

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS EN OPERACIONES DE EXPLORACION DE PETRÓLEO CRUDO  
Y GAS NATURAL**

**JORGE ENRIQUE SANCHEZ CAMPOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2013**

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS EN OPERACIONES DE EXPLORACION DE PETRÓLEO CRUDO  
Y GAS NATURAL**

**JORGE ENRIQUE SANCHEZ CAMPOS**

**Monografía para obtener el título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director**

**ESP. FABIAN ALBERTO VARGAS ORTIZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

**El autor expresa sus más grandes agradecimientos a:**

Ing. Fabián Alberto Vargas Ortiz, Director del trabajo de grado, por su apoyo comprensión, acompañamiento y valiosas orientaciones.

A ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. por el trabajo de campo, Especialmente al Ing. Fabián Boyano, por su colaboración y aporte al conocimiento.

A todos mis profesores que me compartieron sus ideas, conocimiento y dedicación, me entregaron su tiempo y experiencia, permitiéndome elaborar este documento.

A mis compañeras y compañeros de clase, que siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos, experiencia y valores, dejando una huella entrañable en mi corazón.

A todas aquellas personas que se encuentran en el anonimato, que me ofrecieron su ayuda, experiencia y conocimiento, y que de alguna u otra forma favorecieron el desarrollo de este proyecto, infinitas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA	19
1.1.1 Formulación del problema.	21
1.2. DELIMITACION	21
1.2.1 Delimitación Espacial.	21
1.2.2 Delimitación Temporal	22
2. MARCO REFERENCIAL	23
2.1. MARCO CONCEPTUAL	23
2.2. MARCO CONTEXTUAL	31
2.3. MARCO LEGAL	31
2.4. MARCO TEÓRICO	37
2.4.1. Clasificación de las aguas residuales	37
2.4.1.1. Aguas residuales Industriales	38
2.4.1.2. Aguas residuales domésticas	38
2.4.2. Clasificación de las aguas residuales doméstica	38
2.4.3. Impactos Ambientales significativos	38
2.4.4. Los Parásitos y la importancia de los procesos de desinfección	40
2.4.5. Los detergentes sintéticos	41
2.4.6. Tratamiento de aguas residuales domésticas	42
2.4.7. Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas	42
2.4.7.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales.	44
2.4.7.2. Vertimientos	45
3.1. TIPO DE ESTUDIO	46
3.2. DISEÑO	46
3.4. POBLACION Y MUESTRA	47
3.5. FUENTES DE INFORMACION	47

3.5.1. Información Primaria	47
3.5.2. Información Secundaria.	47
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección.	47
4. ELABORACION DE LA GUIA	49
4.1. PLANEACION	50
4.1.1. Personal competente	50
4.1.2. Características y requerimientos del proyecto	50
4.1.3. Agua uso del campamento	51
4.1.4. Especificaciones técnicas de la planta de tratamiento de aguas (PTAR)	51
4.1.5. Planta de tratamiento de aguas residuales	51
4.1.6. Área del proyecto	52
4.1.7. Plan de contingencia	52
4.2. MOVILIZACION	53
4.2.1. Alistamiento logística	53
4.2.2. Movilización	53
4.3. ARME	54
4.3.1. Medidas de Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente	54
4.3.2. Instalación planta de tratamiento de agua potable	55
4.3.3. Instalación planta de tratamiento de agua residual	55
4.3.4. Instalación líneas de agua potable para uso del campamento	56
4.3.5. Instalación red de conducción aguas residuales del campamento	56
4.4. OPERACIÓN	57
4.4.1. Consumo agua del campamento	57
4.4.2. Programa de aprovechamiento y uso eficiente del agua	57
4.4.3. Operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas	58
4.4.4. Monitoreo y pruebas de laboratorio	59
4.4.5. Vertimientos	60
4.4.6. Auditorios internas en gestión ambiental	60
4.5. DESARME	61
4.5.1. Cierre del sistema	61

4.5.2. Desconexión y desmonte líneas de agua potable del campamento	61
4.5.3 Desconexión y desmonte líneas de conducción de aguas residuales	61
4.5.4 Trasiego de la PTAR doméstica al sistema de tratamiento de agua residual industrial del pozo	62
4.5.5 Aseguramiento de los elementos y equipos del sistema de tratamiento	62
4.5.6 Manejo de baños móviles	63
4.5.7 Entrega área campamento	63
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	68

## LISTA DE TABLAS

	<b>PÁG.</b>
Tabla 1 . Cronograma de Ejecución.....	22
Tabla 2. NORMA PARA LAS DESCARGAS ORGANICAS SEGÚN DECRETO 1594 DE 1984 .....	33
Tabla 3. PARAMETROS FISICOQUIMICOS A MONITOREAR Y SUS VALORES LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES.....	34
Tabla 4 CONTAMIANTES DEL AGUA RESIDUAL.....	39

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Clasificación de las aguas residuales .....	37
Figura 2 Clasificación de las aguas residuales doméstica .....	38
Figura 3 COMPOSICION MEDIA LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ....	42
Figura 4. Estructura de la Guía .....	49
Figura 5 Propuesta reuso aguas grises .....	58
Figura 6 Modelo de instalación .....	58

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1 <i>Pozo durante la operación de perforación</i> .....	49
Fotografía 2 <i>Técnico planta tratamiento</i> .....	50
Fotografía 3 <i>Suministro de agua</i> .....	51
Fotografía 4 <i>Punto de captación de agua</i> .....	51
Fotografía 5 <i>Vista Lateral PTAR</i> .....	51
Fotografía 6 <i>Vista Frontal PTAR</i> .....	51
Fotografía 7 <i>Inspección Locación</i> .....	52
Fotografía 8 <i>Vista aérea campamento</i> .....	52
Fotografía 9 <i>Fallas del sistema</i> .....	52
Fotografía 10 <i>Control fugas del sistema</i> .....	52
Fotografía 11 <i>Plantas de tratamiento</i> .....	53
Fotografía 12 <i>Inventario accesorios</i> .....	53
Fotografía 13 <i>Movilización Planta de tratamiento de agua residual</i> .....	53
Fotografía 14 <i>Descargue e instalación campamento según layout</i> .....	53
Fotografía 15 <i>Planta de tratamiento de agua potable</i> .....	55
Fotografía 16 <i>Adecuación área del campamento</i> .....	55
Fotografía 17 <i>Instalación PTAR Red-Fox</i> .....	55
Fotografía 18 <i>Caja de captación PTAR</i> .....	55
Fotografía 19 <i>Tendido tubería agua potable</i> .....	56
Fotografía 20 <i>Conexión de tuberías</i> .....	56
Fotografía 21 <i>Conducción aguas negras</i> .....	56
Fotografía 22 <i>Conducción aguas grises</i> .....	56
Fotografía 23 <i>Suministro de agua potable para uso del campamento</i> .....	57
Fotografía 24 <i>Red-Fox y Batería Baños</i> .....	57
Fotografía 25 <i>Programa de Capacitación</i> .....	57
Fotografía 26 <i>Funcionamiento PTARD</i> .....	58
Fotografía 27 <i>Operación PTARD</i> .....	58

Fotografía 28 Monitoreo en la entrada.....	59
Fotografía 29 Monitoreo en la planta .....	59
Fotografía 30 Monitoreo en la Salida .....	59
Fotografía 31 Toma de muestras.....	59
Fotografía 32 Análisis Fisicoquímico .....	59
Fotografía 33 Análisis de pH.....	59
Fotografía 34 Vertimiento en vías .....	60
Fotografía 35 Vertimiento por aspersión.....	60
Fotografía 36 Auditoria Ambiental a PTAR .....	60
Fotografía 37 Inspección /Verificación .....	60
Fotografía 38 Cierre y purga del sistema.....	61
Fotografía 39 Tratamiento ultima carga .....	61
Fotografía 40 Área de Operaciones.....	62
Fotografía 41 FrackTank.....	62
Fotografía 42 Aseguramiento PTAP .....	62
Fotografía 43 Aseguramiento PTAR .....	62
Fotografía 44 <i>Baños móviles</i> .....	63
Fotografía 45 <i>Asistencia Baños móviles</i> .....	63
Fotografía 46 Limpieza área campamento .....	63
Fotografía 47 Entrega de la locación .....	63

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. ESPECIFICACIONES TECNICA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE PARA USO DE CAMPAMENTO.....	68
Anexo B. INSTRUCCIONES DE MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE .....	69
Anexo C. ESPECIFICACIONES TECNICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA ANALIZADA.....	73
Anexo D. INSTRUCCIONES DE MANEJO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA USO DE CAMPAMENT MOVILES.	76

**TITULO:** ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN OPERACIONES DE EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO CRUDO Y GAS NATURAL

**AUTOR:** Jorge Enrique Sánchez Campos

**PALABRAS CLAVES:** Agua, Aprovechamiento, Exploración, Impacto, Operaciones, Prevención, Responsabilidad, Tratamiento, Vertimiento.

**CONTENIDO:**

La economía del país ha catapultado grandes proyectos a nivel nacional, la industria petrolera no ha sido la excepción, de hecho en los últimos años la exploración de petróleo crudo y gas natural, ha triplicado sus operaciones, y es allí donde se concentra importantes retos en el diseño y puesta en marcha de estrategias ambientales para la conservación y uso eficiente de los recursos naturales, en especial el hídrico; pues la demanda de agua en este sector es significativa, involucrando comunidades vulnerables y ecosistemas frágiles. Como resultado de ello las aguas residuales se deben tratar adecuada y de forma responsable, para mitigar los impactos ambientales que de ella se deriven; este interés motivó a observar cuidadosamente el manejo de las aguas residuales domésticas que derivan por la instalación y utilización de campamentos móviles durante los proyectos de perforación de hidrocarburos, generando una ruta metodológica que dirijan sus esfuerzos en el desarrollo de la política ambiental refiriéndose al uso eficiente y tratamiento pertinente de las aguas servidas generadas en estos proyectos, afianzando buenas prácticas en su manejo y posterior vertimiento de las aguas tratadas sin afectación al medio ambiente ni a comunidades vecinas, así lo reza el marco normativo en Colombia.

El uso de herramientas metodológicas, no solo permitirá trazar la ruta para el manejo adecuado de las aguas residuales domésticas en campo, sino ampliar los conceptos y prácticas en las diferentes etapas del proyecto desde la planeación, movilización, arme, operación y desarme de equipos, con el fin de revisar y parametrizar en futuros estudios el manejo de las aguas residuales industriales. Respetar el medio ambiente y las comunidades debe ser una prioridad en la industria y ello se consigue trabajando responsablemente y de forma sostenible.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físicoquímica. Escuela de Ingeniería Química. Director: Esp. Fabian Alberto Vargas Ortíz

**TITLE:** DEVELOPMENT OF A GUIDE FOR DOMESTIC WASTEWATER MANAGEMENT IN EXPLORATION OPERATIONS OF CRUDE OIL AND NATURAL GAS

**AUTHOR:** Jorge Enrique Sanchez Campos

**KEYS WORDS:** Water, Guide, Impact, Inspection, Operations, Prevention, Liability, Treatment,

**CONTENTS:**

The country's economy has catapulted large national projects, the oil industry has been not exception, in fact in recent years the exploration of crude oil and natural gas, has tripled its operations, and it is there that focuses on major challenges the design and implementation of environmental strategies for the conservation and efficient use of natural resources, especially water, for water demand in this sector is significant, involving vulnerable communities and fragile ecosystems. As a result wastewater should be treated appropriately and responsibly, to mitigate the environmental impacts arising from it, this interest led to carefully observe the management of domestic wastewater arising from the installation and use of mobile camps projects during oil well drilling, generating a methodological route to direct their efforts in the development of environmental policy referring to the efficient and appropriate treatment of the sewage generated in these projects, strengthening good practice in handling and subsequent dumping of treated water without damage to the environment or surrounding communities, so goes the regulatory framework in Colombia.

The use of methodological tools, not only will trace the route to the proper management of domestic sewage in the field, but to extend the concepts and practices in the different stages of the project from planning, mobilization, build, operation and dismantling of equipment, to review and parameterised in future studies the management of industrial wastewater. Respect the environment and communities must be a priority in the industry and this is achieved by working responsibly and sustainably.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty of the Physico Chemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Esp. Fabian Alberto Vargas Ortiz

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una guía para el manejo de aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento durante la perforación de pozos de petróleo crudo y gas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Proporcionar a las empresas del sector una herramienta de consulta que contenga los criterios, lineamientos y orientaciones de carácter general sobre el manejo de las aguas residuales domésticas en las etapas de planeación, movilización, arme, operación y desarme del área de campamento en las campañas de explotación de yacimientos de petróleo crudo y gas en el territorio nacional.
- Elaborar una ruta metodológica que optimice, agilice, y sea efectiva la gestión de cada uno de los procesos que intervienen en el manejo de las aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento durante el desarrollo de las etapas del proyecto.
- Simplificar las dificultades que se presentan en el manejo, tratamiento y vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en campamento durante las operaciones de perforación de pozos de petróleo crudo y gas, dando solución a cada uno de los requerimientos legales que en materia de vertimiento se cumpla.

## JUSTIFICACION

El propósito de este estudio es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en el manejo de las aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento durante las operaciones de perforación de pozos de petróleo crudo y gas, construyendo una herramienta que garanticen el desarrollo del proyecto los vertimientos de dichas aguas con los parámetros de ley exigidos.

Es inaceptable que proyectos en el sector de petróleo, que demanda una logística significativa, un trabajo de planeación minucioso, integran procesos operacionales sostenibles, con altos estándares internacionales, gran compromiso social y ambiental; no se identifiquen o controlen las deficiencias en los requerimientos de saneamiento básicos ambiental como es el caso el manejo de las aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento; Por ello en búsqueda de este propósito se plantea facilitar a través de una herramienta práctica, garantizar acciones en las etapas de planeación, movilización, arme, operación y desarme del campamento, el montaje y puesta en operación, el sistema para el manejo apropiado de las aguas residuales domésticas que demandan este tipo de operaciones.

De esta manera mejorará el desempeño en gestión ambiental durante la ejecución de estos proyectos con resultados destacables en procesos de auditorías, y sistemas de gestión, garantizando operacionalmente su optimo funcionamiento y el cumplimiento de sus vertimientos bajo los parámetros de ley y certificar al personal competente y capacitado en buenas prácticas de manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizadas en estos proyectos, logrando así resultados positivos y su optimización en el proceso.

## INTRODUCCION

En la actualidad se viene presentando un auge importante en los trabajos de exploración de campos de petróleo crudo y gas, en esa misma medida el cuidado del medio ambiente y de sus recursos es parte importante dentro de la sostenibilidad de los proyectos; el recurso agua y su manejo es clave en el desarrollo y evolución de la industria. Con el interés de aportar una solución a las dificultades que se han encontrado en campo durante las campañas de perforación de pozos de petróleo, se realizó una guía que permitiera identificar puntos críticos en la instalación del campamento y que replicaran en el manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas, facilitando el cuidado en el tratamiento y vertimiento de las mismas.

La filosofía de la guía es un referente de carácter técnico, al igual que un instrumento de consulta y orientación en el manejo de las aguas residuales domésticas, enmarcado la política ambiental de la organización, donde contiene lineamientos conceptuales, metodológicos y procedimentales para el manejo adecuado de las aguas residuales domésticas generadas en campamento durante las campañas de perforación de pozos de petróleo crudo y gas.

Esta herramienta junto con el enorme material con que se cuenta en la actualidad, busca fortalecer la planeación, manejo y control ambiental en la mitigación de los impactos que de ella se derive; buscando unificar criterios de manejo evaluación de acuerdo a las exigencias de cada proyecto. De la misma forma traza una hoja de ruta donde se establecen los criterios a tener en cuenta durante el desarrollo de buenas prácticas en el manejo de las aguas residuales domésticas del campamento, promoviendo la autogestión y autorregulación del proyecto de perforación.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA**

En los últimos años se han triplicado las operaciones de las empresas que realizan actividades exploratorias en el sector petrolero, en especial perforación y servicio a pozos, esto demanda de un número importante de profesionales, logística y equipos movilizados en campo; durante el desarrollo de estos proyectos el recurso agua es esencial para los avances del mismo, que comúnmente se encuentran en ecosistemas frágiles, rodeados de comunidades vulnerables.

Las empresas involucradas en el afán de avanzar en sus operaciones se topan con inconvenientes como es el manejo de las aguas residuales del campamento, que aun cuando son conceptos y practicas básicas en saneamiento ambiental no son aisladas a las operaciones explícitas del negocio, descuidando y dejando en segundo plano la atención necesaria que esto demanda; Preocupadas por desarrollar mejoras que optimicen su gestión y cumpla con los compromisos ambientales explícitos en la licencia ambiental del proyecto, su política, normatividad vigente y compromisos contractuales con el cliente, se ha logrado detectar diferentes factores que demandan su recurrencia en malas prácticas en el manejo de las aguas residuales domésticas, evidenciándose en:

- Algunos métodos para la toma de los registros no son exactos, de la misma forma sus registros no son actualizados oportunamente.
- El consumo percapita en los proyectos ejecutados es excesivo frente a la demanda en otros proyectos similares, lo que se evidencia que no hay un uso eficiente del agua del campamento, ni aprovechamiento del recurso.
- Los reportes de datos referidos a la demanda de agua del campamento por proyecto son imprecisos, así mismo estadísticos frente a este tema.

- Se ha detectado imprecisiones en los datos del agua consumida por el campamento y el agua tratada y vertida, lo que da la sensación de una falta de control en al monitorear las aguas tratadas.
- Evidencias de una incorrecta operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, por desconocimiento o falta de entrenamiento adecuado.
- Según auditorias, no se cuenta con todas las actas de vertimiento de aguas residuales que el proyecto demanda y/o existe alguna imprecisión en ellas.
- Es evidente la disposición de una persona competente que se responsabilice del manejo de las aguas residuales, su tratamiento y disposición final, así como el aprovechamiento de dicho recurso.
- Pérdida de tiempo por falta de planeación, no disponibilidad de recursos necesarios para el buen funcionamiento del sistema ante una contingencia.
- El mantenimiento del sistema de tratamiento de agua residual es deficiente, no se controlan las fugas del sistema, ni se hace seguimiento.
- Se mezclan las aguas grises con las negras, por tanto el volumen de agua contaminada por material orgánica es mucho mayor y el proceso demanda de más tiempo para su tratamiento, factor que en muchos casos la demanda de la planta aumenta, obligando a buscar otros mecanismos de apoyo, de la misma forma aumenta considerablemente el consumo de agua del campamento.
- No existe mecanismos que regulen o impidan malas prácticas durante los periodos de lluvias, condiciones propicias como el lugar y el estado del clima son oportunidades de malas maniobras para verter agua sin monitorear, desencadenando en implicaciones legales frente a sanciones ambientales, incumplimientos contractuales, problemas con las comunidades vecinas y sobre todo el impacto ambiental que esto genera.

De cara a la política ambiental corporativa, se hace necesario controlar, intervenir y dar respuesta a estas deficiencias, con el fin de realizar mejoras en su sistema.

**1.1.1 Formulación del problema.** Con marco en la legislación reciente en cuanto al manejo de las aguas residuales domésticas se refiere, su tratamiento y vertimiento, se hace necesario identificar los errores comúnmente cometidos en el área de campamento durante el desarrollo de los proyectos de perforación de pozos de petróleo crudo y gas; Mediante la elaboración de una guía se establecerá un plan de gestión y unas premisas de actuación para este tipo de industrias, pues aun existe desconocimiento sobre el tema para quienes son responsables de esta actividad.

Para este cuestionamiento me pregunto ¿Qué ruta metodológica práctica se debe utilizar para optimizar y agilizar la gestión frente al manejo de las aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento y su efectividad en el cumplimiento de la norma frente a vertimientos, durante el desarrollo de proyectos de perforación de pozos de petróleo crudo y gas?

El presente documento se constituye en una herramienta que busca la minimización de los impactos ambientales, generados por la utilización de campamentos provisionales en campo, a través de un adecuado manejo y vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en el, previniendo y evitando la contaminación de las fuentes hídricas y suelo, como también quejas de las comunidades vecinas del proyecto.

## **1.2. DELIMITACION**

**1.2.1 Delimitación Espacial.** Para el levantamiento de la información espacial referente al manejo de las aguas residuales domésticas asociadas a los proyectos de perforación de pozos de petróleo crudo y gas, fue necesario realizar visitas de capo para conocer las metodologías utilizadas y la gestión que desarrollan las empresas en estos temas.

La información fue proporcionada por una empresa de servicios petroleros de la región, que cuenta con cuatro equipos de perforación; el estudio se llevo a cabo durante las operaciones de perforación y acondicionamiento a pozos de petróleo, en un campo de producción en cercanías a Puesto Boyacá y se tomaron en cuenta registros de proyectos de exploración ejecutados en otras regiones del país.

### 1.2.2 Delimitación Temporal

**Tabla 1 . Cronograma de Ejecución**

ANO	2012												2013											
	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recolección de la informa	X	X	X	X	X	X	X	X																
Clasificación de la informa					X	X	X	X	X	X	X	X												
Análisis de la información									X	X	X	X	X	X	X	X								
Visita de Campo													X	X	X	X								
Elaboración del documento													X	X	X	X	X	X	X	X				
Correcciones al documento																	X	X	X	X				
Sustentación																					X			

*Fuente: El Autor*

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

Para interpretar y aplicar esta guía se tendrán en cuenta los siguientes conceptos:

**Afluente** Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

**Aguas crudas** Aguas residuales que no han sido tratadas.

**Aguas residuales domésticas** Agua residual de origen doméstico, que contiene desechos humanos.

**Aguas residuales** Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

**Aguas servidas** Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

**Aireación** Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

**Análisis** Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

**Aspersores:** Accesorios que permiten realizar vertimiento de agua por movimientos circulares.

**Bacteria** Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.

**Biodegradación** Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

**Carbón activado** Forma altamente adsorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas. En el tratamiento del agua este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta del agua residual.

**Carga de diseño** Producto del caudal por la concentración de un parámetro específico; se usa para dimensionar un proceso de tratamiento, en condiciones aceptables de operación. Tiene unidades de masa por unidad de tiempo, (M/T).

**Carga orgánica** Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

**Clarificador** Tanque de sedimentación rectangular o circular usado para remover sólidos sedimentables del agua residual.

**Cloración** Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación o control de olores.

**Coliformes** Bacterias gram negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales) temperatura de 44 o 44,5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

**Concentración** Relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

**Criterios de diseño** 1. Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema. 2. Guías que especifican detalles de construcción y materiales.

**Demanda de Oxígeno (DBO)** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO)** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

**Desinfección** Destrucción de bacterias y virus de origen fecal en las aguas residuales, mediante un agente desinfectante.

**Digestión aerobia** Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

**Digestión de tasa estándar** Descomposición de los lodos realizada en un tanque de tres zonas. En la parte alta se forma una capa de espuma y debajo el sobrenadante y la zona de lodos.

**Digestión** Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

**Disposición en el suelo** Reciclaje de agua residual o lodos parcialmente tratados en el terreno, bajo condiciones controladas.

**Disposición final** Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

**Edad de lodo** Tiempo medio de residencia celular en el tanque de aireación.

**Eficiencia de tratamiento** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

**Efluente final** Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

**Efluente** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**Estación de bombeo** Sitio donde se encuentra los equipos (Tanque y Electro bomba) que permiten almacenar e impulsar el agua, pasando por un medidor de flujo hacia un área de riego

**Filtración intermitente** Aplicación intermitente de agua residual, previamente sedimentada, a un lecho de material granular, que es drenado para recoger y descargar el efluente final.

**Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA)** Documento elaborado y presentado por el beneficiario de la licencia ambiental para informar a la autoridad ambiental competente sobre avance, efectividad y cumplimiento del plan de manejo ambiental, conforme a los términos definidos en el otorgamiento de la licencia ambiental, el establecimiento del plan de manejo ambiental y cualquier otro acto administrativo subsiguiente.

**Impacto Ambiental** Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o benéfico, total o parcial como resultado de las actividades, productos o servicios que desarrolla la organización.

**Licor Mixto** Mezcla de lodo activado y aguas residuales en el tanque de aireación que fluye a un tanque de sedimentación secundario en donde se sedimentan los lodos activados.

**Línea de conducción** Es una tubería en PVC de presión, que permite el transporte del agua hacia el área de riego.

**Lodo biológico** Lodo excedente que se genera en los procesos biológicos de las aguas residuales.

**Lodos activados** Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

**Medidores de flujo** Dispositivos que permiten contabilizar la cantidad de agua que se vierte.

**Medio Ambiente** Entorno en el que opera la empresa, que incluye aire, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos, y su interrelación.

**Política Ambiental** Declaración por parte de la organización de sus intenciones y principios en relación con su desempeño ambiental global, que le sirve de marco para la acción y para fijar sus objetivos y metas ambientales.

**Prevención de la Contaminación** Uso de procesos, prácticas, materiales o productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, las cuales pueden incluir reciclaje, tratamiento, cambios de proceso, mecanismos de control, uso eficiente de los recursos y sustitución de materiales. Los beneficios principales de prevención de la contaminación incluyen la reducción de los impactos ambientales adversos, mejoramiento de la eficiencia y reducción de costos.

**Muestra compuesta** Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

**Muestra integrada** Análisis de muestras tomadas simultáneamente en diferentes puntos o tan cerca como sea posible.

**Muestra puntual** Muestra de agua residual tomada al azar en un momento determinado para su análisis. Algunos parámetros deben determinarse in situ y otros en el laboratorio.

**Oxígeno disuelto** Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/L.

**Paso directo (By Pass)** Conjunto de tuberías, canales, válvulas y compuertas que permiten desvío del agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia o de mantenimiento correctivo.

**Plan de Manejo Ambiental (PMA)** Es el plan que, de manera detallada, establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos, causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

**Planta de tratamiento (de agua residual)** Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

**Política Ambiental** Declaración por parte de la organización de sus intenciones y principios en relación con su desempeño ambiental global, que le sirve de marco para la acción y para fijar sus objetivos y metas ambientales.

**Prevención de la Contaminación** Uso de procesos, prácticas, materiales o productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, las cuales pueden incluir tratamiento, cambios de proceso, mecanismos de control, uso eficiente de los recursos. Los beneficios incluyen la reducción de los impactos ambientales adversos, mejoramiento de la eficiencia y reducción de costos.

**Proceso biológico** Proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etc.).

**Requisitos de oxígeno** Cantidad de oxígeno requerida en la estabilización aerobia de la materia orgánica para reproducción o síntesis celular y metabolismo endógeno.

**Sedimentación** Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrescible.

**Selector** Tanque que se conecta previamente al tanque de aireación para mejorar el desarrollo de bacterias floculantes y evitar el desarrollo de organismo filamentosos en el tanque de aireación, que causan el desarrollo del lodo abultado.

**Tanque de aireación** Cámara usada para inyectar aire dentro del agua.

**Tanque de compensación** Tanque utilizado para almacenar y homogeneizar el desecho, eliminando las descargas violentas.

**Tanque Imhoff** Tanque compuesto de tres cámaras en el cual se realizan los procesos de sedimentación y digestión.

**Tratamiento biológico** Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto.

**Tratamiento primario** Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual.

Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.

**Tratamiento secundario** Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.

**Uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales** Extracción y utilización de productos y subproductos provenientes de los recursos naturales para beneficio del hombre o con fines económicos.

**Visita de seguimiento ambiental de proyectos** Reconocimiento de campo orientado a conocer tanto las características del entorno en donde se desarrolla el proyecto licenciado, como las actividades e impactos del mismo. La visita ayuda a verificar lo expuesto en el Informe de Cumplimiento Ambiental, presentado por el beneficiario de la licencia ambiental, y apoya la elaboración del concepto técnico.

## **2.2. MARCO CONTEXTUAL**

Las políticas corporativas inclinan sus esfuerzos al cumplimiento de sus compromisos ambientales y responsabilidad social, es por ello que dentro de este marco no basta solo analizar los impactos que de ella se deriven, sino de un aprovechamiento del recurso durante el desarrollo de los proyectos en ejecución que va estrechamente relacionado el uso eficiente del agua para reducir el impacto que generan las aguas residuales que surgen en estos procesos.

En experiencias anteriores se ha visto una falta de conciencia sobre el manejo del recurso agua, su disposición y manejo por falta de conocimiento ha sido unas de las deficiencias más claras que se presentan en el trabajo de campo. El presente documento se constituye en una herramienta que busca orientar la minimización de los impactos ambientales a través de buenas prácticas en el manejo, tratamiento y vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento, durante la ejecución de proyectos de perforación de pozos de petróleo crudo y gas.

## **2.3. MARCO LEGAL**

### **Leyes y Decretos**

Decreto Ley 2811 de 1974, Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En su capítulo II define la regulación en cuanto a la prevención y control de contaminación del recurso hídrico, desarrolla ampliamente lo referente a los vertimientos de agua residual, estudios de impacto ambiental y procesos sancionatorios. En el Título VIII determina la administración de las aguas y cauces enumera las responsabilidades del gobierno en la administración de las aguas. MINISTERIO DE AGRICULTURA

Ley 09 de 1979, por la cual se expide el Código Sanitario Nacional, establece procedimientos y medidas para la regulación y control de los vertimientos.

La Ley 99 del 22 Diciembre 1993, en el artículo 31, numeral 12, Establece entre las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales: Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE,

Ley 373 de 1997, Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE,

Ley 1333 DE 2009, Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones MINISTERIO DEL INTERIOR.

### **Decretos**

Decreto 1594 de 1984, 26 Junio 1984. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Reglamenta los usos de aguas y el manejo de los residuos líquidos. Que todo vertimiento, además de las disposiciones contempladas en el artículo 82 del decreto 1594 de 1984, 26 Junio 1984, deberá cumplir con las normas que sobre estos se establezcan.

Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979, En cuanto a aguas residuales, define los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, permiso de vertimientos, tasas retributivas, métodos de análisis de laboratorio y estudios de impacto ambiental.

Artículo 72 Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

**Tabla 2. NORMA PARA LAS DESCARGAS ORGANICAS SEGÚN DECRETO 1594 DE 1984**

<b>Parámetro</b>	<b>Descarga a un Alcantarillado</b>	<b>Descarga a un cuerpo de agua</b>
pH	5 a 9 Unidades	5 a 9 Unidades
Temperatura	Máximo 40°C	Máximo 40°C
Grasas y Aceites	Remoción 80% máximo 100 mg/L	Remoción 80%
Sólidos suspendidos	Remoción 80% Nuevos Usuarios	Remoción 80% Nuevos usuarios
	Remoción 50% Usuarios existente	Remoción 80% Usuarios existente
DBO	Remoción 80% Nuevos usuarios	Remoción 80% Nuevos usuarios
DBO Doméstico	Remoción 30% Usuarios Existente	Remoción 80% Usuarios existente
DBO Industriales	Remoción 80% Nuevos usuarios	Remoción 80% Nuevos usuarios
	Remoción 20% Usuarios Existente	Remoción 20% Usuarios Existente
Caudal Máximo	1,5 veces caudal promedio hora	

Fuente: Decreto 1594 de 1984, 26 Junio 1984, Artículo 73

Resolución en Revisión “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones.”

Artículo 24 Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas de las actividades productivas (industriales, comerciales y/o de servicios) a cuerpos de agua superficiales. A continuación se establecen los parámetros que se deben monitorear y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas de las actividades productivas (industriales, comerciales y/o de servicios) a cuerpos de agua superficiales.

**Tabla 3.** PARAMETROS FISICOQUIMICOS A MONITOREAR Y SUS VALORES LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES

Parametro	Unidades	Valores limites permisibles máximos permisibles
		Cuerpo de agua superficial
pH	Unidades	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	40,0
Grasas y Aceites	mg/L	50,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100,0
Sólidos sedimentables	mg/L	5,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L O <sub>2</sub>	200,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	150,0
Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	5,0

Fuente: resolución en revisión, 20 Noviembre 2012

Artículo 48 Extracción, almacenamiento, transporte y comercialización de petróleo crudo y gas natural. Parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales de generadores que desarrollan actividades de los siguientes Códigos CIU asociados con la extracción, almacenamiento, transporte y comercialización de petróleo crudo y gas natural.

Decreto 3930 del 25 Octubre 2010. Creación norma de vertimiento, artículo 28, Por el cual modificado por el artículo 1 del decreto 4728 de 2010.

Corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y los valores máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillados público y al suelo asociado a un acuífero.

Decreto 3100 de 2003, modificado por el 3440 de 2004, en lo referente a las tasas retributivas y compensatorias por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Decreto 3137 de 2006, por el cual se crea el Viceministerio de agua y saneamiento. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Decreto 4728 de 2010. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

## **Resoluciones**

Resolución 0822 de 1998 Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

Resolución 1433 2004. Planes de saneamiento y manejo de vertimientos, PSMV, y sus modificaciones. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS – 2000. Sección II, Título E, Tratamiento de aguas residuales. Bogotá D.C. 2.000 MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

### **ANÁLISIS MARCO LEGAL AMBIENTAL VIGENTE**

Decreto 1594 de 1984, 26 Junio 1984

- Evalúa la eficiencia de los sistemas de tratamiento en cuanto a porcentajes de remoción.
- Regula los usos de agua y residuos líquidos.
- Parámetros generalizados para evaluar los vertimientos sin tener en cuenta el tipo industrias o establecimientos comerciales.
- Evalúa las industrias o establecimientos como usuarios nuevos y usuarios existentes.

Borrador Resolución en Revisión

- Evalúa la calidad de los vertimientos verificando las concentraciones de sus descargas.
- Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos a cuerpos de aguas y sistemas de alcantarillado.
- Clasifica los parámetros que deben ser evaluados en el vertimiento según el tipo de industria.
- Con su entrada en vigencia no evalúa usuarios nuevos ni existentes verifica cumplimiento.

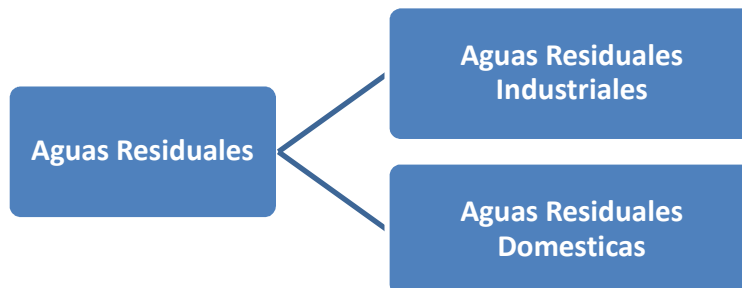
## Aspectos importantes en la resolución de vertimientos

- No exige la toma de muestra en afluentes ni efluentes, las muestras deben ser tomadas directamente del vertimiento y si descarga a un cuerpo de agua se deben tomar las muestras simultáneamente aguas arriba y aguas abajo.
- En la estructura de conducción y transporte de los vertimientos puntuales de aguas residuales debe contar con elementos, equipos y/o infraestructura para la medición, determinación, monitoreo y control del flujo volumétrico (caudal volumétrico) del vertimiento.
- Establece los parámetros que deben ser medidos in situ y en el laboratorio según la actividad y la clase de industria o establecimiento comercial que se está evaluando.

## 2.4. MARCO TEÓRICO

### 2.4.1. Clasificación de las aguas residuales

**Figura 1** *Clasificación de las aguas residuales*



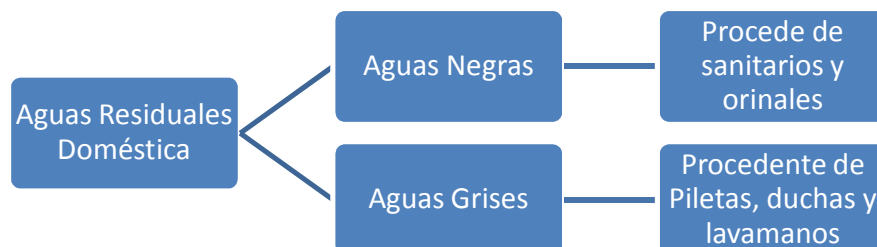
*Fuente: El Autor*

**2.4.1.1. Aguas residuales Industriales** Corresponden a las aguas asociadas a las actividades de perforación, pruebas de producción, escurrientía de áreas industriales, efluentes generados en laboratorio, talleres, bodegas, aguas aceitosas generadas en labores de reparación y mantenimiento de vehículos y equipos y propias de asociadas a las operaciones de perforación de pozos de petróleo.

**2.4.1.2. Aguas residuales domésticas** Son provenientes de la batería de baños con que cuenta el equipo de perforación y de cada uno de los baños, duchas y lavamanos de los contenedores que conforman el campamento en el pozo. Este tipo de aguas es el tema de interés de este estudio.

#### 2.4.2. Clasificación de las aguas residuales doméstica

**Figura 2** *Clasificación de las aguas residuales doméstica*



*Fuente: El Autor*

**2.4.3. Impactos Ambientales significativos** Los contaminantes de las aguas servidas domésticas, son los sólidos suspendidos y disueltos que consisten en: materias orgánicas e inorgánicas, nutrientes, aceites, grasas, y microorganismos patógenos. Los desechos humanos sin un tratamiento apropiado, eliminados en su punto de origen o recolectados y transportados, presentan un peligro de infección parasitaria (mediante el contacto directo con la materia fecal), hepatitis y varias enfermedades gastrointestinales, incluyendo el cólera y tifoidea (mediante la contaminación de la fuente de agua y la comida).

Cuando las aguas servidas son recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su eliminación o reutilización, existen los mismos peligros para la salud pública en las proximidades del punto de descarga. Si dicha descarga es en aguas receptoras, se presentarán peligrosos efectos adicionales (por ejemplo, el hábitat para la vida acuática es afectada por la acumulación de los sólidos; el oxígeno es disminuido por la descomposición de la materia orgánica; y los organismos acuáticos pueden ser perjudicados aún más por las sustancias tóxicas, que pueden extenderse hasta los organismos superiores por la bioacumulación en las cadenas alimenticias). Si la descarga entra en aguas confinadas, como un lago, su contenido de nutrientes puede ocasionar la eutrofización. Los desechos sólidos generados en el tratamiento de las aguas servidas (grava, fangos primarios y secundarios) pueden contaminar el suelo y las aguas si no son bien tratadas.

**Tabla 4 CONTAMIANTES DEL AGUA RESIDUAL**

<b>Contaminante</b>	<b>Fuente Efectos</b>	<b>causados por la descarga del agua residual en aguas superficiales</b>
Sustancias que consumen oxígeno (MO* biodegradable).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Carbohidratos, grasas, aceites). Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
Nutrientes: • Nitrógeno • Fósforo	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Microorganismos	ARD	Comunicación del agua
Materia tóxica • Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos	ARI ARA y ARI	• Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos ARI ARA y ARI Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractaria (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); materia resultante del decaimiento de la MO.	Resiste el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos • Cloruros • Sulfuros • pH	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.

\*MO; Materia orgánica \*ARD: Aguas residuales domésticas \*ARI: Aguas residuales industriales; \*ARA: Aguas residuales agrícolas. Fuente. Alaerts (1995).

#### **2.4.4. Los Parásitos y la importancia de los procesos de desinfección**

**Los paracitos** Son varios organismos que se nutren a expensas de otros organismos, muchos de ellos son patógenos, es decir, causan enfermedades para el hombre; además de las bacterias patógenas y de los virus microorganismos parásitos patógenos típicos.

Existe, toda una serie de lombrices (áscaris lumbricoides, trichurustricum, schistosoma, taeniasaginata, taeniasolium, etc.) los cuales se pueden encontrar en los desechos de individuos infectados. Los quistes de amebas y huevos de lombrices son particularmente peligrosos, ya que pueden resistir a todos los diferentes procesos de depuración y pueden acumularse en el lodo (tienen la característica de ser ágilmente sedimentables), pueden continuar viviendo en un estado latente, aun por períodos de tiempo muy prolongados (como las esporas de las bacterias), retomando completamente su propia actividad apenas se restablecen las condiciones ambientales favorables. Por ello es necesario tomar precauciones especiales en el manejo de las aguas residuales y en la disposición.

**Proceso de desinfección** El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales. Una desventaja es que puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente.

**2.4.5. Los detergentes sintéticos** Son detergentes que están conformados por las sustancias y elementos sintéticos presentes en los polvos y en los detergentes líquidos que se muestran en el comercio. Se encuentran en porcentajes variables entre el 10 y el 30%. Dentro de estos productos están asociados los fosfatos (presentes en porcentajes hasta del 50%) y que tienen la propiedad de coadyuvar a los detergentes, llevando en suspensión la mugre y secuestrar la dureza del agua. Son llamados también tensoactivos, por tanto bajan la tensión superficial del agua.

Los detergentes son un índice vistoso de los fenómenos de contaminación de las aguas, por la formación de espumas que ellos inducen. Sin embargo, no son particularmente tóxicos o nocivos para el hombre. Ellos son el origen de algunos inconvenientes en los tratamientos de depuración de las aguas.

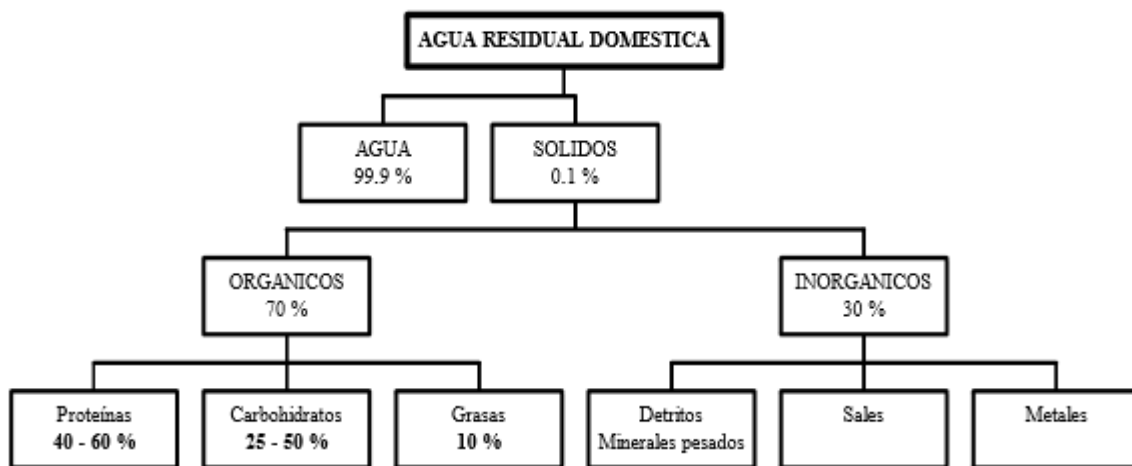
- Tienen una acción dispersante sobre las sustancias coloidales, haciendo muy difícil la coagulación.
- Emulsionan aceites y grasas, haciendo difícil su remoción.
- Son responsables de la disminución de la capacidad de oxigenación de los dispositivos de aireación en las plantas de tratamiento.
- Son de norma responsables de la formación de espumas en las plantas de tratamiento.

Las espumas son formadas por los detergentes, sobre la cual produce una película que impide el regular intercambio de oxígeno con la atmósfera, lo que asume una gran importancia en los procesos de autodepuración.

Por eso se debe utilizar detergentes biodegradables que pueden ser eliminados en las plantas de tratamiento biológico. La tendencia, en general, es la de utilizar detergentes pobres y sin fosfatos, para limitar los fenómenos de eutroficación provocados por el fósforo

Los compuestos orgánicos constituyen la materia orgánica, parte biodegradable y parte no biodegradable. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en las aguas de desecho de origen doméstico son:

**Figura 3** COMPOSICION MEDIA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS



Fuente. Metcalf Eddy (1985)

**2.4.6. Tratamiento de aguas residuales domésticas** Consiste en una serie de procesos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia y un residuo sólido o fango, también llamado biosólido o lodo, convenientes para su disposición.

**2.4.7. Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas** Las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizadas en las campañas de perforación de pozos de petróleo, posee un diseño compacto que dependiendo del mecanismo de funcionamiento y tecnología son de alta eficiencia, siendo capaces de tratar aguas grises y negras dentro de un mismo sistema y a través de un proceso biológico (Cultivo de Bacterias) se controlan las cargas contaminantes, dando así las condiciones necesarias para disponer el fluido al medio ambiente sin afectarlo.

- Tiempo de retención hidráulico es de 24 horas.
- Fuente de agua: uso domestico.
- Tecnología empleada: aireación extendida y microorganismos eficientes.
- Tipo de Flujo: continuo.
- Procedimiento de Operación: Automatizada/manual.
- Proceso de dosificación: por goteo.
- Vida útil productiva: 10 años

Durante la perforación los residuos líquidos producto de los sanitarios se conducen a través de tubería de PVC sanitaria a una planta de tratamiento de aguas residuales tipo lodos activados (Red fox), la cual por medio de descomposición aeróbica por aireación continua remueve gran parte de la carga orgánica presente para su posterior desinfección e integración al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales del pozo, cumpliendo con los parámetros del Decreto 1594 de 1984, para luego ser vertidas.

Se realizarán monitoreos de la planta de tratamiento de aguas negras con el objetivo de verificar su eficiencia, antes de realizar vertimiento final, ya sea al suelo o al agua, se medirán los siguientes parámetros:

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| • pH                      |                        |
| • Temperatura             | • DQO                  |
| • Turbiedad               | • DBO                  |
| • Oxigeno disuelto        | • Color                |
| • Sólidos suspendidos     | • Coliformes totales,  |
| • Grasas y aceites        | • Coliformes fecales,  |
| • Conductividad Eléctrica | • Cloro residual total |

Se debe hacer énfasis en el análisis bacteriológico, para lo cual las muestras deberán ser analizadas en un tiempo no mayor a 6 horas para confiabilidad y certeza de los resultados.

**2.4.7.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales.** En el PMA de cada proyecto, debe presentarse la metodología de monitoreo, preservación y análisis de muestras para cada uno de los parámetros de interés establecidos.

Para establecer la efectividad de las medidas referentes al manejo de residuos líquidos, a continuación se relacionan los elementos básicos en cuanto al desarrollo del programa de monitoreo y seguimiento de los sistemas de tratamiento:

- Verificar el correcto funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- Se verificará por parte de la interventoría ambiental que se realicen los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (planta de tratamiento).
- Se evaluará la efectividad del tratamiento de aguas residuales, monitoreando los puntos de entrada y salida del sistema.
- Se verificará la realización de los monitoreos para el afluente proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, con el fin de establecer su eficiencia de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 artículo 38 y 72.
- Es importante registrar las condiciones medioambientales en el momento del muestreo, con el fin de mantener un estricto control sobre el proceso.

- Después de cada monitoreo, se realizarán informes indicando los parámetros analizados, resultados obtenidos, recomendaciones y demás aspectos que revistan interés.
- Se verificará que las unidades sanitarias móviles se encuentren en excelente estado de funcionamiento. También se verificará que el tanque sanitario de las baterías móviles sea transportado a un lugar seguro para llevar a cabo la disposición final.
- En los informes de cumplimiento ambiental se precisará la fecha en que se hicieron los vertimientos y un análisis de los resultados de la caracterización fisicoquímica, en el marco normativo ambiental vigente (Decreto 1594 de 1984, Artículos 40, 41 y 72). El acta de vertimiento deberá ir firmada por el interventor ambiental del proyecto.

**2.4.7.2. Vertimientos** Para el vertimiento del agua residual doméstica se plantean las siguientes alternativas:

- Realizar vertimiento en las vías no pavimentadas de acceso a la plataforma y en vías secundarias veredales en épocas de verano previo cumplimiento de todos los estándares exigidos en el Decreto 1594 de 1984).
- Realizar vertimiento por aspersion sobre áreas donde las condiciones lo permitan, previo tratamiento y cumpliendo con los parámetros de los artículos 38 y 72 del Decreto 1594 de 1984.
- Se realizara un programa de mantenimiento a los sistemas de vertimiento, con el fin de de verificar el cumplimiento del presente requerimiento en los informes de cumplimiento ambiental ICA, se realizara un estricto control a las cadenas de custodia de las muestras.

### **3. MARCO METODOLOGICO**

#### **3.1. TIPO DE ESTUDIO**

El tipo de estudio utilizado en este proyecto es “Descriptivo”, debido a que se realiza en una empresa real y en funcionamiento. Se tomó información directa en el desarrollo de campañas de perforación de pozos de petróleo crudo y gas, no se manipuló deliberadamente las variables analizadas y se consideró que el manejo de las aguas residuales tratadas es representativo al que utiliza las empresas del sector en este tipo de proyectos.

#### **3.2. DISEÑO**

El diseño utilizado en este proyecto es “Experimental”, porque con esta guía se propone dar respuesta práctica y efectiva en el manejo, tratamiento y vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en el área de campamento durante las campañas de perforación de pozos de petróleo crudo y gas, corrigiendo malas prácticas que usualmente se cometían en estos procesos, y garantizar así el cumplimiento de los requerimientos ambientales, la normatividad, las directrices de la política integral y sobre todo el compromiso con las comunidades y el respeto por el medio ambiente en cuanto al control y mitigación de cargas contaminantes que se descargan en suelo y/o fuentes hídricas por un inadecuado manejo de las aguas residuales domésticas generadas en el campamento del proyecto.

#### **3.3. ENFOQUE**

El enfoque utilizado en este proyecto es “cualitativo”, debido a que pueden ser descritos en una serie de pasos o instrucciones representados por medio de palabras para mantener una respuesta o solución de problemas.

### **3.4. POBLACION Y MUESTRA**

Esta guía está dirigida a todo el personal involucrado en el manejo, tratamiento y vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en campamento durante el desarrollo de proyectos que realizan actividades de perforación de pozos en la industria de hidrocarburos, tomando como muestreo (4) cuatro equipos de perforación.

Los Proyectos en desarrollo se encuentran ubicados en el Departamento de Boyacá municipio de Puerto Boyacá. Población de referencia: 50 Trabajadores. La muestra obtenida es representativa con respecto a elementos, maquinas, equipos comúnmente utilizados en el manejo de las aguas residuales domésticas de este sector.

### **3.5. FUENTES DE INFORMACION**

**3.5.1. Información Primaria** Por medio de entrevistas hechas a los directivos, operadores, sondeos, entrevistas a algunos contratistas y personal involucrado en el proceso estudio de interés.

**3.5.2. Información Secundaria.** Proyectos afines, legislación colombiana, manuales, guías, procedimientos, documentos publicados en Internet y asesorías con especialista en el tema.

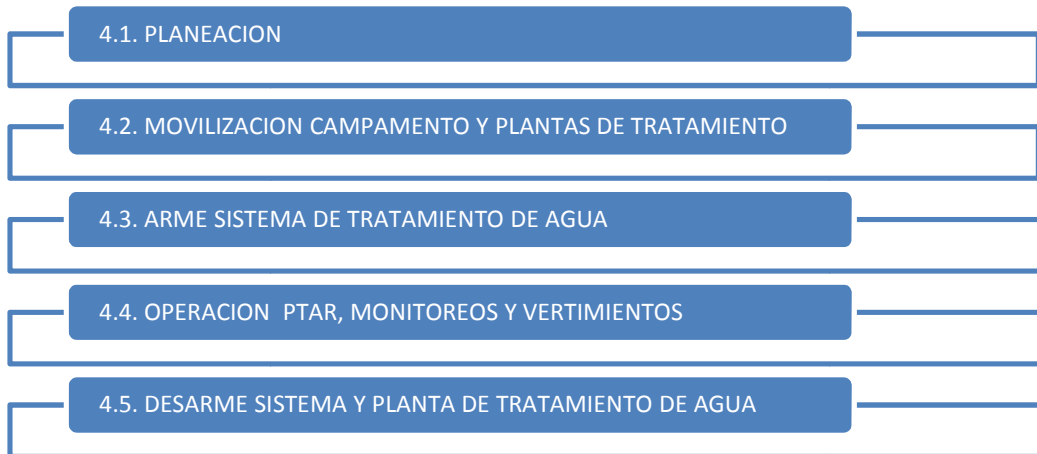
**3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección.** La adquisición de datos y la identificación del paso a paso del manejo de las aguas residuales domésticas del área de campamento y el control de vertimientos se realizó mediante:

- Investigación: A través de consultas en Internet, libros, leyes, guías, manuales y asesoría especializada en el tema.

- Observación Directa: Se logró reconocer datos de interés en el manejo de aguas residuales domésticas realizadas en la zona de campamento de los proyectos en mención como trabajo de campo. Verificación de listas de chequeo, informes existentes en el pozo de perforación, inventario de los equipos utilizados en el manejo de las aguas residuales domésticas con el que cuenta el equipo.
- Entrevistas: Entrevistas al personal de manera abierta y cerrada, para generalizar los conceptos ya investigados.

## 4. ELABORACION DE LA GUIA

**Figura 4.** *Estructura de la Guía*



*Fuente: El Autor*

**Fotografía 1** *Pozo durante la operación de perforación*



*Fuente: El Autor*

## GUÍA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN OPERACIONES DE EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO CRUDO Y GAS NATURAL

### 4.1. PLANEACION

**4.1.1. Personal competente** Responsable de las etapas de planeación, movilización, arme, operación y desarme de los elementos, maquinas y equipos utilizados en el manejo, tratamiento y vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en campamento; en la mayoría de los casos es el campamentero quien asume dicho rol dentro de la gestión del equipo.

**Fotografía 2** *Técnico planta tratamiento*



*Fuente: El Autor*

**4.1.2. Características y requerimientos del proyecto** Etapa donde se define las necesidades, preparación logística y posibles requerimientos específicos del campamento y adaptación de la planta de tratamiento de aguas residuales, asegurando los elementos, maquinas y equipos del sistema en el área del proyecto; involucra la administración, compras, transporte y HSE. En esta etapa se cuenta con los permisos ambientales de uso y aprovechamiento del agua definidos en el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

**4.1.3. Agua uso del campamento** Conocimiento del punto de captación de agua para el uso del campamento de acuerdo con lo estipulado en el plan de manejo ambiental del proyecto y definido por la empresa operadora.

**Fotografía 3** Suministro de agua



**Fotografía 4** Punto de captación de agua



*Fuente: Archivo HSE*

**4.1.4. Especificaciones técnicas de la planta de tratamiento de aguas (PTAR)**

Conocimiento de las características técnicas de la planta disponible del equipo, para el desarrollo del proyecto. (Ver Anexo C)

**4.1.5. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)**

Se remite al manual de funcionamiento de la planta, las recomendaciones del fabricante, programa de mantenimiento, y requerimientos ambientales según norma. (Ver Anexo D)

**Fotografía 5** Vista Lateral PTAR



**Fotografía 6** Vista Frontal PTAR



*Fuente: El Autor*

**4.1.6. Área del proyecto** Visita de inspección y reconocimiento del lugar previa movilización, determinación vías de acceso al punto de captación, análisis de riesgos ambientales, dimensión y adecuación del área destinada para el campamento y planta de tratamiento, ajuste del layout, interactuando con HSE del proyecto y Operaciones

**Fotografía 7** *Inspección Locación*



**Fotografía 8** *Vista aérea campamento*



*Fuente: El Autor*

**4.1.7. Plan de contingencia** Junto con HSE del equipo generar las directrices ambientales frente a contingencias por clima, rotura del sistema de tratamiento de aguas o imprevistos inesperados del sistema, con el fin de destinar recursos y estar preparados en caso de emergencias y mitigar los impactos ambientales que puedan causar. Colapso del sistema reflujo líneas de desfogue

**Fotografía 9** *Fallas del sistema*



**Fotografía 10** *Control fugas del sistema*



*Fuente: El Autor*

## 4.2. MOVILIZACION

**4.2.1. Alistamiento logística** Inventario y aseguramiento de equipos y elementos requeridos de acuerdo con las necesidades de la locación del proyecto.

**Fotografía 11** *Plantas de tratamiento*



**Fotografía 12** *Inventario accesorios*



*Fuente: Archivo HSE*

**4.2.2. Movilización** Aseguramiento de contenedores, batería de baños, maquinas y equipos del sistema de tratamiento de aguas residuales y acompañamiento en la instalación del campamento, tanque almacenamiento de agua, planta de tratamiento de aguas residuales y subestación eléctrica previa instalación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el rea del proyecto.

**Fotografía 13** *Movilización Planta de tratamiento de agua residual*



*Fuente: Archivo HSE*

**Fotografía 14** *Descargue e instalación campamento según layout.*



*Fuente: El Autor*

### **4.3. ARME**

**4.3.1. Medidas de Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente** Antes de iniciar la actividad de instalación del sistema de tratamiento de aguas residuales del campamento, se debe realizar análisis de riesgo periférico y diligenciar y solicitar permiso de trabajo correspondiente y debe cumplir las siguientes directrices:

- El personal involucrado en la operación debe usar Elementos de Protección Personal adecuados (casco, botas, guantes, gafas de seguridad y protección auditiva cuando exista exposición a ruido continuo), de igual manera es importante realizar gimnasia laboral en el sitio antes de iniciar labores que requieran esfuerzo físico prolongado a fin de evitar dolores osteomusculares.
- El supervisor de la actividad debe dirigir la charla de seguridad para la socialización de los riesgos propios de la tarea antes de iniciar las labores.
- Los desperdicios, materiales sobrantes, elementos plásticos, cables, etc., que ya no presten ningún uso se dispondrán de acuerdo a la clasificación de residuos sólidos establecida.
- En caso de una emergencia se seguirán las disposiciones establecidas en el Plan de emergencias del equipo.
- Cualquier accidente que se presente será reportado de inmediato y se procederá a informar al Cliente, dentro de las siguientes 24 horas al evento, se tomaran acciones y controles a fin de prevenir su recurrencia.
- La higiene personal debe ser profunda, por eso al terminar sus labores es esencial asearse y cambiarse de ropa de trabajo.

**4.3.2. Instalación planta de tratamiento de agua potable** Montaje e instalación de la planta, punto de partida del sistema; Se recomienda no quedar contigua a la planta de aguas residuales para evitar posible contaminación, se debe coordinar con antelación el acceso del carro tanque para el suministro del agua de acuerdo a los requerimientos de consumo del campamento. (Ver Anexos A y B)

**Fotografía 15** *Planta de tratamiento de agua potable*



**Fotografía 16** *Adecuación área del campamento*



*Fuente: El Autor*

**4.3.3. Instalación planta de tratamiento de agua residual** Responsable de la instalación de la PTAR, caja de captación y bomba sumergible, tener en cuenta estabilidad del terreno y distancia del campamento. (Ver Anexos C y D)

**Fotografía 17** *Instalación PTAR Red-Fox*



**Fotografía 18** *Caja de captación PTAR*



*Fuente: El Autor*

**4.3.4. Instalación líneas de agua potable para uso del campamento** Conexión de todas las líneas de agua que conforman el campamento para su uso, en especial baños, servicio sanitario, orinales, duchas y lavamanos.

**Fotografía 19** *Tendido tubería agua potable*



**Fotografía 20** *Conexión de tuberías*



*Fuente: El Autor*

**4.3.5. Instalación red de conducción aguas residuales del campamento** Instalar y conectar las descargas de aguas negras a la planta de tratamiento de aguas residuales. Tener en cuenta desnivel hacia la caja de captación e instalar desfogues a lo largo de la línea. Se propone rehusar las aguas grises; Para ello se debe adapta la red de conducción de las aguas residuales separando las aguas grises de las negras, para retorno uso de sanitarios y orinales, El diseño debe ser básico, práctico y de bajo costo de instalación (Ver Numeral 4.4.2. Imagen 3 y 4).

**Fotografía 21** *Conducción aguas negras*



**Fotografía 22** *Conducción aguas grises*



*Fuente: El Autor*

## 4.4. OPERACIÓN

**4.4.1. Consumo agua del campamento** Estimación del consumo percapita del equipo, frente a la demanda y capacidad del campamento y el agua tratada en la planta de tratamiento de aguas residuales, para manejo de indicadores.

**Fotografía 23** Suministro de agua potable para uso del campamento



*Fuente: El Autor*

**4.4.2. Programa de aprovechamiento y uso eficiente del agua** Implementar y liderar junto con HSE un programa de capacitación y sensibilización al personal del equipo, contratistas y visitantes, sobre el manejo adecuado del recurso agua, reporte diario al área de operaciones y difusión de las premisas de actuación frente al cumplimiento de la política ambiental del equipo.

**Fotografía 24** Red-Fox y Batería Baños



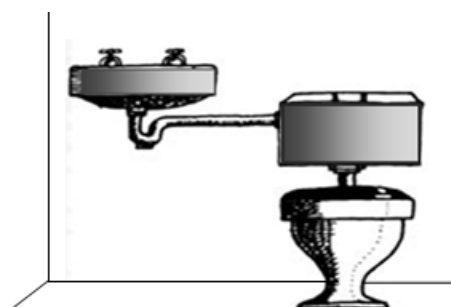
**Fotografía 25** Programa de Capacitación



*Fuente: El Autor*

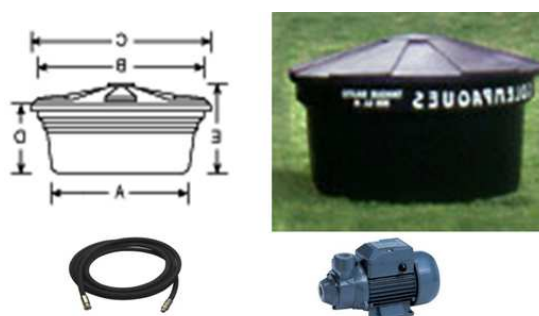
El principio del sistema de retorno de las aguas grises, está concebido como un sistema opcional y complementario, a través del cual las aguas grises son almacenadas en un tanque independiente donde se hace un tratamiento primario y luego son retornadas por medio de una electrobomba al sistema para las descarga del servicio sanitario y orinales, antes de pasar a la PTAR.

**Figura 5** Propuesta reuso aguas grises



Fuente: [www.tierramor.org](http://www.tierramor.org)

**Figura 6** Modelo de instalación



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

#### 4.4.3. Operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas

Seguir las instrucciones del manual de funcionamiento de la PTARD y recomendaciones del fabricante, (Ver Anexos C y D), implementar un programa de mantenimiento e inspecciones, para el control de pérdida de fluidos del sistema y emisión de malos olores, monitoreando su funcionamiento frente a su capacidad.

**Fotografía 26** Funcionamiento PTARD



**Fotografía 27** Operación PTARD



Fuente: El Autor

**4.4.4. Monitoreo y pruebas de laboratorio** Realizar análisis físico-químico en la entrada y salida de la PTAR previo a los vertimientos; analizar los resultados para verificar cumplimiento de parámetros y/o ajustes de funcionamiento de la planta, reportar a HSE los resultados de las pruebas de laboratorio.

**Fotografía 28** Monitoreo en la entrada



**Fotografía 29** Monitoreo en la planta



**Fotografía 30** Monitoreo en la Salida



**Fotografía 31** Toma de muestras



**Fotografía 32** Análisis Físicoquímico



**Fotografía 33** Análisis de pH



*Fuente: Archivo HSE*

**4.4.5. Vertimientos** Según lo establecido en el PMA los vertimientos se pueden realizar en vías y/o por aspersión, se debe llevar registros de volúmenes vertidos, evidencia fotográfica y actas de vertimiento debidamente firmadas.

**Fotografía 34** Vertimiento en vías



**Fotografía 35** Vertimiento por aspersión



*Fuente: Archivo HSE*

**4.4.6. Auditorias internas en gestión ambiental** Verificación y cumplimiento de lo establecido en la ley y establecido en el PMA del proyecto, Establecer un programa de acciones de mejora.

**Fotografía 36** Auditoria Ambiental a PTAR



**Fotografía 37** Inspección /Verificación



*Fuente: Archivo HSE*

## 4.5. DESARME

**4.5.1. Cierre del sistema** De acuerdo a directrices operacionales se cierra el sistema, se inicia señalizando y clausurando todos los baños ( duchas y servicio sanitario), luego se purga las redes del sistema de drenaje, se desmonta la caja de captación, luego se realiza un pretratamiento al volumen de agua cargada en la PTAR antes de Incorporarla en su última etapa al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales del pozo, donde se completará su tratamiento final.

**Fotografía 38** Cierre y purga del sistema



**Fotografía 39** Tratamiento ultima carga



*Fuente: El Autor*

### 4.5.2. Desconexión y desmonte líneas de agua potable del campamento

Registrar volumen sobrante de agua y drenar el tanque de almacenamiento de acuerdo a lo establecido en el programa de aprovechamiento y uso eficiente del agua; Desconectar y desmontar las líneas de agua potable de tal forma que se puedan utilizar nuevamente.

### 4.5.3 Desconexión y desmonte líneas de conducción de aguas residuales

Después de verificar que las líneas de conducción se encuentran descargadas y purgadas, se desconectan y se desmontan de tal forma que puedan utilizar nuevamente; se aseguran y almacenan previo a la movilización.

**4.5.4 Trasiego de la PTAR doméstica al sistema de tratamiento de agua residual industrial del pozo** Previo a la movilización se descarga el agua existente en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, a un CatchTank para incorporarla al proceso de aguas residuales industriales del pozo para su tratamiento final. Reportar volumen tratado y acta de disposición final firmada por la empresa que realiza su tratamiento según disposiciones de ley.

**Fotografía 40** Área de Operaciones



**Fotografía 41** FrackTank



*Fuente: El Autor*

**4.5.5 Aseguramiento de los elementos y equipos del sistema de tratamiento**  
Aseguramiento de las plantas de tratamiento de aguas, elementos, accesorios maquinas y equipos del sistema en custodia previa movilización, con el propósito de salvaguardarlos, evitando daños o pérdidas de los mismos.

**Fotografía 42** Aseguramiento PTAP



**Fotografía 43** Aseguramiento PTAR



*Fuente: El Autor*

**4.5.6 Manejo de baños móviles** De acuerdo a las características del proyecto se utilizan o no, para ello se debe asegurar que la empresa que presta dicho servicio reúna las características y condiciones de requerimientos de ley y cuente con los permisos y licencias ambientales de funcionamiento, se debe verificar.

**Fotografía 44** Baños móviles



**Fotografía 45** Asistencia Baños móviles



*Fuente: El Autor*

**4.5.7 Entrega área campamento** Aseguramiento del área de campamento libre de contaminación producto de fugas del sistema de tratamiento de aguas residuales, libre de desechos sin alguna afectación al medio ambiente, la entrega debe hacerse en óptimas condiciones de aseo y limpieza, en caso contrario se debe hacer remediación.

**Fotografía 46** Limpieza área campamento



**Fotografía 47** Entrega de la locación



*Fuente: Archivo HSE*

## CONCLUSIONES

- La responsabilidad del manejo de las aguas residuales domésticas del campamento de un equipo de perforación, debe recaer en una persona que tenga la competencia, la disposición y el conocimiento técnico de la planta de tratamiento, para su eficiente manejo y cumplimiento de requerimientos de ley se refiere, por tanto es necesario disponer y capacitar al personal que se asigne a dicha tarea para obtener los resultados esperados.
- La relación de agua potable para uso del campamento es directamente proporcional al volumen de agua residual doméstica generada y su manejo no solo depende del operador ni de la PTAR, sino del uso eficiente que se le da al recurso, mediante el manejo de indicadores que regulen el consumo percapita en cada uno de los proyectos a desarrollar.
- Implementar un programa aprovechamiento y uso eficiente del agua es la forma más eficiente para el ahorro del preciado líquido, así como el manejo de las aguas residuales que de su uso se deriven; está comprobado que los programas de capacitación y sensibilización al personal tanto del equipo, contratistas y visitantes, están involucrados en las premisas de actuación de la política ambiental de las organizaciones y por tanto se debe mantener.
- Dado que los proyectos difieren uno del otro por sus condiciones y características particulares, es imprescindible contar con una herramienta que permita desde la planeación, movilización de equipos, arme, operación del sistema y desarme del mismo la puesta en marcha del manejo adecuado para las aguas residuales domésticas del campamento.

## RECOMENDACIONES

- Instalar medidores para determinar volúmenes y mantener registros actualizados para realizar cálculos y llevar estadísticos, pues los reportes son muy insipientes y la obtención de datos debe ser más precisa.
- Acondicionar las líneas de conducción de las aguas residuales grises de las negras de los sistemas de drenaje de cada contenedor, para reutilizarla en el uso de sanitarios y orinales, mediante la instalación de un sistema de captación y retorno práctico y sencillo que reduzca el volumen de agua residual y optimizar su manejo y tratamiento.
- Mantener un programa de seguimiento y control de fugas del sistema para reducir puntos de contaminación por esta causa, de la misma forma contar con un programa de mantenimiento de la PTAR para mantener óptimas las condiciones de funcionamiento de la misma.
- Monitorear constantemente las aguas tratadas e identificar a tiempo las fallas que se puedan presentar para mitigar posibles impactos ambientales suscitados por errores o un mal manejo de las aguas residuales domésticas.
- Cuando exista un pico alto de demanda de materia orgánica, se debe mantener encendido el “blower” más tiempo, se puede dejar encendido el sistema de aireación de la planta las 24 horas cuando presenta malos olores, aun cuando el funcionamiento sugerido es 3 ciclos de 3 horas en el día; cuando el sistema permita programarse se sugiere que trabaje 2 horas aireando y 1 hora apagada.

- Antes de adicionar el sulfato de aluminio en el penúltimo compartimiento de la planta, cerciorarse de tener encendido el sistema de aireación, con el propósito de disolverlo, luego de unos minutos se apaga el sistema y se deja en reposo 1 hora para poder realizar el vertimiento del agua.
- Adicionar hipoclorito en el último compartimiento antes de realizar el vertimiento de agua tratada.
- Con el fin de aumentar la eficiencia de la planta se sugiere, en medio balde de agua agregar 7 onzas de bacteria, adicionarle 4 cucharadas de azúcar agitarla y oxigenarla manualmente aproximadamente durante 5 minutos, luego vestirla en el primer compartimiento.
- Para eliminar los malos olores intensificar la dosificación de la bacteria y airearla continuamente.
- Cuando se requiera descargar completamente la planta para hacerle el mantenimiento y/o (movilización) se le aplica sulfato de aluminio a todos los compartimientos con el propósito de precipitar los sólidos y luego hipoclorito con el fin de desinfectarla.
- Antes de realizar el primer vertimiento según lo dispuesto en el PMA se debe realizar un estudio (toma de muestras en la entrada y salida de la misma) para verificar el cumplimiento de los parámetros de vertimiento ambientales según norma.
- Por medio de HSE del equipo se debe hacer la gestión a través de un programa la disposición de los lodos, de forma tal que cumpla con las técnicas de bioremediación para tales fines.

## BIBLIOGRAFIA

- COLLAZOS, Carlos "Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales". Mayo 1 de 2012. [www.unal.edu.co/](http://www.unal.edu.co/)
- GOMEZ G. GLORIA. Manual de Análisis de Agua. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 1995
- GÓMEZ SALINAS Marisol, HURTADO Nancy, RIVEROS Nilton y SEPÚLVEDA Niza Estudio: Tratamiento de aguas residuales, Mayo 1 de en desarrollo sostenible y medio ambiente
- MEJIA, Andrea. Gestión ambiental para proyectos de perforación exploratoria terrestre en el sector de hidrocarburos aplicado al caso de estudio bloque valle medio del Magdalena 2 (VMM2). Bucaramanga, 2012, 286. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Santander.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS – 2000. Sección II, Título E, Tratamiento de aguas residuales. Bogotá D.C. 2.000
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, Decreto 1594 de 1984, 26 Junio 1984.Colombia
- OLIVEROS, Francisco. Trabajo colaborativo sistema tratamiento de aguas residuales. Bogotá D.C., Noviembre 01 de 2010
- ROMERO ROJAS JAIRO ALBERTO, Tratamiento de Aguas Residuales, Escuela Colombiana de Ingeniería, 3 ed, Colombia Bogotá 2005.

## ANEXOS

### Anexo A. ESPECIFICACIONES TECNICA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE PARA USO DE CAMPAMENTO

*Fotografía 48 Planta de Tratamiento de Agua Potable*



*Fuente: El Autor*

#### **Especificaciones**

- Filtro dual sílice /antracita.
- Tanque para almacenamiento de agua cruda de 10 m<sup>3</sup>.
- Tanque para almacenamiento de agua tratada de 10 m<sup>3</sup>

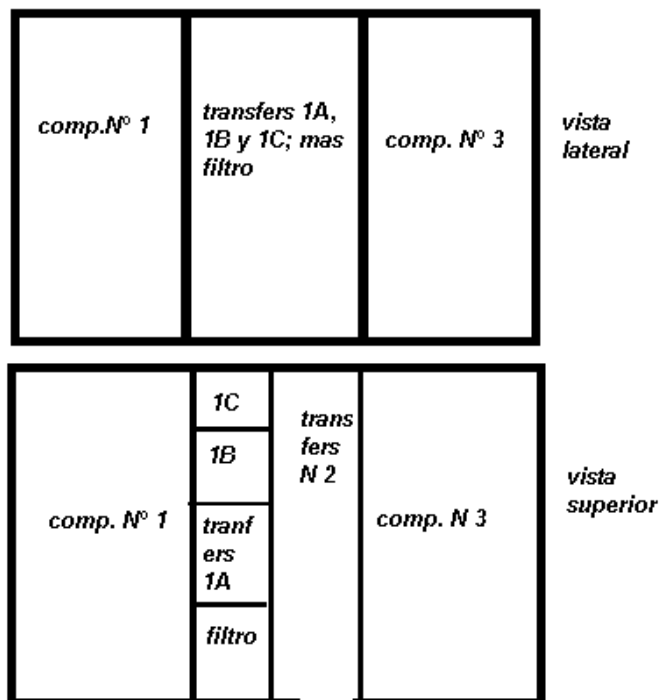
#### **Equipo de presión constante**

- Tanque metálico
- Electro bomba 1 ½" x 1 ½", 2.4 HP/1.8 KW; 7.0 – 3.6 A
- Presostato
- Manómetro
- Conexiones completas
- Medidor de flujo de capacidad 7m<sup>3</sup>/Hr
- Dos (2) electro bomba autocebante 2" x 2"; 3.6HP/2.7KW; 10.8-5.4Amp

#### **Suministro de productos químicos para tratamiento**

- a. Sulfato de aluminio tipo A.
- b. Hipoclorito de calcio.
- c. Hidróxido de Sodio.

**Anexo B. INSTRUCCIONES DE MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**



Proceso de purificación y tratamiento en la planta de tratamiento de agua potable para uso del campamento. (PTAP)

1. Llenar El Compartimiento N° 1, dos veces al día o de acuerdo al consumo.

2. Proceso de floculación, en compartimiento N° 1.

A. Agregar 150 gramos de  $AlSO_4$ , (sulfato de aluminio); manteniendo la relación de volumen con el químico.

- Volumen total Compartimiento N° 1:  $10.77 \text{ m}^3 = 2,845 \text{ Gl} = 10,769 \text{ Lt}$ ;
- Concentración recomendada =  $0,0139 \text{ gr/lts}$ .

B. Agregar 150 gr de Cl (cloro) granulado al 75 %; no se recomienda el uso de pastillas por su mayor Concentración y toma mayor tiempo en diluirse.

C. Agregar 100 ó 50 gr de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (cal), las cantidades varían dependiendo de los niveles del ph que se esté marcando en los monitoreos, con el fin de evitar variar bruscamente la alcalinidad del agua.

**NOTA:** El agua de este compartimiento se debe dejar reposar mínimo 3 horas, para que se lleve a cabo el proceso de floculación y posterior decantación.

3. Del Compartimiento N° 1 pasa por medio de la bomba N° 1 hacia el transfer 1A. Del Transfer 1A pasa al 1B por rebose. De Aquí pasa al Transfer 1C por nivel (por debajo).

4. Del Transfer 1C Pasa Al Transfer 2 por rebose; este compartimiento es a su vez el compartimiento empleado para el retrolavado del filtro.

5. Ahora desde el Transfer 2 el agua pasa al filtro por rebose.

6. Seguido el agua pasa del filtro al Compartimiento N° 3 por la bomba N° 2.

*Fotografía 49 Tablero Operación Manual*



*Fuente: Archivo HSE*

**OBSERVACIÓN:** Si el agua llega a este compartimiento demasiado turbia se recomienda agregar en el compartimiento N° 3; 50 gr de  $AlSO_4$  y 50 gr de  $Ca(OH)_2$ ; ya que parte de estos se quedan en el filtro.

1. Retrolavado del filtro: Debido a la acumulación de residuos en el filtro se debe realizar periódicamente el retrolavado (1 ó 2 veces al día) para garantizar el proceso de purificación y limpieza de cada una de las captaciones de agua.

#### **Válvulas de Circulación:**

- Válvulas N° 1 Y N° 2 salidas y retorno del filtro, Válvula N° 3 salida del transfer N° 2, utilizada para circulación y retrolavado.
- Válvula N° 4 circulación para ingreso al compartimiento N° 3.
- Activar la bomba N° 2, abriendo de inmediato la válvula N° 3; cuando los niveles de agua en el transfer N° 2 baje hasta la mitad; se cierra la válvula N° 4, y de inmediato se cierra la N° 2 y se abre la N° 1; este proceso se debe realizar 2 veces al día por aproximadamente 45 minutos.
- Luego de terminar el retrolavado se debe vaciar el compartimiento de transfer N° 2 y lavarlo bien; además soltar las uniones universales, para vaciar el sobrante del retrolavado y evitar que pase al compartimiento N° 3.
- Se debe lavar los compartimientos N° 1 Y N° 3, 3 veces a la semana.

**Nota:** Para activar las bombas del sistema se debe manipular los flotadores invirtiendo los sentidos en el que se encuentran actualmente.

- Apagar electro bomba 1 y 2 en el tablero.
- Cerrar llave o válvula de bola numero 1
- Abrir llave numero 2
- Cerrar llave o válvula de bola numero 3
- Abrir llave numero 4.
- Abrir llave numero 5.

*Fotografía 50 Planta de Tratamiento de Agua Potable*



*Fuente: Archivo HSE*

2. Encender electro bomba numero 1
3. Esperar de 5 a 10 minutos y luego de este tiempo
4. Apague la electro bomba numero 1
5. Re acomodación de llaves
  - Abrir llave o válvula de bola numero 1
  - Cerrar llave numero 2
  - Abrir llave o válvula de bola numero 3
  - Cerrar llave numero 4.
  - Cerrar llave numero 5.
6. La operación de la planta debe ser dirigida por un operador conocedor del tratamiento de las aguas potables y el uso de los químicos respectivos, para el buen funcionamiento de la misma.

**NOTA:** El mantenimientos en los equipos (contactores, electro bombas, equipo de presión constante, flotadores, interruptores de corriente) se debe hacer de forma periódica, de acuerdo al uso. Con uso continuo se recomienda cada 2 meses. El mantenimiento del retro lavado debe ser continuo, recomendable cada semana.

## **Anexo C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA ANALIZADA**

*Fotografía 51 Vista Lateral Planta de Tratamiento de Agua Residual*



*Fuente: Archivo HSE*

- Capacidad de la planta hasta para 100 personas.
- La PCTAR está diseñada con el objetivo principal de recuperar los afluentes contaminados, estabilizarlos y luego vestirlos.

### **Suministro de productos químicos para tratamiento**

- a. Sulfato de aluminio tipo A.
- b. Hipoclorito de calcio.
- c. Hidróxido de Sodio.

### **Calidad del efluente esperado**

- Las características físico - químicas del efluente esperado en el sistema propuesto:
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): Remoción: >80 %

- Coliformes fecales: 0
- Oxígeno disuelto: mínimo 4 ppm O<sub>2</sub>
- PH: 6 - 9
- Color: < 75 U.P.C.
- Sulfatos: < 400 ppm S-2O<sub>4</sub>
- Cloruros: < 250 ppm Cl-
- Cloro libre: 0.2 - 1 ppm Cl<sub>2</sub>
- Nitratos: < 45 ppm NO<sub>3</sub>

El proceso de tratamiento consta de cuatro etapas:

- a) Coagulación-Floculación
- b) Sedimentación
- c) Aireación y
- d) Desinfección

La etapa de aireación tiene dos funciones primordiales en el proceso que son, primero reducir por oxidación la demanda bioquímica de oxígeno y la segunda es ayudar a remover el gas disuelto en el agua.

En la etapa de desinfección, mediante la adición de productos químicos como biocidas e hipoclorito, se asegura la desaparición de microorganismos patógenos, que de continuar al sistema de vertimiento causarían problemas de salud entre la población que se sirve de aguas y tierras en los alrededores.

#### **EQUIPOS ANEXOS:**

- Una Electro bomba de succión del pozo séptico a la planta de tratamiento.
- Una Caja de captación de aguas (Punto de bombeo)
- Un "blower".
-

## **ESPECIFICACIONES TECNICASELECTRICAS**

Voltaje: 220 voltios - Tres líneas

Amperaje máximo de consumo: 28 amperios

Equipo eléctrico: Un Tablero trifásico de 12 puestos

Un tablero de control de bomba y control del "blower"

Dos contactores de 220 Voltios de 40 amperios cada uno

Un timer de 220 voltios 16 amperios

Un flotador de 220 voltios

Un plug de 32 amperios

Dos cortacircuitos de 30 / 30

Un cortacircuitos de 10 / 20

Un cortacircuitos de 10 / 15

10 metros de cable encauchetado 4 x 10 awg

10 metros de cable encauchetado 2 x 16 awg

## **INSTALACION ELECTROBOMBA**

1. Conexión del cable encauchetado a electrobomba, flotador y al respectivo contactor
2. Conexión de mangueras de 3 pulgadas
3. Conexión e instalación de electrobomba, (insertar bomba en caja de captación de aguas e insertar flotador en la caja).
4. Accionar corta circuito para uso de la bomba

## **INSTALACION DE BLOWER**

1. Conectar motor del "blower" al contactor respectivo
2. Conexión de mangueras del "blower" hacia la planta para la aireación (empalmes de accesorios de tubería galvanizada de 2 ")

## **INSTALACION DE LA PLANTA**

1. Conectar cable encauchetado 4 x 8 a un plug de 32 amperios macho
2. Conexión a plug hembra de 32 amperios
3. Activar cortacircuito
4. Colocar el respectivo polo a tierra

## **Anexo D. INSTRUCCIONES DE MANEJO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA USO DE CAMPAMENTOS MÓVILES**

*Fotografía 52 Vista Frontal Planta de Tratamiento de Agua Residual*



*Fuente: Archivo HSE*

### **OBSERVACIONES PREVIAS**

1. La operación de la planta debe ser dirigida por un operador conocedor del tratamiento de las aguas residuales domésticas y el uso de las enzimas para cultivo de bacterias.
2. Las aguas grises (agua con jabones y cloro) no se debe verter a la planta de tratamiento para el buen funcionamiento de la misma. Se recomienda para estas aguas, hacer un vertimiento aparte.
3. El tiempo se programa a un horario de trabajo, por ende el funcionamiento del “blower” se debe ajustar a este horario. Si se conecta en horarios diferentes o en horas de descanso del tiempo, el “blower” no funcionará.
4. En la parte externa inferior hay 3 válvulas de tres pulgadas las cuales sirven para el mantenimiento de la misma.

## GENERALIDADES

*Fotografía 53 Vista Superior Planta de Tratamiento de Agua Residual*



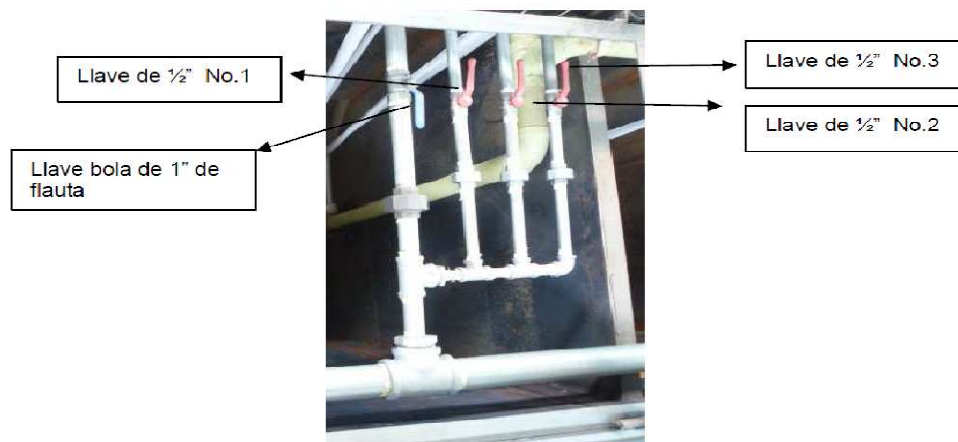
*Fuente: Archivo HSE*

1. La planta consta de 4 bafles o módulos, cada baffle contiene una flauta y una llave bola de 1" para el sistema de aireación y regulación del aire.
2. En el cuarto baffle se tiene dos sistemas de retorno de lodo activado y un desnatador, los cuales son manejados por 3 llaves de ½" ubicadas en la parte superior de la planta.

**NOTA:** La flauta del cuarto baffle se debe mantener abierta hasta cuando su contenido sea de mínimo ½ baffle. Posteriormente se recomienda mantenerla cerrada porque este baffle se comportará como un sedimentador durante el ciclo de trabajo.

3. Inmediatamente se debe cerrar la llave de bola de 1". Los demás bafles 1, 2 y 3, se deben mantener aireados de acuerdo al volumen de agua, con el fin de mantener un buen movimiento del agua.

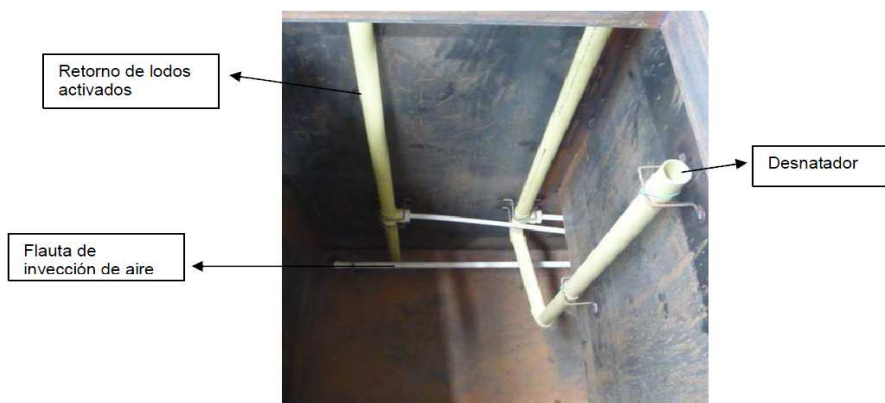
Fotografía 54 Operación de Válvulas



Fuente: Archivo HSE

4. Seguidamente se procede a trabajar con los retornos y el desnatador regulando las llaves adecuadamente.

Fotografía 55: Retorno y Desnatador



Fuente: Archivo HSE

5. Los mantenimientos se deben programar de acuerdo al vertimiento del agua según la capacidad de personas que maneje el campamento (para un promedio de 70 – 100 personas, cada mes y medio o dos meses).

6. El mantenimiento consta de sacar de cada baffle una tercera o cuarta parte del lodo activado para que no se sature la planta y el funcionamiento de la misma sea el óptimo.