automatically, but the restarting must be effected at the external starting panel or the control panel.

Note: *Tsurumi's miniature protector adopts a "normally closed" contact system in which the circuit opens when the protector trips (the circuit remains closed when normal). Also, make sure to install an external starting panel or a motor breaker or thermal relay in the control panel to protect the motor from overload. The motor can be protected from overload, open phase, or reverse phase condition by installing a 3E relay.*

3. Leak Sensor (Electrode)

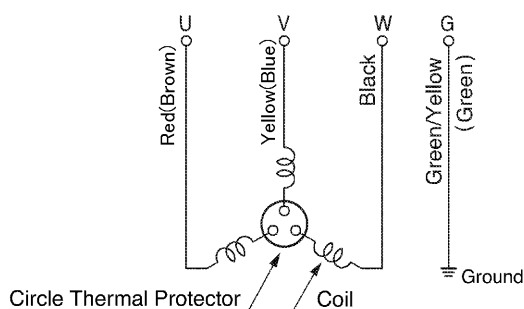
The pump stops automatically if water enters the oil chamber due to a worn mechanical seal, provided that a leak sensor electrode is installed in the oil chamber. This prevents the water from entering the motor. This electrode requires a dedicated circuit that uses a floatless relay.

Note: *Make sure to eliminate the cause of the problem if the motor protector has tripped. Do not operate the pump at unusually low head, or with the impeller clogged with debris. Doing so will not only prevent the pump from attaining its full potential, but may also generate abnormal noise and vibration and damage the pump.*

Electrical Circuit Diagrams

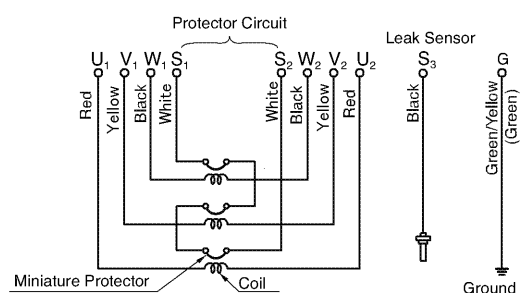
Direct-on-line (models with 7.5kW maximum power output)

Power Supply: Three-Phase



Star-delta start (models with 11kW minimum power output)

Power Supply: Three-Phase



6 OPERATION

Prior to Operation

- (1) Once again, check the nameplate of the pump to verify that its voltage and frequency are correct.

CAUTION Improper voltage and frequency of the power supply will prevent the pump from attaining its full potential, and may also damage the pump.

Note: Verify the specs on the pump's nameplate.

- (2) Check the wiring, power supply voltage, the capacity of the ground leakage circuit breaker, and the insulation resistance of the motor.

■ Insulation resistance reference value = 20MΩ minimum

Note: The insulation resistance reference value of 20MΩ minimum is based on a new or repaired pump. For reference values of a pump that has already been put into operation, refer to "Maintenance and Inspection".

- (3) Adjust the setting of the thermal relay (i.e. 3E relay) to the pump's rated current.

Note: Verify the rated current on the pump's nameplate.

Trial Operation

WARNING Never start the pump while it is suspended, as the pump may jerk and cause a serious accident involving injury.

- (1) Operate the pump for a short time (1 to 2 seconds) and verify the direction of the rotation of the impeller. Observe the pump unit from above, and if its recoil is in the counterclockwise direction, the direction of its rotation is correct.

CAUTION Make sure to check the pump's direction of rotation with the pump exposed to the atmosphere. Operating the pump in reverse while it is submerged in water will damage the pump, which may lead to current leakage and electrical shock.

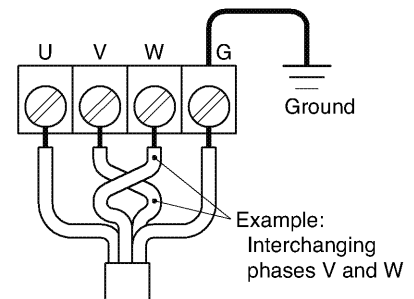
- (2) To reverse the rotation, the following countermeasures must be taken.

WARNING Before changing the connections for reverse rotation, make sure that the power supply (i.e. circuit breaker) is properly disconnected and that the impeller has stopped completely. Failure to observe this may lead to electrical shock, short, or injury.

COUNTERMEASURE

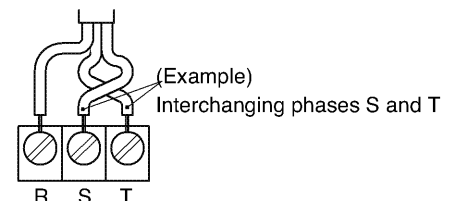
Direct-on-line starting

Interchange any two of the three wires designated U, V, and W, respectively.



COUNTERMEASURE

Star Delta starting Interchange any two of the three phases designated R, S, and T, respectively.

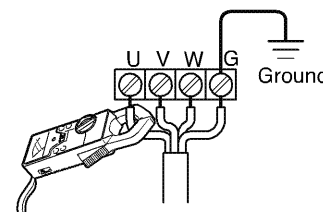


Note: This method cannot be used if the starting panel is equipped with a reverse-phase detector such as a 3E relay. If this is the case, contact the manufacturer of the starting panel, the dealer where the pump was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.

(3) Connect the pump to the pipe and submerge it in water.

(4) Operate the pump for a short time (3 to 10 minutes) and perform the following checks:

Using an AC ammeter (clamp), measure the operating current at the phases U, V, and W that are connected to the terminal board.

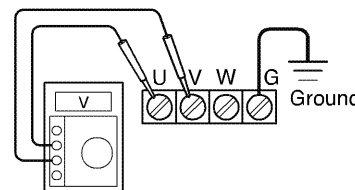


COUNTERMEASURE

Because an overload condition may be present at the pump motor if the operating current exceeds the rated current, follow the instructions in section "4. Installation" to operate the pump in the correct manner.

Using an AC voltmeter (tester), measure the voltage at the terminal board.

■ Power supply voltage tolerance = within $\pm 5\%$ of the rated voltage



COUNTERMEASURE

If the power supply voltage deviates from the variation value, the cause of the deviation may be the capacity of the power supply or the extension cable that is used. Refer to section "5. Electrical Wiring" to operate the pump in the correct manner.

CAUTION

In case the pump exhibits an abnormal condition (such as a considerable amount of vibration, noise, or smell), disconnect the power supply immediately and contact the dealer where you purchased the equipment, or Tsurumi's sales office in your area. If the pump continues to be used in the abnormal state, it may cause current leakage, electrical shock, or fire.

(5) Proceed with the normal operation if no abnormal conditions are found during the trial operation.

Operation

WARNING

The pump unit may be extremely hot during operation. To prevent burns, do not touch the pump unit with bare hands during or after the operation.

Pay attention to the water level during the pump operation. The pump will become damaged if it is allowed to operate dry.

Due to an overload operation or a pump malfunction, if the motor protector trips to stop the pump, make sure to eliminate the cause of the problem before restarting.

To operate a submersible pump (including automatic operation), set the water level so that the pump will operate at approximately the following rate: less than 5-6 times per hour on models with output of 3.7kW or less, and 3-4 times per hour on models with output of 5.5kW or more.

Note: A large amount of amperage flows when a submersible pump is started, causing the temperature of its windings to rise rapidly. Beware that a frequent stop-and-go operation of the pump will accelerate the deterioration of the insulation of the motor windings and thus affect the use life of the motor.

Operating Water Level

CAUTION

Do not operate the pump at the lowest water level longer than 30 minutes, as it could damage the pump, causing current leakage and electrical shock. For details on the lowest water level, refer to the dimension drawing, which is provided separately.

7 MAINTENANCE AND INSPECTION

Regular maintenance and inspection are indispensable to maintaining the pump's performance. If the pump behaves differently from its normal operating condition, refer to section "9. Troubleshooting" and take appropriate measures at an early stage. We also recommend that you have a spare pump on hand for an emergency.

Prior to Inspection



⚠ WARNING

Make sure that the power supply (i.e. circuit breaker) is disconnected and disconnect the cabtyre cable from the power outlet or remove it from the terminal board. Failure to do so may cause electrical shock or unintended starting of the pump, which may lead to serious accidents.

- ### (1) Washing the Pump

Remove any debris attached to the pump's outer surface, and wash the pump with tap water. Pay particular attention to the impeller area, and completely remove any debris from the impeller.

- ## (2) Inspecting the Pump Exterior

Verify that there is no damage, and that the bolts and nuts have not loosened.

Note: *If the pump must be disassembled for repair due to damage or loose bolts or nuts, contact the dealer where it was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.*

Daily and Periodic Inspection

Interval	Inspection Item
Daily	Measuring the operating current ■ To be within the rated current Measuring the power voltage ■ Power supply voltage tolerance = within ±5% of the rated voltage
Monthly	Measuring the insulation resistance ■ Insulation resistance reference value = 1MΩ minimum [NOTE] The motor must be inspected if the insulation resistance is considerably lower than the last inspection.
Semi-yearly	Inspection of lifting chain or rope ■ Replace if damage, corrosion, or wear has occurred to the chain or rope. Remove if foreign object is attaching to it.
Yearly	Inspecting oil ■ 6,000 hours or 12 months, whichever comes first
Once every 2 years	Changing oil ■ 9,000 hours or 24 months, whichever comes first Changing the mechanical seal [NOTE] The inspection and replacement of the mechanical seal requires specialized equipment. To have this operation performed, contact the dealer where this equipment was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.
Once every 2 to 5 years	Overhaul ■ The pump must be overhauled even if the pump appears normal during operation. Especially, the pump may need to be overhauled earlier if it is used continuously. [NOTE] To overhaul the pump, contact the dealer where it was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.

Note: Refer to section "Oil Inspection and Change Procedures" below for further detail.

Note: *In case the pumping liquid contains oil, paint, or slurry, it may cause the swelling of cable jacket or abrasion of the mechanical seal's sealing face, which will result in the pump fault, it is strongly recommended to inspect earlier.*

Storage

If the pump will not be operated for a long period of time, pull the pump up, wash the pump, allow it to dry, and store it indoors.

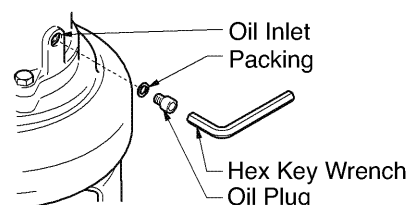
Note: *For reinstallation, be sure to perform a trial operation before putting the pump into operation.*

If the pump remains immersed in water, operate it on a regular basis (i.e. once a week).

Oil Inspection and Changing Procedures

Inspecting Oil

Remove the oil plug and take out a small amount of oil. The oil can be extracted easily by tilting the pump so that the oil filler plug faces downward. If the oil appears milky or intermixed with water, a likely cause is a defective shaft sealing device (i.e. mechanical seal), which requires that the pump be disassembled and repaired.



Specified Oil: Turbine Oil VG32 (non-additive)

Unit : ml

Changing Oil

Remove the oil plug and drain the oil completely. Pour a specified volume of oil into the oil filler inlet.

Applicable Model	Specified Volume
Model with 0.75~1.1kW power output	500
Model with 1.5kW power output	940
Model with 2.2kW power output	1,160
Model with 3.0kW power output	1,100
Model with 3.7kW power output	1,300
Model with 5.5kW power output	2,140
Model with 7.5~11kW power output	2,000

Note: *The drained oil must be disposed of properly to prevent it from being released into the sewer or rivers. The packing or the O-ring for the oil plug must be replaced with a new part at each oil inspection and change.*

■ Prior to Disassembly and Reassembly**WARNING**

Before disassembling and reassembling the pump, be sure that the power supply (i.e. circuit breaker) is disconnected, and remove the cabtyre cable from the outlet or the terminal board. Do not connect or disconnect the power plug with a wet hand, in order to prevent electrical shock. Do not perform an activation test (to check the rotation of the impeller) during disassembly and reassembly. Failure to observe this precaution could lead to a serious accident, including injury.

This section explains the disassembly and reassembly processes that are involved up to the replacement of the impeller itself. Operations involving the disassembly and reassembly of the sealing portion (i.e. mechanical seal) and of the motor require a specialized facility including vacuum and electrical test equipment. For these operations, contact the dealer where this equipment was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.

Disassembly Procedure

Note: *Before disassembling, be sure to drain the oil from the pump.*

- (1) Removing the stand and suction cover
Remove the hex bolts, and spring washers; then, remove the stand and suction cover and the packing from the pump casing.
- (2) Removing the impeller
Using a box wrench, remove the impeller nut and spring washer; then, remove the impeller and the impeller adjusting washer from the shaft.

Reassembly Procedure

Observe the precautions given below and reassemble the unit in the reverse order of disassembly.

Note: *After completing the reassembly, make sure to fill the pump with the specified amount of oil. The packings must be replaced with a new part. If any part is worn or damaged, make sure to replace it with a new part.*

After reinstalling the impeller or the suction cover, check that the impeller rotates smoothly and that there is no interference between the pump casing and the suction cover.

9 TROUBLESHOOTING

⚠ WARNING To prevent serious accidents, disconnect the power supply before inspecting the pump.

Read this Operation Manual carefully before requesting repair. After re-inspecting the pump, if it does not operate normally, contact the dealer where this equipment was purchased, or the Tsurumi sales office in your area.

Problem	Possible cause	Countermeasure
Pump fails to start; or, starts but stops immediately.	(1) No proper power is supplied (i.e. power outage). (2) Malfunction in automatic control (control panel) (3) Foreign matter is wedged in the propeller, causing the motor protector to trip. (4) Damaged motor. (5) Open circuit or poor connection of cabtyre cable. (6) Voltage drop due to the extension of cabtyre cable. (7) Malfunction in start float.	(1) Contact the electric power company or an electrical repair shop. (2) Have the cause investigated and repaired by a specialist. (3) Inspect the pump and remove the debris. (4) Repair or replace. (5) Replace or properly connect the cabtyre cable. (6) Shorten the extension cable or replace it with one with a larger size. (7) Remove obstacles and check the operation of the stop float.
Motor protector trips.	(1) Malfunction of motor (seizure or water damage). (2) A 50Hz unit is used at 60Hz. (3) Liquid temperature is too high. (4) Pump has been operating for a long time while being exposed to air. (5) Amperage overload. (6) The movement of the stop float is obstructed, causing the start float alone to perform the start and stop operations.	(1) Repair or replace. (2) Check the nameplate and replace the pump. (3) Lower the liquid temperature. (4) Stop the pump; then lower the water level. (5) Refer to the section on amperage overload. (6) Remove obstacles and check the operation of the stop float.
Pump operates but does not pump water.	(1) An air lock occurred in the pump. (2) The pump or the piping is blocked. (3) The piping is partially blocked or the valve is operating improperly. (4) The motor rotates in reverse.	(1) Stop momentarily and then restart; or, clean the air release valve. (2) Remove the blockage. (3) Remove the blockage, or repair or replace the valve. (4) Change the power supply connection.
Low pumping volume.	(1) The impeller or the pump casing is significantly worn. (2) Excessive piping loss. (3) Operating water level is too low, allowing pump to draw in air. (4) A 60Hz pump is used at 50Hz. (5) There is a leak in the piping. (6) The piping or the pump is clogged with debris.	(1) Repair or replace the affected part. (2) Re-examine the work plan. (3) Raise the water level or lower the pump position. (4) Check the nameplate and replace the pump. (5) Inspect and repair. (6) Remove the debris.
Amperage overload.	(1) Excessive imbalance in the power supply voltage. (2) Excessive voltage drop. (3) Phase interruption. (4) A 50Hz pump is used at 60Hz. (5) Motor rotates in reverse. (6) Pump is clogged with debris. (7) Motor bearing is damaged.	(1) Contact the electric power company or an electrical repair shop. (2) Contact the electric power company or an electrical repair shop. (3) Inspect the connections and the magnetic switch. (4) Check the nameplate and replace the pump. (5) Change the connection of the power wires. (6) Remove the debris. (7) Disassemble the motor and replace the bearing.

The following information is required when ordering repairs or making other inquiries.

Product model	
Manufacturing number	
Purchase date	
Remarks	

Disposal of Product

Properly dispose of the product by disassembling it, presorting the contents, and sending them to the waste material treatment site.