

**VIABILIDAD TECNICO- ECONOMICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS PARA EL LAVADERO DE VEHÍCULOS DE LA FLOTA DE MEDIANOS DEL
TALLER DE EQUIPO LIVIANO (MASA STORK-CERREJÓN)**

Autor

JUAN DAVID GALINDO VILLAMIZAR

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, 9 de julio de 2021

VIABILIDAD TECNICO- ECONOMICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA EL LAVADERO DE VEHÍCULOS DE LA FLOTA DE MEDIANOS DEL TALLER DE EQUIPO LIVIANO (MASA STORK-CERREJÓN)

Autor

JUAN DAVID GALINDO VILLAMIZAR

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Director

SIMÓN DE JESÚS FYGUEROA SALGADO

PhD Procesos termofluido dinámicos de los motores de combustión interna
sjfigueroa@unipamplona.edu.co

Codirector

EDUARD MAURICIO ROMERO GARCÍA

Ingeniero mecánico
edumauomega@gmail.com

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Pamplona, 9 de julio de 2021

Dedicatoria

A Dios, quien lo es todo en mi vida, por darme sabiduría y la salud en este camino para alcanzar su propósito en mi vida como persona y como profesional.

A mis padres, Filemón y Maribel, por ser los principales motores de mis sueños, gracias a ellos por siempre confiar en mí, creer en mí y en mis expectativas como profesional. Gracias Por su amor esfuerzo, paciencia y apoyo incondicional.

A mi hijo Ian, que se convirtió en mi principal objetivo para salir adelante, luchar y sacar adelante esta tan anhelada carrera.

A mi novia Luz Malbys, por todo el apoyo, el amor, paciencia y esfuerzo a mi lado para que hoy yo pueda estar aquí.

A mis demás familiares y amigos, quienes en este recorrido colocaron, en el momento justo, su granito de arena para poder decir hoy juntos:

“¡Lo logramos!”

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la universidad de Pamplona, quien me abrió las puertas para formarme durante todos estos años como Ingeniero mecánico. A todas las docentes que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se verá reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

A los directores de este trabajo de grado, el ingeniero PhD. Simón Fygueroa Salgado, y al ingeniero Mauricio Romero García: por su apoyo, por creer en mí y alentarme para llevar a término este proyecto. Gracias por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de inquietud que surgía en el camino.

A mis padres y familiares, por sus múltiples esfuerzos, por ser motivación, por ser promotores de mis sueños y por confiar en mí. Gracias por sus palabras y consejos que me han guiado en el recorrido por la vida, ofreciendo y buscando siempre lo mejor para mi formación personal y profesional.

A mis amigos y compañeros, por esos largos días y noches de estudio en los que en medio de momentos buenos y otros no tanto, logramos vencer juntos.

Gracias a Dios por la vida de todos aquellos que aportaron en el desarrollo de mi carrera y en este trabajo de grado. Gracias a ti nuevamente, Dios, por guiarme, bendecirme en cada momento y por haberme dado las fuerzas para culminar esta etapa.

¡Gracias a todos, por creer en mí!

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	16
4. OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo general.....	17
4.2 Objetivos específicos	17
5. ESTADO ACTUAL	18
5.1 ESTADO DEL ARTE.....	18
5.1.1 Antecedentes	18
5.1.2 Antecedentes actuales	19
5.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	20
5.2.1 Parámetro físico - químico	21
5.2.1.1 Oxígeno Disuelto	21
5.2.1.2 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	21
5.2.1.3 Potencial de Hidrógeno (pH).....	21
5.2.1.4 Solidos Suspendidos	21
5.2.2 Pretratamiento.....	22
5.2.3 Tratamiento primario	22
5.2.3.1 Área de Cribas (Rastrillos).....	22
5.2.3.2 Sistemas de Separación de Partículas Sólidas	22
5.2.3.3 Desarenadores	22
5.2.4 Tratamiento Secundario	23
5.2.4.1 Aireación.....	23
5.2.4.2 Sedimentación Secundaria (Clarificador Secundario)	24
5.2.5 Tratamiento Terciario	24
5.2.5.1 Desinfección	24
5.2.5.2 Flujos de Descarga.....	25
5.2.6 Tipos de agua residual	26
5.2.6.1 Aguas residuales domésticas	26
5.2.6.2 Composición de las Aguas Residuales.....	27
5.3 ENFERMEDADES DE LA PIEL POR AGUA CONTAMINADA.....	36

5.3.1	Dermatitis	36
5.3.2	Prurito.....	36
5.3.3	Resequedad.....	37
5.4	MARCO LEGAL.....	37
5.4.1	Normas técnicas colombiana relacionadas con el tratamiento de agua residual doméstica	37
6.	MARCO METODOLOGICO	40
6.1	Metodología	40
6.1.1	Recolección de datos	40
6.1.2	Análisis de los datos.....	40
6.1.3	Interpretación de resultados.....	41
6.1.4	Socialización de resultados.....	41
6.2	RECURSOS Y HERRAMIENTAS.....	41
6.3	RECOLECCIÓN DE DATOS TÉCNICOS E HISTÓRICOS	46
6.3.1	Caracterización de los equipos	46
6.3.2	Obtención y organización de los datos.....	47
6.3.2.1	Obtención de datos en Ellipse	47
6.3.2.2	Obtención de datos en Entrega de Turno.....	48
6.3.2.3	Obtención de datos Registro lavadero.....	49
6.3.2.4	Mantenimiento aplicado.....	49
6.3.2.5	Datos históricos de la flota de equipos Medianos.....	49
6.3.2.6	Datos históricos del consumo de agua del lavadero.....	66
6.4	Indicadores del lavado de equipos Medianos.....	78
6.4.1	Indicador social	78
6.4.2	Indicador ambiental.....	78
6.4.3	Indicador económico - financiero	79
7.	DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	79
7.1	Camiones canasta	80
7.2	Tanqueros y lubricadores	81
7.2.1	Lubricadores de equipos auxiliares.....	81
7.2.2	Lubricadores de pala.....	82
7.2.3	Tanqueros de combustibles	83
7.3	Unidades contraincendios.....	84

7.4	Unidades de rescate y ambulancias	85
7.5	FLOTA EQUIPO MEDIANO.....	86
7.5.1	Consumo de agua equipos medianos	87
7.6	ANALISIS COMPARATIVO TÉCNICO DE DOS TECNOLOGÍAS DE FILTRACIÓN	88
7.6.1	Tecnología de Lodos Activados (SBR).....	89
7.6.2	Tecnología de Tratamiento Biológico (MBBR - Moving Bed Biofilm Reactor).....	91
7.6.3	Ventajas y desventajas	92
7.6.4	Especificación técnica de las dos tecnologías	93
7.6.4.1	Especificaciones Técnicas de Lodos Activados (SBR).....	93
7.6.4.2	Especificaciones Técnicas de Tratamiento Biológico (MBBR).....	97
7.6.5	Estudio económico - financiero	99
7.6.5.1	Evaluación económica.....	99
7.6.6	Selección de la tecnología	101
7.7	DIAGNOSTICO Y PRONOSTICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	103
7.7.1	Caracterización físico - química de las aguas vertidas.....	104
7.7.2	Estudio técnico.....	104
7.7.2.1	Localización óptima del proyecto.....	105
7.7.2.2	Determinación del tamaño óptimo de la planta.....	105
7.7.2.3	Planta de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados	107
7.7.3	Presupuesto de inversión.....	111
8.	CONCLUSIONES.....	113
9.	RECOMENDACIONES	115
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
11.	ANEXOS.....	118
11.1	Tarjetas Maestras Flota I – Lubricadores de Equipos Auxiliares	118
11.2	Tarjetas Maestras Flota II – Lubricadores de Palas	122
11.3	Tarjetas Maestras Flota III – Lubricadores Demás Flotas	127
11.4	Tarjetas Maestras Flota IV – Tanqueros de Combustible.....	129

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición Típica del Agua Residual Doméstica.....	26
Tabla 2. Composición Media Líquido Cloacal Doméstico.	26
Tabla 3. Concentración (mg/L) de los Contaminantes del Agua Residual.	27
Tabla 4. Normas técnicas para el tratamiento de aguas residuales en Colombia..	39
Tabla 5. Formato Tarjeta Maestra.....	43
Tabla 6. Formato para reporte de equipos lavados.	44
Tabla 7. Formato para control de consumo de agua de lavadero.....	45
Tabla 8. Formato para registro de tiempos de lavado.....	46
Tabla 9. Formato para registro de tiempos de lavado Camiones Canasta. Fuente: Autor	52
Tabla 10. Formato para registro de tiempos de lavado de Lubricadores de equipos auxiliares. Fuente: Autor	55
Tabla 11. Formato para registro de tiempos de lavado de Lubricadores de palas. Fuente: Autor	57
Tabla 12. Formato para registro de tiempos de lavado Demás flota. Fuente: Autor	58
Tabla 13. Formato para registro de tiempos de lavado tanqueros de combustible. Fuente: Autor	63
Tabla 14. Formato para registro de tiempos de lavado Unidades contraincendios. Fuente: Autor	64
Tabla 15. Formato para registro de tiempos de lavado Unidades de rescate y ambulancias. Fuente: Autor	65
Tabla 16. Consumo de agua mes de enero. Fuente: Autor	67
Tabla 17. Consumo de agua mes de febrero. Fuente: Autor	67
Tabla 18. Consumo de agua mes de marzo. Fuente: Autor	68
Tabla 19. Consumo de agua mes de abril. Fuente: Autor.....	69
Tabla 20. Consumo de agua mes de mayo. Fuente: Autor.....	70
Tabla 21. Consumo de agua mes de junio. Fuente: Autor.....	71
Tabla 22. Consumo de agua mes de julio. Fuente: Autor	72
Tabla 23. Consumo de agua mes de agosto. Fuente: Autor.....	73
Tabla 24. Consumo de agua mes de septiembre. Fuente: Autor.....	74
Tabla 25. Consumo de agua mes de octubre. Fuente: Autor	75
Tabla 26. Consumo de agua mes de noviembre. Fuente: Autor.....	76
Tabla 27. Consumo de agua mes de diciembre. Fuente: Autor	77
Tabla 28. Especificaciones de cumplimiento ambiental.....	78
Tabla 29. Tiempos (hr) de lavado camiones canasta, año 2019. Fuente: Autor	80

Tabla 30. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de equipos auxiliares, año 2019. Fuente: Autor	81
Tabla 31. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de palas, año 2019. Fuente: Autor	82
Tabla 32. Tiempos (hr) de lavado tanqueros de combustibles, año 2019. Fuente: Autor	83
Tabla 33. Tiempos (hr) de lavado unidades contraincendios, año 2019. Fuente: Autor	84
Tabla 34. Tiempos (hr) de lavado unidades de rescate y ambulancias, año 2019. Fuente: Autor	85
Tabla 35. Tiempo de lavado de equipo mediano, año 2019. Fuente: Autor.....	86
Tabla 36. Consumo de agua (m³) de la flota de equipo mediano, año 2019. Fuente: Autor	88
Tabla 37. Ventajas y desventajas de las tecnologías SBR y MBBR. Fuente: (Escobar, Federica, 2017)	93
Tabla 38. Características de la PTAR SBR. Fuente: (Escobar, Federica, 2017) ...	94
Tabla 39. Especificaciones del aireador. Fuente: (Escobar, Federica, 2017)	96
Tabla 40. Sistema de dosificación de desinfectante. Fuente: (Escobar, Federica, 2017).....	96
Tabla 41. Características PTAR MBBR. Fuente: (Escobar, Federica, 2017).....	97
Tabla 42. Cotización de PTAR SBR (COP). Fuente: (Escobar, Federica, 2017)	100
Tabla 43. Cotización de PTAR MBBR (COP). Fuente: (Escobar, Federica, 2017)	101
Tabla 44. Mínimo Costo (COP). Fuente: Autor	101
Tabla 45. Ponderación de aspectos a evaluar. Fuente: Autor	102
Tabla 46. Resultados de Estudio Técnico. Fuente: Autor	102
Tabla 47. Análisis físico químico del lavadero Equipo liviano. Fuente: (Ambiental, Cerrejón)	104
Tabla 48. Caudal (m³) histórico del lavadero Equipo liviano. Fuente: Autor	106
Tabla 49. Cálculo capacidad Planta de Tratamiento. Fuente: Autor	107
Tabla 50. Presupuesto de Inversión.	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pasos en el proceso de Tratamiento de Aguas Residuales.....	25
Figura 2. Relación entre el caudal medio y los caudales permanentes máximos y mínimos para periodos de tiempo inferiores a 30 días.	36
Figura 3. Plataforma de Elipse. Fuente: Autor	48
Figura 4. Entrega de turno. Fuente: Autor	48
Figura 5. Registro de datos lavadero. Fuente: Autor	49
Figura 6. Tiempo de lavado camiones canasta, año 2019. Fuente: Autor	80
Figura 7. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de equipos auxiliares, año 2019. Fuente: Autor	81
Figura 8. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de palas, año 2019. Fuente: Autor	82
Figura 9. Tiempos (hr) de lavado tanqueros de combustibles, año 2019. Fuente: Autor	83
Figura 10. Tiempos (hr) de lavado unidades contraincendios, año 2019. Fuente: Autor	84
Figura 11. Tiempos (hr) de lavado unidades de rescate y ambulancias, año 2019. Fuente: Autor	85
Figura 12. Tiempo de lavado equipo mediano, año 2019. Fuente: Autor	87
Figura 13. Consumo de agua taller Equipo liviano, año 2019. Fuente: Autor	88
Figura 14. Proceso de un sistema de lodos activados. Fuente: (Calviño, 2014) ..	90
Figura 15. Esquema funcionamiento biorreactor MBBR + decantador secundario. Fuente: (Calviño, 2014)	92
Figura 16. Ubicación del taller equipo liviano. Fuente: Autor	103
Figura 17. Consumo de agua total lavadero. Fuente: Autor	106
Figura 18. PTAR basada en Lodos activos. Fuente: Autor	108
Figura 19. Diagrama de flujo de una PTAR de lodos activos. Fuente: Autor	110
Figura 20. Esquema representativo de un PTAR. Fuente: Autor	111
Figura 21. Tarjeta maestra 760127. Fuente: Autor	118
Figura 22. Tarjeta maestra 760141. Fuente: Autor	119
Figura 23. Tarjeta maestra 760146. Fuente: Autor	120
Figura 24. Tarjeta maestra 760155. Fuente: Autor	121
Figura 25. Tarjeta maestra 760156. Fuente: Autor	122
Figura 26. Tarjeta maestra 760133. Fuente: Autor	123
Figura 27. Tarjeta maestra 760154. Fuente: Autor	124
Figura 28. Tarjeta maestra 760158. Fuente: Autor	125
Figura 29. Tarjeta maestra 760161. Fuente: Autor	126
Figura 30. Tarjeta maestra 760135. Fuente: Autor	128

Figura 31. Tarjeta maestra 760136. Fuente: Autor	129
Figura 32. Tarjeta maestra 760115. Fuente: Autor	130
Figura 33. Tarjeta maestra 760151. Fuente: Autor	131
Figura 34. Tarjeta maestra 760153. Fuente: Autor	132
Figura 35. Tarjeta maestra 760159. Fuente: Autor	133
Figura 36. Tarjeta maestra 760163. Fuente: Autor	134
Figura 37. Tarjeta maestra 760164. Fuente: Autor	135

1. INTRODUCCIÓN

La empresa MASA STORK (Mecánicos Asociados S.A.S) especializada a nivel mundial en el servicio de mantenimiento de maquinaria y equipos del sector Energía Eléctrica, Petróleo y Gas, Petroquímicos, Minería y Metales, Infraestructura y Aguas y Residuos, actualmente proporciona los servicios de mantenimiento a los equipos que prestan soporte al proceso de explotación de carbón mineral en la mina Cerrejón localizada en los municipios de Albania, Barrancas y Hatonuevo (Guajira), al norte del país. Debido a las condiciones agresivas del ambiente y del terreno de la mina, en todos los casos es necesario someter los equipos a un lavado meticuloso antes de iniciar las labores de mantenimiento.

El lavado de equipos juega un papel importante, como paso inicial para realizar el mantenimiento de los equipos. Para ello se cuenta con operarios, encargados de la limpieza de los equipos con agua a presión que por ecología y economía debe ser usada, tratada y reutilizada. En la actualidad al agua producto del lavado de los equipos no se está tratando para su reutilización, ya que solo se la somete a una separación por gravedad de las partículas de mayor densidad como piedras, lodos, metales, hidrocarburos, etc., y a una separación física del aceite mediante trampas. Este ciclo de reutilización del agua se realiza durante una semana, al cabo de la cual equipos de succión por vacío (camiones de succión), se encargan de extraer parte del volumen de agua ya contaminado, la cual se repone con agua limpia, este proceso se repite cíclicamente.

Con este proyecto se diseñará una planta de tratamiento de aguas para reutilizar el agua usada en el lavado de equipos con la finalidad de aumentar la eficiencia del sistema (relación costo/beneficio), reducir el consumo de agua, atenuar el impacto al medio ambiente mediante la disminución del vertido de residuos y aguas contaminantes, y proteger la salud de los operarios que presentan afecciones en la piel, debidas al agua que se utiliza en el lavado.

El tratamiento del agua se divide generalmente en tres etapas. La etapa primaria constituida por la separación de sólidos grandes mediante un sistema de rejillas (mallas) y el desarenado para separar los sólidos pequeños de gran densidad. La etapa secundaria que incluye el tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan con facilidad. La etapa final o terciaria que implica procesos adicionales de desinfección y filtración, con el objeto de que el agua esté en óptimas condiciones para su reutilización.

Los resultados esperados de este proyecto son: aumento de la eficiencia del lavadero, mejores condiciones de salubridad para los operarios y mejoramiento de la calidad del mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad) de los equipos a los cuales se les presta servicio en el Taller de Equipo Liviano del Cerrejón. Por otro lado, los resultados conseguidos ayudarán a MASA STORK a mantenerse en mejora continua, optimizar recursos y ganar las futuras licitaciones de mantenimiento de equipo liviano a otras contratistas del Cerrejón.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Cerrejón ha realizado varios procesos de mejora continua, que le han permitido mantenerse vigente en el sector minero en las últimas décadas. Cerrejón, cuenta con una serie de contratistas que le brindan un soporte en actividades que están relacionadas indirectamente con la producción, el manejo y el transporte del carbón. Estas son algunas de las actividades que realizan los contratistas: vigilancia, aseo, mantenimiento de equipo liviano mediano y pesado, transporte de personal, proyectos de infraestructura, alimentación, soldadura, mantenimiento de instalaciones, etc.

La empresa Mecánicos Asociados S.A.S, hace parte del grupo de contratistas que en la actualidad presta sus servicios a Cerrejón, en las áreas de mantenimiento de equipo liviano y mediano, soldadura, transporte de combustibles, mantenimiento electromecánico de equipos de soporte y plantas de iluminación, aire comprimido y cabinas, contando con un personal contratado de 1300 empleados. MASA STORK, es una compañía con más de 35 años de experiencia en diferentes sectores principalmente en Oil & Gas y Minería entre otros. El área de equipo liviano es la encargada del mantenimiento de todos los equipos livianos, medianos, de soporte y plantas de iluminación de Cerrejón. La flota de equipos se divide en seis sub-flotas: equipos livianos, equipos medianos críticos, demás equipos medianos, tractomulas de riego y de carga, camiones tanqueros y lubricadores, equipos de soporte y plantas de luminarias. Todas estas flotas serán el objeto de estudio de presente proyecto, las cuales están relacionadas indirectamente con la explotación y producción del carbón.

Las consecuencias negativas del proceso de lavado de equipos son: alto consumo de agua e insumos, generación de aguas residuales y lodos, y retraso en los mantenimientos; estos factores son de alto impacto para la empresa, motivo por el cual se busca mejorar y potencializar cada uno de ellos, con el fin de incrementar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos del Cerrejón.

Cuando un equipo está en la recepción del Taller, los operarios deben proceder a su limpieza sin demoras que, causen retraso de la programación de los servicios de mantenimientos, en los cuales está involucrada toda el área de mantenimiento, lo que puede traer como consecuencia una pérdida de confianza y credibilidad en este proceso. Adicionalmente la demora del lavado de equipos se ve incrementada por la falta de un detergente o un aditivo que agregado al agua no sólo facilite el lavado, sino que mejore la calidad del trabajo de los operarios, ya que actualmente hacen la limpieza únicamente con agua a presión. De esta manera se mejorarían las condiciones de salubridad del agua que son las que están afectando la salud de los operarios del área produciéndoles un prurito en la piel.

Como en una línea de producción lo apremiante siempre será el tiempo de los procesos, por este motivo, solucionando lo planteado anteriormente, se mejorará la frecuencia de los mantenimientos, con la consiguiente reducción de los costos de operación e insumos, mejor aprovechamiento del lavadero y menos inconvenientes de salud por afecciones en la piel del personal del área. De continuar sin corregir esta problemática, a la contratista MASA STORK le será más difícil cumplir con los estándares y exigencias del Cerrejón.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Según los indicadores de calidad del agua del Cerrejón, el 90% del total de agua que se usa se proviene de la despresurización de las vetas de carbón y de la esorrentía de aguas lluvias que cae dentro de los tajos que no es apta para consumo humano, animal o riego de cultivos. El 10% restante de agua destinada al consumo humano de empleados y contratistas, así como a la entrega a comunidades por medio de diferentes iniciativas como el Tren del Agua, se obtiene del río Ranchería y su acuífero aluvial. Por este motivo, es de suma importancia la inclusión de una planta de tratamiento de agua que garantice un uso eficiente de este recurso y reduzca la contaminación de las fuentes hídricas que son las más afectadas en este proceso.

Este proyecto se plantea con la finalidad de mejorar la eficiencia del lavado de equipos livianos mediante la implementación de una planta de tratamiento de aguas, en el Taller de Equipo Liviano del Cerrejón con el propósito de mejorar el proceso de ejecución del mantenimiento y hacer un adecuado tratamiento de las aguas residuales para mejorar la utilización del lavadero y proteger la salud de su personal.

El resultado obtenido del proyecto permitirá a MASA STORK, conocer el estado actual en el que se encuentra el lavadero de equipo liviano, tomar decisiones en pro del bienestar de la empresa con el fin de mitigar puntos críticos que afecten el mantenimiento, aumentar su eficiencia y estar a la vanguardia en el uso óptimo de aguas residuales.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad técnico- económica de una planta de tratamiento de aguas para el lavadero de vehículos de la flota de medianos del taller de equipo liviano (MASA STORK-Cerrejón).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer un diagnóstico de la situación actual del lavadero de Equipo Liviano.
2. Determinar los indicadores del lavado de equipos de la flota de medianos del taller de Equipo Liviano.
3. Plantear y evaluar técnicas de filtrado de aguas residuales.
4. Diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales en el taller de equipo liviano.

5. ESTADO ACTUAL

5.1 ESTADO DEL ARTE

La demanda mundial de agua ha ido aumentando y seguirá creciendo de manera significativa en los próximos años en función del aumento de la población, del desarrollo económico y los cambios en los patrones de consumo, entre otros factores. Los niveles extremadamente bajos de tratamiento de las aguas residuales en los países con ingresos medios-altos y medios-bajos, y la reducción del agua disponible muestran la imperiosa necesidad de realizar mejoras tecnológicas para contar con opciones seguras para la reutilización del agua. (Mendes, 2019)

Según (Monney et al., 2020) las estaciones de lavado de autos usan grandes volúmenes de agua y liberan químicos dañinos al medio ambiente a través de sus operaciones. Si bien una gran cantidad de literatura se ha centrado en explorar el uso del agua en la industria del lavado de autos, ninguna ha proporcionado información completa sobre las cargas de contaminación de las aguas residuales que emanan de esta industria y el consumo de agua. Comprender la cantidad de agua que se usa y las cargas contaminantes de las aguas residuales de esta industria es útil para garantizar la adopción de medidas de conservación del agua y diseñar sistemas de reciclaje de aguas residuales debido a la disminución de los recursos de agua dulce a nivel mundial.

5.1.1 Antecedentes

El primer sistema de lavado profesional de vehículos se realizó en la Ciudad de Detroit (Estados Unidos), en 1914 en la que dos hermanos hacían la limpieza con agua y jabón, mientras el vehículo era llevado por una línea de lavado. Pasado unos años, en 1928 surge el primer lavado automático de autos; el cual ingenieros diseñaron un mecanismo que atraería a los automóviles a través de cada etapa de limpieza. En 1946, esta visión se hizo realidad, el primer lavado de autos semiautomático debutó en Detroit. En donde transportadores con pistas móviles fueron instalados en lavados de autos para reemplazar los peligrosos transportadores de gancho. (Martínez, 2017)

En la década de 1960 y 1970, el proceso de lavado de automóviles progresivamente mejoró, los cepillos con cerdas de plástico fueron eliminados y reemplazados por esponjas que eran suaves para la superficie del automóvil. El autoservicio de lavado de automóviles también debutó. Este servicio permitía que los conductores contrataran pistolas, cepillos y esponjas para limpiar sus propios automóviles.

En las últimas dos décadas, ha habido un movimiento hacia el lavado de autos rápido y rentable. La industria del lavado de autos comprendió que las personas comenzaban a perder interés en los lavados con transportadores de servicio completo. La transición para expresar el lavado de autos se hizo en un esfuerzo por atender a más personas, limpiar autos más rápido y cobrar a los clientes menos dinero. (Martínez, 2017)

Hoy en día, los lavados de autos son increíblemente eficientes. Tratan el agua utilizada en cada lavado con sistemas de recuperación que la reciclan para su uso futuro, controles de computadora de alta tecnología y boquillas de alta presión que preservan el agua y reducción de los costos de electricidad gracias a soluciones como los reguladores que reducen los ciclos de secado.

5.1.2 Antecedentes actuales

En los últimos cinco años se han realizado y patentados estudios sobre esta temática. En Colombia (J. TAVERA GARCIA, 2015) realizó estudios sobre el manejo, tratamiento y reusó del agua en la estación de lavados de vehículos, "los Ángeles" Kennedy, Bogotá, con el objetivo de minimizar el consumo de agua y dar el mayor uso eficiente de este recurso.

Pasado un año, el departamento de ingeniería de la Universidad de Deakin (Alicia et al., 2016) publicó un método sobre la reutilización de aguas residuales del lavado de coches, mediante coagulación química y procesos de tratamiento de biorreactores de membrana (MBR). En donde se afirma que las aguas residuales del lavado de autos contienen concentraciones significativas de contaminantes como nutrientes orgánicos, partículas, arena, aceite, grasa, detergentes, diésel, etc.

El siguiente año, la Universidad Federal de Minas Gerais (Grossi et al., 2017) realizó una investigación sobre el tratamiento de aguas residuales de lavado de coches, mediante membranas de micro y ultrafiltración. Con el objetivo de caracterizar el flujo permeado, la calidad y evaluación de la reutilización del agua. La Fundación Universidad de América (GAMBOA, 2017) realizó en agosto el diseño de una planta de tratamiento de aguas, para lavado automotor de la empresa translogam. En noviembre del mismo año, la universidad de sao paulo (Subtil et al., 2017) investigó el potencial de reutilización de agua en instalaciones de lavado de vehículos pesados. El cual consta de una unidad de tratamiento, compuesta por un contador giratorio y unidad de filtración.

Posteriormente la Universidad Federal de Rio Grande do Norte (Ganiyu et al., 2018) realizó estudios sobre procesos electroquímicos avanzados de oxidación (EAOP) como técnicas de tratamiento

alternativas, para la recuperación de aguas residuales del lavado de vehículos. En el mismo año la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Albarracín Heredia, 2018) realizó un estudio, diseño, y optimización de una PTAR en el lavadero de carros SAMYWAL.

En la actualidad (Moazzem et al., 2020) investigó la aplicación de un biorreactor de membrana mejorado para la reutilización de aguas residuales de lavado de vehículos, la cual producirá agua reciclada de alta calidad.

5.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos en donde se remueven al máximo los contaminantes previos a la disposición de estos en un cuerpo de agua receptor. Se hace uso de ellas con el fin de minimizar al máximo, posibles riesgos a la salud humana o daños al medio ambiente; en varias empresas sirven como unidad de control de calidad del proceso productivo, donde por medio del análisis del agua residual (cantidad, calidad), se puede estimar la eficiencia de la fábrica, y en particular las pérdidas de materia prima y el gasto de insumos. (Escobar, Federica, 2017)

Los términos de agua residual se utilizan para referirse al agua que presenta una composición variada de líquidos y residuos sólidos que provienen del sistema de abastecimiento de una población y que ha sido modificada debido a diversos usos en actividades como: domésticas, industriales, comerciales, de servicio, agrícola, pecuarios entre otros. Debido a la naturaleza de las aguas residuales al momento de su descarga, no pueden ser utilizadas en los procesos que las genero, y al ser vertidas varios cuerpos receptores sin un tratamiento previo pueden llegar a implicar una alteración de los ecosistemas terrestres y acuáticos o incluso afectar a la salud humana. (Metcalf and Eddy, 1995)

Para (Belzona Inc., 2010) en su forma más simple, una planta de tratamiento de aguas residuales evacúa sólidos, reduce la materia orgánica y los contaminantes y restaura el oxígeno disuelto. Los sólidos incluyen todo, desde trapos y maderas, a arena y partículas pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros microorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. Las bacterias y los microorganismos son luego separados del agua. La restauración del oxígeno es importante ya que el agua debe tener suficiente oxígeno para sostener la vida.

5.2.1 Parámetro físico - químico

Tal como su nombre lo indica, (Escobar, Federica, 2017) dice que son parámetros que a través de su medición dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, por esta razón es importante cuantificar ambos métodos al momento de realizar mediciones en la calidad de un cuerpo de agua. A continuación, algunos de los parámetros que son medidos en las aguas residuales:

5.2.1.1 Oxígeno Disuelto

La producción de oxígeno en un cuerpo de agua está relacionada con la fotosíntesis e aireación, mientras el consumo de él dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto (OD) dependerá del balance entre todos estos fenómenos. Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O₂ caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos, llevando a la desaparición de especies en el agua.

5.2.1.2 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobios o anaerobias facultativas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/L. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes; cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla.

5.2.1.3 Potencial de Hidrógeno (pH)

Es una medida de acidez o basicidad (alcalinidad) en una solución. Se define como el antilogaritmo de la concentración del ion hidronio. En cuerpos de agua, es muy importante su medición debido a que refleja la calidad de este. Su valor óptimo, es de 7.0 unidades de pH; valores por debajo indican acidez y por encima indican alcalinidad. Cabe resaltar que la degradación de materia orgánica produce metano y ácido carbónico (CO₂), lo cual acidifica el agua.

5.2.1.4 Sólidos Suspendidos

Corresponde a la cantidad de material (sólidos) presente en un líquido. Para el caso del agua, es de suma importancia su medición debido a que su presencia disminuye el paso de luz a través del agua evitando actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno. El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodos que se produce en el sistema, por tal razón deben ser tenidos en cuenta para realizar el diseño de los reactores.

5.2.2 Pretratamiento

Se define como el proceso de eliminación de sus constituyentes, cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. (Escobar, Federica, 2017)

5.2.3 Tratamiento primario

El proceso de tratamiento primario toma el desagüe crudo o de ingreso y retira entre el 40 y el 60 por ciento de sólidos arrastrados. El tratamiento que tiene lugar en esta parte del proceso es puramente mecánico. Los procesos posteriores son mecánicos, biológicos y químicos. Toda la serie de pasos que componen el tratamiento primario es llamada a veces clarificación. La meta de este proceso es retirar turbidez, partículas sólidas y materiales flotantes. Debido a que estos contaminantes interferirán con los procesos de tratamiento posteriores deben ser retirados con anterioridad. Los pasos que comprenden el tratamiento primario son. (Belzona Inc., 2010)

5.2.3.1 Área de Cribas (Rastrillos)

Son esencialmente redes de metal o placas con agujeros fijos. Se ubican en el canal de ingreso para retirar sólidos y materiales demasiado grandes. Estos sólidos pueden incluir pedazos de madera, trapos, plástico, piedras y otros residuos. Existen dos tipos de ribas:

- Cribas ordinarias
- Cribas finas.

5.2.3.2 Sistemas de Separación de Partículas Sólidas

Si las partículas sólidas no son retiradas del agua residual en el proceso de tratamiento, las partículas abrasivas ocasionarán un excesivo desgaste en muchas partes móviles de la maquinaria usada en el proceso. Además, se asentarán en tuberías y tanques de sedimentación. Esto reducirá la efectividad de los procesos de evacuación de lodos. Si las partículas de sólidos llegaran hasta los tanques de aireación y digestores, se reduciría el espacio utilizable en su interior, así como también la efectividad del sistema. Los sistemas de separación se dividen en:

- Sistemas de Separación por Gravedad.
- Unidades Centrífugas de Separación.

5.2.3.3 Desarenadores

Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar. Los más comunes en las plantas de aguas residuales son los desarenadores detritus de flujo vertical. En estos el flujo se efectúa desde la parte inferior hacia arriba. Las partículas se sedimentan mientras el agua sube.

5.2.3.3.1 Tanques de sedimentación primaria (Clarificadores)

Estos son grandes receptáculos circulares o rectangulares que normalmente contienen el agua residual por varias horas. Pueden estar contruidos de concreto o de acero. Esto permite que ocurran dos cosas muy importantes. Primero, las partículas más pesadas que componen el lodo se asentarán en el fondo. Segundo, los materiales flotables más ligeros tales como la grasa se elevaren a la superficie.

Algunos de los procesos específicos que ocurren en el clarificador son:

- Coagulación.
- Floculación.
- Flotación.
- Separación por Gravedad.
- Evacuación de la Capa Superficial de Impurezas (Scum).

5.2.4 Tratamiento Secundario

El Tratamiento Secundario de aguas es la fase de tratamiento final antes de la Desinfección y del regreso del agua al ecosistema. Un tanque de tratamiento secundario (clarificador secundario) recibe las aguas residuales del clarificador primario y del aireador después de que tuvo lugar la evacuación inicial de lodos y de las impurezas de la superficie. En este punto, ya han sido retirados del 40 al 60 por ciento de los sólidos. El proceso de tratamiento secundario retira aún más. Después de esta etapa se han retirado del agua el 90 por ciento de los contaminantes.

Hasta llegar aquí, el tratamiento anterior fue casi completamente mecánico. Se basaba mayormente en la gravedad o en aparatos mecánicos que retiraban los contaminantes. En el tratamiento secundario, la limpieza adquiere también una naturaleza biológica. Para un tratamiento efectivo, se debe lograr un balance entre el nivel de desperdicios orgánicos, el oxígeno disuelto y los niveles bacteriales. (Belzona Inc., 2010)

5.2.4.1 Aireación

La aireación abastece de grandes cantidades de oxígeno a las aguas residuales para las bacterias aeróbicas y otros microorganismos que ayudan a descomponer el material orgánico dañino en las aguas residuales. Los cúmulos de material de desecho sólido resultantes se asientan en el fondo del tanque, esto es llamado el lodo activado.

Las aguas residuales aireadas son luego depositadas en un tanque de sedimentación secundaria (clarificación secundaria) donde se les da tiempo a los microorganismos útiles para que cumplan su función. Existen varios tipos de aireadores:

- Aireación Dispersada
- Turbina A Motor

- Esparcidor
- Aireador de Superficie

5.2.4.2 Sedimentación Secundaria (Clarificador Secundario)

La sedimentación secundaria o clarificación se combina con frecuencia con la aireación en un tanque grande o en una poza. La aireación ocurrirá en la parte superior y el asentado de lodos ocurrirá en el fondo. El corazón del sistema lo compone el lodo activado del proceso de aireación. Este material es rico en bacteria y de otros microbios útiles y es responsable de la descomposición de los materiales orgánicos y de la formación de flóculos para una evacuación adicional de sólidos, aceites y otros desperdicios.

La etapa de Sedimentación Secundaria es necesaria para permitir que los flóculos se asienten y que impurezas superficiales adicionales sean retiradas de la superficie antes de salir hacia el efluente claro. Este producto final es extremadamente bajo en contenido orgánico.

5.2.5 Tratamiento Terciario

Para (Belzona Inc., 2010), el tratamiento terciario es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, pero no ha sido ampliamente adoptado por ser muy caro. La finalidad de los tratamientos terciarios es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios, por ejemplo, los nutrientes, fósforo y nitrógeno.

Este tratamiento consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente los fosfatos y nitratos del efluente final. El agua residual que recibe un tratamiento terciario adecuado no permite un desarrollo microbiano considerable. Estos procesos son de naturaleza biológica o físico química, siendo el proceso unitario más empleado el tratamiento físico-químico. Este consta de una coagulación - floculación y una decantación. Algunos de estos tratamientos son los siguientes:

- Intercambio Iónico
- Adsorción
- Micro filtración y Ultrafiltración
- Ósmosis Inversa

5.2.5.1 Desinfección

Este proceso es el paso final antes de distribuir las aguas residuales ya tratadas al ambiente, y es para matar microorganismos que pueden representar un peligro para la salud. Este proceso,

llamado desinfección puede ser alcanzado agregando cloro, exponiendo el agua residual a rayos ultravioletas o mediante la ozonización.

- Mediante Sistema de Cloración.
- Mediante Radiación Ultravioleta (luz ultravioleta).
- Mediante ozonización.

5.2.5.2 Flujos de Descarga

El último control que la planta tiene sobre los efluentes antes de su salida. El agua puede ser devuelta a un lago o río, o puede ser devuelta al mar. Los flujos de descarga pueden ser:

- Bombeo Efluente
- Generación de Energía Hidroeléctrica

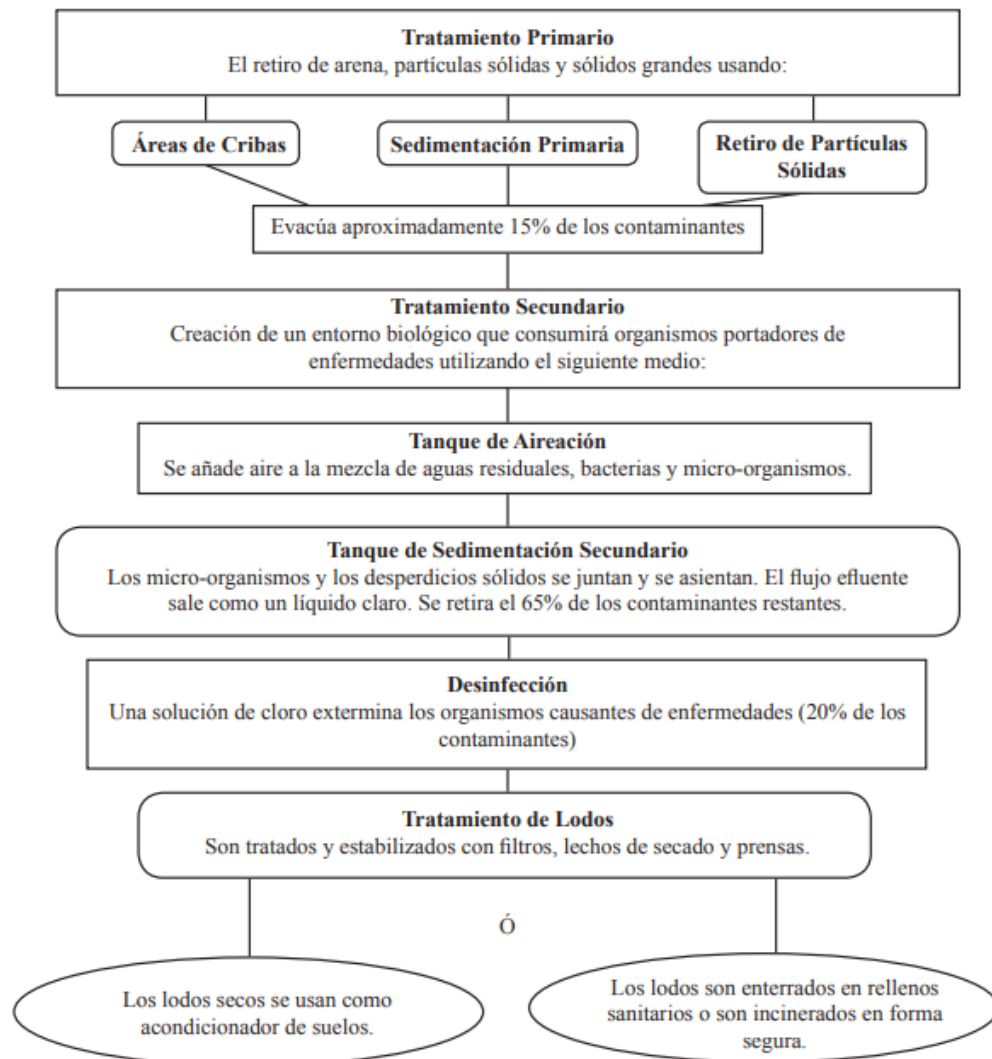


Figura 1. Pasos en el proceso de Tratamiento de Aguas Residuales.

Fuente: (Belzona Inc., 2010)

5.2.6 Tipos de agua residual

Las aguas residuales pueden provenir de diferentes lugares, es así que dependiendo de su origen pueden ser clasificados como: Aguas Residuales Domésticas, Aguas Residuales Industriales y Aguas Residuales Municipales. (Escobar, Federica, 2017)

5.2.6.1 Aguas residuales domésticas

Son las aguas provenientes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales. Las cuales han sido utilizadas para diferentes actividades de tipo doméstico y finalmente son descargadas al sistema de alcantarillado.

Las aguas residuales domésticas están conformadas por una gran variedad de elementos y compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. A continuación, se señalan en la *Tabla 1* y en la *Tabla 2*, la composición típica y media respectivamente.

Componente	Concentración (mg/L)	Componente	Concentración (mg/L)
Carbonato	2,4	Bicarbonato	45,0
Cloruro	3,5	Sulfato	5,8
Nitrato	1,1	Fosfato	0,0
Sodio	0,5	Potasio	0,8
Calcio	10,4	Magnesio	9,8
Sílice	5,8	Fluoruro	0,8
Manganeso	0,0	Hierro	0,0
Aluminio	0,1	Boro	0,1
Sólidos disueltos totales	63,8	Alcalinidad total	39,0

Tabla 1. Composición Típica del Agua Residual Doméstica.
Fuente: (Metcalf and Eddy, 1995)

Sólidos	Total	Mineral	Orgánico	DBO5 a 20°C
Totales	250	105	145	54
Disueltos	160	80	80	12
Suspendidos	90	25	65	42
Sedimentables	54	15	39	19
No sedimentables	36	10	26	23

Tabla 2. Composición Media Líquido Cloacal Doméstico.
Fuente: (Metcalf and Eddy, 1995)

5.2.6.2 Composición de las Aguas Residuales

Las aguas residuales están compuestas por cuatro fuentes: las aguas provenientes de las actividades cotidianas del hombre, las utilizadas con fines higiénicos (sanitario, cocina, lavandería, etc.); por las aguas que resultan de las actividades industriales, por las aguas de usos agrícolas y por las aguas pluviales. Aunque la mayor parte de las aguas servidas (cerca del 80%) provienen del uso doméstico e industrial, las de usos agrícolas y pluviales urbanas están adquiriendo cada día mayor importancia, debido a que los escurrimientos de fertilizantes y pesticidas representan los principales causantes del envejecimiento de lagos y pantanos, proceso llamado eutrofización.

Los contaminantes de las aguas residuales se clasifican en contaminantes físicos, químicos y biológicos. Los cuales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas servidas. Es por esto que las aguas residuales dependiendo de la cantidad de estos componentes se clasifican en: fuerte, media y débil. Debido a que la concentración como la composición del agua residual va variando con el transcurso de tiempo. Con los datos mostrados en la *Tabla 3* sólo se pretende dar una orientación general para la clasificación de estas aguas.

Constituyente	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, en total	1200	700	350
Disueltos, en total	850	500	250
Suspendidos, en total	350	250	100
DBO	300	200	100
Nitrógeno	85	40	20
Amoniaco Libre	50	25	12
Fósforo	20	10	6
Alcalinidad	200	100	50
Grasa	150	100	50

Tabla 3. Concentración (mg/L) de los Contaminantes del Agua Residual.

Fuente: (Metcalf and Eddy, 1995)

5.2.6.2.1 Características de las aguas residuales

La generación de las aguas residuales es un producto inevitable de toda actividad humana. Para lograr un tratamiento y disposición final apropiado de las mismas, es indispensable conocer sus características físicas, químicas y microbiológicas. El conocimiento de la naturaleza de las aguas residuales es fundamental para la gestión de la calidad del ambiente y para el establecimiento de normativas o leyes que regulen las concentraciones de los contaminantes presentes en ellos, así como la planificación de proyectos y explotación de las infraestructuras tanto de acopio como de tratamiento y evacuación de las mismas. (Escobar, Federica, 2017)

Con el propósito de comprender la importancia que tiene la composición de las aguas servidas para el tratamiento de las mismas, se deben de tener en cuenta una serie de conceptos básicos, relacionados con los análisis de laboratorio para líquidos cloacales, los cuales incluyen parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos. Cabe destacar que muchos de estos parámetros están relacionados entre ellos. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en ella, los cuales están clasificados como características químicas.

A continuación, se presenta los principales parámetros de calidad que deben ser tenidos en cuenta en el tratamiento de las aguas residuales. (Escobar, Federica, 2017)

5.2.6.2.1.1 Características Físicas

- 1. Temperatura:** La temperatura del agua residual generalmente es más alta que la del agua de suministro. Las temperaturas registradas en las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, con valores aproximados entre 10 y 21 °C, tomando 15,6 °C como valor representativo.

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre 25 °C y 5 °C. Los procesos de digestión anaerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50°C. A temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando temperatura alcanza valores cercanos a los 5 °C.

- 2. Sólidos Totales:** El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. Los sólidos domésticos incluyen los procedentes de inodoros, fregaderos, baños, lavaderos, trituradores de basura y ablandadores de agua. Los Sólidos Totales, son los materiales suspendidos y disueltos en el agua. Se obtienen evaporando el agua a 105 °C y pesando el residuo. Además, este residuo puede ser dividido en sólidos volátiles en orgánicos y sólidos fijos o inorgánicos.
- 3. Densidad:** La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m³. Es una característica física importante del agua residual a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento.
- 4. Olor:** Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerante que el agua residual séptica. El olor característico

del agua residual séptica es debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

- 5. Color:** El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteria bajo condiciones anaerobias.

- 6. Turbiedad:** Nos permite tener una idea de la cantidad de materiales extraños en suspensión que pueden estar presentes en las aguas residuales, en especial: arcillas, limo, materia orgánica finalmente dividida, plancton u organismos microscópicos. Se utiliza, mayormente, para apreciar la calidad de los efluentes de las plantas de tratamientos.

5.2.6.2.1.2 Características Químicas

En las aguas residuales son varios los componentes orgánicos e inorgánicos de importancia para la determinación y control de la calidad del agua.

Dentro de los parámetros químicos inorgánicos más importantes de las aguas residuales, se encuentran los siguientes: (Escobar, Federica, 2017)

- 1. Nitrógeno:** En el análisis de aguas residuales se pueden hacer cinco tipos de determinaciones de nitrógeno: el amoníaco libre, el amonio albuminoide, el nitrógeno orgánico, los nitritos y los nitratos. El amoníaco libre, los nitritos y los nitratos constituyen el nitrógeno total.

El nitrógeno orgánico y el amoníaco libre, considerados conjuntamente, son un índice de la materia nitrogenada orgánica contenida en las aguas residuales, y el amonio albuminoide puede tomarse como un índice del nitrógeno orgánico descomponible que existe. El amoníaco libre nitrógeno amoniacal, es el resultado de la descomposición bacteriana de la materia orgánica.

Las aguas residuales recientes y frías, son relativamente ricas en nitrógeno orgánico y pobres en amoníaco libre. Las aguas residuales alteradas y calientes son relativamente ricas

en amoníaco libre y pobres en nitrógeno orgánico. La suma de ambos será constante en las mismas aguas residuales, a no ser que parte del amoníaco se haya desprendido a causa de una acción séptica. La concentración total de ambas formas de nitrógeno, es una indicación valiosa de la concentración o fuerza de las aguas residuales y tiene importancia al estudiar el tipo de tratamiento que deba adoptarse.

Los nitritos (RNO_2) y los nitratos (RNO_3) (R representa cualquier elemento químico como K, Na, etc.) Solo se encuentran en las aguas residuales, en concentraciones de menos de una parte por millón. Los nitritos no son estables y se reducen dando amoníaco, o se oxidan para formar nitratos. Su presencia indica que hay una transformación en proceso. Su presencia en las aguas residuales brutas suele indicar que estas son recientes, o que se ha agregado agua de dilución hace tan poco tiempo que no ha habido tiempo para la reducción de los nitratos y nitritos.

Los nitratos constituyen la forma más estable del nitrógeno en las aguas residuales, y por lo tanto, su presencia puede ser indicio de estabilidad. Sin embargo, la presencia de nitratos en los líquidos finales de las instalaciones de tratamiento, puede ser inconveniente, por promover el desarrollo de algas y plantas microscópicas.

- 2. Nitrógeno amoniacal:** Esta forma de nitrógeno se genera principalmente en las aguas destinadas a consumo humano, en donde es indicio de contaminación fecal reciente, lo cual es una alerta sobre la peligrosidad del agua. La urea contenida en la orina del hombre y animales, se descompone aportando nitrógeno amoniacal, tal como lo indica la siguiente ecuación: $\text{CON}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$
- 3. Nitrito:** El nitrito es el radical univalente NO_2 , su importancia en la calidad de agua, radica en que este parámetro refleja contaminación de naturaleza orgánica. Es importante que se garantice la oxidación de este compuesto a nitratos, ya que Cuando el nitrito entra en el flujo sanguíneo, reacciona con la hemoglobina y forma un compuesto llamado metahemoglobina. Este compuesto reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. El nivel de oxígeno disminuye, y los bebés muestran síntomas de una enfermedad llamada metahemoglobinemia, también conocida como “la enfermedad de los bebés azules”. Para el caso de Colombia, este parámetro está regulado por la Resolución 2115 de 2007 para agua de consumo humano, el cual presenta como valor máximo permisible 0.1 mg/L. Cabe resaltar que no se encontró el mismo registro para aguas servidas.
- 4. Nitrato:** Son iones con carga negativa formados por tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, presentes naturalmente disueltos en el agua como consecuencia del ciclo del N_2 . Recientemente, con el uso excesivo de abonos nitrogenados en la agricultura moderna, muchas zonas alrededor del mundo se han visto alteradas por este compuesto, ya que

eventualmente los nitratos son transportados por el agua lluvia o de riegos hasta cuerpos de agua, en donde generan la problemática de nitrificación.

- 5. Fósforo:** El fósforo también es importante durante el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales, se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural.

Las aguas residuales municipales, pueden contener entre 4 y 12 miligramos/litros de fósforo expresado como P. Las formas más frecuentes en que se puede encontrar el fósforo en soluciones acuosas incluyen ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico.

- 6. Cloruros:** Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6 gramos de cloruros personas /día. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua también son una fuente importante de aportación de cloruros.

El análisis de los compuestos orgánicos se hace para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras. A continuación se describen los parámetros orgánicos más estudiados:

- **Grasas y Aceites:** El término grasa engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. Debido a sus propiedades, la presencia de grasas y aceites en aguas residuales puede causar muchos problemas en tanque sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento de agua residual. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incorpora al lodo por los sólidos sedimentables. Los aceites minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, los aceites y los jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento.
- **Agentes Tenso Activos:** Son moléculas orgánicas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, se acumulan en la interface aire – agua y son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos del agua residual.

Su presencia en las aguas residuales proviene de la descarga de detergentes domésticos, lavanderías industriales y otras operaciones de limpieza. Durante el proceso de aireación del agua residual, los tensos activos se acumulan en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable.

- **Compuestos Orgánicos Volátiles:** Normalmente son considerados compuestos orgánicos volátiles aquellos compuestos orgánicos que tienen su punto de ebullición por debajo de los 100 °C, y una presión de vapor mayor que 1 mm Hg a 25°C.

Estos elementos pueden ser considerados de gran importancia debido a que estos son mucho más móviles una vez que se encuentran en estado gaseoso y pueden ser liberados con mayor facilidad al ambiente, causando riesgos para la salud pública, además de conducir a la formación de oxidantes fotoquímicos.

- **Pesticidas y Productos Químicos de Uso Agrícola:** Muchos de estos compuestos químicos están catalogados como prioritarios. No son constituyentes comunes de las aguas residuales, sino que suelen encontrarse a nivel de trazas, tales como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola y suelen incorporarse fundamentalmente como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Estos compuestos son altamente tóxicos para la mayor parte de las formas de vida y pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de la carne del pescado y el empeoramiento de la calidad del agua suministrada.

7. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO se utiliza para determinar el contenido de materia orgánica químicamente oxidable, presente en el agua residual. La determinación se lleva a cabo utilizando un oxidante fuerte (dicromato de potasio) en medio ácido y a temperatura elevada. La DQO de un agua residual es por lo general mayor que su DBO, ya que es mayor el número de compuestos que pueden ser oxidados por vía química, que aquellos que pueden serlo biológicamente.

Este ensayo suele ser empleado para responder a las objeciones hechas a la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno en lo referente al tiempo necesario y a la demanda de oxígeno disuelto en su fase inicial. Ello puede resultar de gran utilidad, dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de 3 horas, frente a los 5 días necesarios para determinar la DBO.

8. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (Oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio, la demanda

bioquímica de oxígeno representa indirectamente una medida de la concentración de la materia orgánica biodegradable contenida en el agua.

9. **Proteína:** Las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos significativa en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando estos están crudos y son las primeras responsables, junto con la urea, de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales.
10. **Hidratos de Carbonos:** Los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual.
11. **Gas Metano:** El principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. Este gas se encuentra en pequeñas proporciones en el agua residual, ya que la presencia de oxígeno, incluso en pequeñas proporciones tiende a ser tóxico para los organismos responsables de la producción de metano. No obstante, se produce metano durante el proceso de descomposición anaerobia en depósitos acumulados en el fondo de los depósitos de agua.
12. **Oxígeno Disuelto:** El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida, sin embargo, éste es sólo ligeramente soluble en agua. El oxígeno disuelto en líquidos cloacales, puede indicar el grado de frescura o ranciedad de ésta agua, como también la necesidad de preverles o no facilidades para un adecuado control de sus olores.

La determinación del oxígeno disuelto en las aguas residuales es una de las pruebas químicas más significativas, especialmente cuando se combina con la prueba de DBO y de estabilidad relativa, pues mientras haya oxígeno disuelto en el agua, no tendrá lugar la putrefacción.

13. **Sulfuro de Hidrógeno (gas):** Se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe, generalmente, a la formación de sulfuro de hidrógeno que se combina con el hierro presente para formar sulfuro ferroso (FeS) u otros sulfuros metálicos.

5.2.6.2.1.3 Características Biológicas

En las aguas residuales viven organismos de diversos tamaños. Estas pueden identificarse con la ayuda del microscopio, complementado con la observación de sus reacciones con respecto al medio. (Escobar, Federica, 2017)

1. **Microorganismos:** Los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas superficiales y las aguas residuales están conformados por eucariotas, eubacterias y arqueobacterias. Una característica importante de los microorganismos es su habilidad para transformarse en formas resistentes, que la hacen en extremo resistente a la desinfección por calor o por agentes químicos.
2. **Bacterias:** El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamientos, es amplio y de gran importancia. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismo y proceso de síntesis. Los coliformes también se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.
3. **Hongos:** Mucho de los hongos son saprófitos, basan su alimentación en materia orgánica muerta. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica, el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse.
4. **Algas:** Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos, la descarga del efluente en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización.

Uno de los problemas más importantes a que se enfrenta la ingeniería sanitaria en el campo de la gestión de la calidad del agua es de encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de diferentes orígenes de modo que los efluentes no favorezcan el crecimiento de algas y demás plantas acuáticas.

5. **Protozoo:** Los protozoos de importancia para el ingeniero sanitario son las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos. Tienen una importancia capital, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de cuerpos de aguas ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos.

- 6. Organismos Patógenos:** Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos. Algunos de estos organismos resisten condiciones ambientales desfavorables y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de las aguas residuales.

5.2.6.2.1.4 Caudal de las aguas residuales

Para establecer los tipos de operaciones y procesos a utilizar en el tratamiento de las aguas residuales, es preciso conocer los caudales y la composición de las aguas a tratar, así como analizar las condiciones y necesidades de la población a servir. El conocimiento de todos estos caudales permite dimensionar correctamente las diversas instalaciones del proceso y las interconexiones entre ellos. Los caudales de las aguas residuales se establecen considerando la procedencia, las tasas correspondientes de utilización de agua y el tipo y estado de las alcantarillas.

Es común calcular la capacidad de una planta de tratamiento de aguas residuales para el caudal medio diario de la localidad donde se piensa edificar, sin embargo, se deben realizar análisis con otros datos de caudales que proporcionarán parámetros importantes los cuales permitirán realizar los cálculos adecuados para las diversas instalaciones del proceso y las interconexiones entre ellas, evitando así el sobredimensionamiento en las mismas. Dichos parámetros son:

- 1. Caudal medio diario:** Es el caudal medido en 24 horas obtenido a partir de los datos de todo el año.
- 2. Caudal máximo diario:** Es el máximo caudal obtenido a partir de los datos anuales de explotación.
- 3. Caudal punta horario:** Es el caudal que se da en un periodo de 24 horas, obtenido a partir de los datos anuales de explotación.
- 4. Caudal mínimo horario:** Es el caudal permanentemente mínimo que se presenta en un periodo de 24 horas, obtenido a partir de los datos anuales.
- 5. Caudal mínimo diario:** Es el caudal mínimo registrado en 24 horas a partir de los datos de explotación.

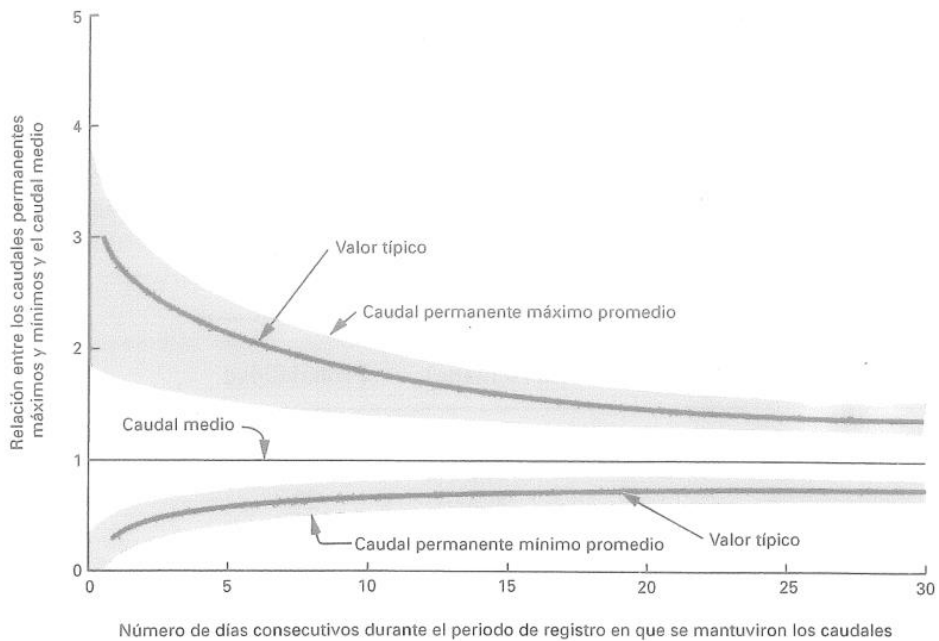


Figura 2. Relación entre el caudal medio y los caudales permanentes máximos y mínimos para períodos de tiempo inferiores a 30 días.

Fuente: (Metcalf and Eddy, 1995)

5.3 ENFERMEDADES DE LA PIEL POR AGUA CONTAMINADA

Según la revista Agua Pura (Aquamaq, 2019) el contacto con agua no potable puede tener riesgos. Una de las principales enfermedades de la piel transmitidas por agua contaminada es:

5.3.1 Dermatitis

Entre las enfermedades de la piel por agua contaminada más comunes se encuentra la dermatitis. Esta consiste en una irritación de la piel que puede ir de leve a severa y resulta especialmente molesta para quien la padece.

5.3.2 Prurito

Más que una enfermedad como tal, el prurito es una sensación o síntoma de otro problema en la piel. Es, por lejos, la infección más usual entre quienes entraron en contacto con aguas contaminadas. De hecho, si no se aplica un protocolo de higiene en el cuerpo en cuestión de minutos, se empezarán a formar brotes de prurito. Esto no es otra cosa que picor intenso.

5.3.3 Resequedad

La piel reseca es un problema dermatológico que merece atención inmediata. Esta ocurre cuando la piel no recibe los nutrientes necesarios para mantener un estado adecuado. Puede empeorar si hay exposición a la presencia de agua contaminada.

La piel reseca puede dar paso a otras situaciones, como la descamación cutánea, la dermatitis, la ulceración y otras situaciones que implican riesgo severo de infección. Así mismo, una piel reseca puede facilitar el ingreso de gérmenes y otros agentes contaminantes al organismo, lo que puede generar enfermedades más graves.

5.4 MARCO LEGAL

El marco legal hace referencia a la serie de reglas y códigos de normatividad que en materia fiscal, sanitaria, civil y penal debe sujetarse todo proyecto de inversión y actividad empresarial al estar vinculado a un determinado marco jurídico.

5.4.1 Normas técnicas colombiana relacionadas con el tratamiento de agua residual doméstica

A continuación, se describen las normas y reglamentos técnicos vigentes y actuales, que regulan y controlan el vertimiento y tratamiento, de las aguas residuales que son generadas por empresas en Colombia.

TEMA	NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	Resolución 0760 de 2010	Se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.
Ley 09 de 1979 Agua		
Agua	Decreto 1541 de 1978	Concesión de aguas de uso público superficiales y subterráneas. Modificado por Decreto 2858 de 1981.
	Ley 9 de 1979	Medidas sanitarias y protección del medio ambiente. Reglamentada por el Decreto Nacional 704 de 1986, Decreto Nacional 305 de 1988, Decreto Nacional 1172 de 1989, Decreto Nacional 374 de 1994, Decreto Nacional 1546 de 1998, Decreto Nacional 2493 de 2004, Decreto Nacional 126 de 2010.
	Decreto 1594 de 1984	Vertimientos/Usos del agua. Derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21.

TEMA	NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Agua	Ley 79 de 1986	Dicta normas de conservación de agua.
	Ley 373 de 1997	Se establece el Programa ahorro y uso eficiente del agua.
	Decreto 901 de 1997	Se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.
	Resolución 273 de 1997	Se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).
	Resolución 0372 de 1998	Se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos.
	Resolución 1096 de 2000	Se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Modificado por: Res 668 de 2003, Res 1447 de 2005, Res 1459 de 2005, Resolución 2320 de 2009.
	Decreto 1729 de 2002	Se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993.
	Decreto 3100 de 2003	Reglamentación sobre tasas retributivas. El Decreto 3440 de 2004 modifica algunos artículos del Decreto 3100 de 2003.
	Decreto 155 de 2004	Se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones".
	Resolución 1433 de 2004	Reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV. Modificado por: Res 2145 de 2005.
	Resolución 2145 de 2005	Se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
	Resolución 2320 de 2009	Se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS
	Resolución 1508 de 2010	Establece el procedimiento para el recaudo de los recursos provenientes de las medidas adoptadas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desestimular su uso excesivo y su respectivo giro al Fondo Nacional Ambiental (Fonam).
	Decreto 3930 de 2010	Usos del agua, residuos líquidos y ordenamiento del territorio/vertimientos. Modificado por: Decreto 4728 de 2010
Resolución 1514 de 2012	Se adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión de Riesgo para el Manejo de Vertimientos - PGRMV	

TEMA	NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Agua	Resolución 1207 de 2014	Se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
	Resolución 631 de 2015	Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales a los sistemas de alcantarillado público.
	Decreto 1076 de 2015	Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Tabla 4. Normas técnicas para el tratamiento de aguas residuales en Colombia.

Fuente: (Marco Normativo Ambiental Colombiano Aplicable Al Proyecto De Agua Y Saneamiento Básico, 2016)

6. MARCO METODOLOGICO

6.1 METODOLOGÍA

Según (Rojas, 2011) afirma que la metodología de investigación puede ser de carácter cuantitativa y cualitativa. La investigación cuantitativa, se ocupa de la recolección y análisis de información por medios numéricos mediante la medición, por su parte, la investigación cualitativa toma como misión recolectar y analizar la información en todas las formas posibles, exceptuando la numérica.

Por lo cual, para el desarrollo de este proyecto se implementará una investigación híbrida o mixta (cuantitativa y cualitativa), con un enfoque descriptivo explicativo, en el cual se ha de recoger y analizar los datos, para verificar el estado actual del lavadero del Taller de Equipo Liviano. Todo esto, con el fin de brindar alternativas de mejora, mediante la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para aumentar la eficiencia del lavadero, la calidad del mantenimiento aplicado y disminuir las afecciones en la salud de los trabajadores.

Esta metodología de investigación se realizará en cuatro etapas principales:

6.1.1 Recolección de datos

En esta etapa del proyecto se hace la recolección de los datos sobre todos los equipos que ingresan diariamente al lavadero del Taller de Equipo Liviano, consumo de agua por días e insumos gastados. Se realiza la clasificación, tabulación y previa organización de los datos que serán objeto de nuestro estudio.

6.1.2 Análisis de los datos

Una vez organizada toda la información se procede al análisis de los datos, en los cuales se define las herramientas y criterios de intervención de esta etapa, así los elementos básicos para aplicar un análisis de eficiencia en el lavadero del Taller, con el cual se medirá el estado actual en el cual se encuentra el Lavadero. Todo esto con el fin de medir, inspeccionar, sugerir conclusiones y tomar decisiones, con base en los datos analizados.

6.1.3 Interpretación de resultados

Con base en los resultados obtenidos en el análisis anteriormente realizado, en este proceso se procede a interpretar los resultados, con el objetivo de realizar ajustes, reformulación, mejorar procedimientos y tomar decisiones en pro del bienestar del Lavadero de Equipo Liviano. Así como proponer estrategias de mejoras, como la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Taller.

6.1.4 Socialización de resultados

En esta fase, se realiza un proceso de divulgación y/o socialización de los resultados obtenidos, soportando estos mediante un documento escrito, el cual presentara ante los directivos de MASA STORK. Respaldados de estos resultados se presentarán propuestas de mejoras del lavadero de Equipo Liviano, capacitación a trabajadores. Todo esto el fin de aumentar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de todo el Taller. Una vez presentados este informe, ya quedara de parte de la empresa ponerlo en marcha para su ejecución.

6.2 RECURSOS Y HERRAMIENTAS

Para el desarrollo de este proyecto se hará uso de una herramienta ofimática de programación como lo es EXCEL. En este se registra y se organizaran los datos históricos de los equipos que ingresan al lavadero, extraída de las bases de datos de Cerrejón (Ellipse) y MASA STORK (Entrega de Turno, macros en Access) y se calculan el tiempo de lavado de cada uno de los equipos pertenecientes a la flota de equipos medianos. Así mismo se obtienen los resultados numéricos y gráficos del gasto de agua mensual por subflota de equipos. Se escogió este software para el desarrollo de este estudio debido a que las dos bases de datos implementadas por estas empresas, son enlazadas y únicamente compatibles con este programa.

Se utiliza este mismo software para diseñar los formatos de registro de la información técnica de los equipos (tarjeta maestra), formato para control de consumo de agua de lavadero, formato para reporte de equipos lavados, y para registrar en consumo diario de agua y seguimiento de equipos lavados por día en el lavadero del taller de equipo liviano.

En la *Tabla 5* se observa el formato de registro de datos técnicos de los equipos llamado TARJETA MAESTRA, donde se registran los datos más significativos y específicos que se deseen obtener de una forma fácil y rápida. Este formato es diligenciado de forma digital y es compartido a todo el personal operativo y administrativo mediante discos en línea.

En la *Tabla 6* se observa el formato de reporte de equipos lavados, en el cual se lleva el control por días del total de equipos lavados en los turnos de trabajo A1 (Diurno) y A2 (Nocturno), también se registra el número del equipo, la hora de inicio y final del lavado y el tipo de vehículo (Liviano y/o Mediano), para así, al final del turno tener el total de los equipos lavados.

En la *Tabla 7* se observa el formato para control de consumo de agua de lavadero, en el cual se tiene el control total del agua del contador principal abastecida, control de agua industrial consumida en el las demás áreas del Taller de equipo liviano, contador de agua reciclada o de recirculación y el contador de agua consumida por las hidrolavadora, en la cual se lleva el consumo total por días y general de todo el consumo del lavadero, todo esto con el objetivo de no sobre pasar lo índices establecidos por Cerrejón.

En la *Tabla 8* se observa el formato para registros de tiempo de lavado, en el cual se lleva un análisis detallado de la fecha, equipo, tiempo estimado en el lavado, técnico lavador, flota y turno de lavado. Todo esto con el fin de obtener el consumo de agua mensual por equipos.

TARJETA MAESTRA – MASA STORK			
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción		Fotografía del activo	
Número de equipo			
Flota general			
Estado			
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a		Tipo equipo auxiliar	
Departamento		Familia	
Superintendencia		Marca	
Usuario custodio		Línea	
EGI		Número de serie	
Centro de costos		Vida proyectada	

Prioridad		Tipo de estadística	
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor		Fecha de entrega	
Fabricante		Fecha de instalación	
Precio de compra		Fecha de garantía	
Costo de reemplazo		Fecha de reemplazo	
ATRIBUTOS			
GENERALES			
	Descripción	Unidad de medida	Valor
	Modelo	año	
	Altura	mm	
	Ancho	mm	
	Largo	mm	
	Peso	Kg	
ESPECÍFICOS			
	Descripción	Unidad de medida	Valor
	Distancia entre ejes	mm	
	Tipo de cabina	-	
	Tipo de combustible	-	
	Capacidad del tanque de combustible	L	
	Capacidad del tanque de urea	L	
	Velocidad máxima	Km/h	

Tabla 5. Formato Tarjeta Maestra.

Fuente: Autor

FORMATO PARA REPORTE DE EQUIPOS LAVADOS

FECHA _____

TURNO _____

LAVADO INICIAL									
N°	EQUIPO	TAPETES			HORA INICIO	HORA FINAL	LIV.	MED.	NOMBRE
		SI	NO	CANT					
1					:	:			
2					:	:			
3					:	:			
4					:	:			
5					:	:			
6					:	:			
7					:	:			
8					:	:			
9					:	:			
10					:	:			
11					:	:			
12					:	:			
13					:	:			
14					:	:			
15					:	:			

LAVADO FINAL									
N°	EQUIPO	TAPETES			HORA INICIO	HORA FINAL	LIV.	MED.	NOMBRE
		SI	NO	CANT					
1					:	:			
2					:	:			
3					:	:			
4					:	:			
5					:	:			
6					:	:			
7					:	:			
8					:	:			
9					:	:			
10					:	:			
11					:	:			
12					:	:			
13					:	:			
14					:	:			
15					:	:			

EQUIPOS PENDIENTES TURNO ANTERIOR

LIVIANO	MEDIANO

EQUIPOS PENDIENTES TURNO ANTERIOR

LIVIANO	MEDIANO

TOTAL EQUIPOS LAVADO INICIAL

LIVIANO	MEDIANO

CORDINADOR / SUPERVISOR _____

TOTAL EQUIPOS LAVADO FINAL

LIVIANO	MEDIANO

OBSERVACIONES: _____

CONTROL DOCUMENTAL.

CAMBIOS RESPECTO A LA VERSIÓN ANTERIOR / TRACK CHANGES	NOTA DE PROPIEDAD / DISCLAIMER
No hay cambios debido a que es la emisión primigenia del documento.	Los derechos de propiedad intelectual de este documento y su contenido le pertenecen exclusivamente al Grupo STORK. Por lo tanto, queda estrictamente prohibido el uso, divulgación, distribución, reproducción, modificación y/o alteración de los mencionados derechos, con fines distintos a los previstos en este documento, sin la autorización previa y escrita del Grupo STORK.

*** FIN DEL DOCUMENTO**

Tabla 6. Formato para reporte de equipos lavados.

Fuente: Masa stork

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR

Tabla 8. Formato para registro de tiempos de lavado.

Fuente: Autor

6.3 RECOLECCIÓN DE DATOS TÉCNICOS E HISTÓRICOS

6.3.1 Caracterización de los equipos

La empresa Mecánicos Asociados S. A. S. lleva aproximadamente 20 años operando el contrato Equipo Liviano y mediano en la mina el Cerrejón. Durante todo este tiempo ha logrado recolectar una taxonomía completa de todos los equipos, implementado manuales de fabricantes y datos experimentales obtenidos en el taller. Para la obtención de los datos técnicos de los equipos, se acudió a manuales de operación, partes y servicio, personal capacitado con experiencia y paginas oficiales de los fabricantes. En los anexos se muestra una caracterización general de la flota de equipos medianos. Esta flota esta subdividida de acuerdo a la operación; actualmente existen 4 subflotas en las cuales se encuentran incluidos cada uno de los siguientes equipos:

1. **Camiones canastas:** 0720145, 0720150, 0720151, 0720158, 0720171, 0720172, 0720175, 0720177, 0720178
2. **Tanqueros y lubricadores:**
 - Lubricadores de equipos auxiliares: 0760127, 0760141, 0760146, 0760155, 0760156
 - Lubricadores de palas: 0760133, 0760154, 0760158, 0760161
 - Lubricadores demás flotas: 0760135, 0760136
 - Tanqueros de combustible: 0760115, 0760151, 0760153, 0760159, 0760163, 0760164
3. **Unidades contraincendios:** 0860036, 0860039, 0860043, 0860044, 0860047

4. Unidades de rescate y ambulancias: 0860033, 0860048

6.3.2 Obtención y organización de los datos

La búsqueda de los datos históricos de todos los equipos mediano se realiza accediendo a las dos bases de datos llamadas Ellipse, Entrega de Turno y Registro datos del lavadero. En Ellipse se lleva el registro de todos los mantenimientos programados preventivos y correctivos de los equipos, al igual el seguimiento de cada uno de los mantenimientos realizados, Entrega de Turno es una macro realizada por MASA STORK en el software Excel, con el fin de llevar registro de todas las veces que un equipo ingrese al taller de equipo liviano y Registro datos del lavadero es una macro realizada en Access, en la cual se lleva el seguimiento de tiempos, equipos y consumo de agua por días del lavado de los vehículos.

Para acceder a estos datos se solicitó permiso de confidencialidad a la gerencia de la empresa, requiriendo un tiempo de respuesta de aproximadamente de 30 días para la aprobación. El uso de estos datos es único y exclusivo para uso académico en este proyecto.

Para este estudio se toma una muestra de registros de un año, desde enero de 2019 hasta diciembre de 2019. De acuerdo a la cantidad de agua consumida por la flota de equipo mediano en este lapso de tiempo, el cual es suficiente para determinar un pronóstico de la eficiencia técnico económica del lavadero. Según (Metcalf and Eddy, 1995) es recomendable el análisis estadístico de caudales de agua residuales, para determinar las características de los datos obtenidos en vertidos correspondientes a ciertas explotaciones industriales y así, estimar el caudal máximo para un año de prestación del servicio.

6.3.2.1 Obtención de datos en Ellipse

Se inicia ingresando a la plataforma oficial de Cerrejón, la cual solo tiene acceso todo el cuerpo administrativo de Cerrejón y Masa Stork. Una vez los equipos estén en la recepción se realiza la inspección de entrada del equipo, este a su vez queda plasmado en un formato de orden de trabajo, a la cual se le abre una orden de trabajo en Ellipse, en la cual se especifica la fecha, número interno del equipo y el tipo de mantenimiento (preventivo y/o correctivo). De allí se extrajo el número de Orden de Trabajo (OT o MZ) de los equipos de la flota de Mediano.



Figura 3. Plataforma de Ellipse. Fuente: Autor

6.3.2.2 Obtención de datos en Entrega de Turno

Esta base de datos es manejada solo por el personal de MASA STORK (Equipo Liviano) y es resguardado en unos discos compartidos para el acceso de todo el personal autorizado. Es allí, es donde se crea y guardan todas las tareas de los equipos que llegan al taller para mantenimiento preventivo y correctivo. Una vez creada la orden de trabajo de entrada al taller todos los vehículos son llevados al lavadero para luego realizar las respectivas intervenciones mecánicas o eléctricas por parte del cuerpo técnico.

MULAS TOTAL	EMERGENCIA TOTAL	BOMBEROS	COMBUSTIBLE	CARGA	AMBULANCIAS	LUBRICADORES	TANQ & LUB TOTAL
3	1	1	4	2	1	7	

FLOTA	EQUIP	ID	OT	K/H	LAT	REP	EAC	TAREA	FECHA_DW	DIAS	
LIVIANO	0860048	156107	MZ40009C			L	R	OVERHAUL LATONERIA	9/03/2020	358,167118	
								ESPERANDO LAMINAS DE ALFAIOR DE ALUMINIO	9/03/2020	358,167118	
TK_LUB	0760112	159923	MZ406632					VERIFICAR CORTO ELECTRICO	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								SEIS 650//HR 21839//MZ406308	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								MTTO CABLEADO CABEZAL FILTRO DE COMBUSTIBLE	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								RETORQUEAR GRAPAS DE MUELLE DELANTEROS	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								LIMPIEZA Y ASEO DE LA CABINA	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								FABRICAR FORRO DE TIMON	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								CAMBIAR PISTOLA DE GRASA EQUIPO AUXILIAR	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								CAMBIAR MUELLE TRASERO RH	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
								CAMBIAR FUELLE CAÑA DE DIRECCION	2/03/2021	26/02/2021	3,47267361
	0760127	159726	MZ406287	12.031				VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE FRENO DE EMERGENCIA	5/03/2021	16/02/2021	13,4796181
								REP. MUELLE TRASERO RH	5/03/2021	16/02/2021	13,4796181
	0760132	159865	MZ406529	25.158				VERIFICAR FUNCIONAMIENTO FRENO EMERGENCIA	2/03/2021	23/02/2021	6,65600694
								REP SISTEMA DE ENCENDIDO	2/03/2021	23/02/2021	6,65600694
								FABRICAR E INSTALAR TAPA CAJA BATERIA, no la trajo	2/03/2021	23/02/2021	6,65600694
								TANQUE PRIMARIO	2/03/2021	23/02/2021	6,65600694
								CAMBIAR CARRETE EQUIPO AUXILIAR (GRASA)	2/03/2021	23/02/2021	6,65600694
								REEMPLAZO DE MUELLE 4	2/03/2021	23/02/2021	6,65600694

Figura 4. Entrega de turno. Fuente: Autor

6.3.2.3 Obtención de datos Registro lavadero

En esta base de datos es manejada solo por personal de MASA STORK, en la cual se registran todos los datos de los equipos que ingresan al lavadero del taller de equipo liviano, en la cual se ingresa de forma manual el consumo diario de agua, tiempo de lavado por equipos y técnico lavador, a cargo de realizar dicha tarea.

REGISTRO DE DATOS LAVADERO	
FECHA	01/01/2010
TIPO DE LAVADO	LI
EQUIPO	0830371
HORAI	12:00
HORAF	12:00
FLOTA	LTV
TURNO	D
LAVADOR	RBAQUERO

Figura 5. Registro de datos lavadero. **Fuente:** Autor

6.3.2.4 Mantenimiento aplicado

Actualmente en Equipo Liviano se aplica mantenimiento correctivo y mantenimiento planeado o preventivo. El mantenimiento planeado es basado en las recomendaciones de los fabricantes y se ejecutan en rutinas de 250 y 325 horas dependiendo la marca del equipo, Internacional, Chevrolet, etc., respectivamente o un mantenimiento por tiempo (6 meses) si el equipo no ha cumplido las horas de rutina de mantenimiento. Para asegurar la ejecución de las tareas se implementa una lista de chequeo (check list), la cual queda como registro de la ejecución del mantenimiento.

Es de resaltar que no todos los equipos frecuentaran todos los meses el lavadero, ya que lo normal es que solo lleguen al taller de equipo liviano cada vez que le toque su rutina de mantenimiento preventivo.

6.3.2.5 Datos históricos de la flota de equipos Medianos

La flota de Equipo Mediano cuenta con 40 equipos operando actualmente, para el objeto de este estudio se utilizará una muestra de 33 equipos. Esto debido a que los 7 equipos restantes se tiene una información técnica e histórica insuficiente, que al momento de realizar el análisis arrojaría porcentajes de error muy altos. Con base en estos datos podremos predecir el comportamiento del lavadero, el consumo total de agua e identificar puntos críticos para mejorar la calidad del lavado, tiempos de lavado, indicadores de lavado y respuesta en los mantenimientos preventivos.

A continuación, se muestra los datos históricos de la flota de equipos Mediano involucrados en el estudio, los cuales están ordenados por subflotas de acuerdo a la operación.

6.3.2.5.1 Formatos para registro de tiempos de lavado de Camiones canastas

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
8-jun-19	LI	0720158	7:05:00 p. m.	8:50:00 p. m.	1:45	MED	N	APEÑA
9-sep-19	LI	0720151	8:47:00 p. m.	10:25:00 p. m.	1:38	MED	N	APEÑA
10-sep-19	LI	0720177	1:10:00 a. m.	2:47:00 a. m.	1:37	MED	N	APEÑA
12-sep-19	LI	0720145	11:18:00 p. m.	12:15:00 p. m.	0:57	MED	N	RMEDINA
13-sep-19	LI	0720175	1:20:00 p. m.	2:36:00 p. m.	1:16	MED	D	OMENDOZA
18-sep-19	LI	0720151	1:10:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:30	MED	D	APEÑA
18-sep-19	LI	0720172	1:10:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
18-sep-19	LI	0720172	1:10:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
19-sep-19	LI	0720171	8:15:00 a. m.	9:40:00 a. m.	1:25	MED	D	APEÑA
21-sep-19	LI	0720178	7:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	1:15	MED	D	OMENDOZA
24-sep-19	LI	0720171	11:10:00 p. m.	1:40:00 a. m.	2:30	MED	N	APEÑA
26-sep-19	LI	0720158	1:00:00 p. m.	2:11:00 p. m.	1:11	MED	D	OMENDOZA
26-sep-19	LI	0720178	2:15:00 p. m.	3:30:00 p. m.	1:15	MED	D	OMENDOZA
27-sep-19	LI	0720172	7:01:00 a. m.	8:35:00 a. m.	1:34	MED	D	APEÑA
28-sep-19	LI	0720151	7:20:00 a. m.	8:33:00 a. m.	1:13	MED	D	OMENDOZA
4-oct-19	LI	0720151	8:03:00 p. m.	9:07:00 p. m.	1:04	MED	N	APEÑA
4-oct-19	LF	0720158	10:06:00 p. m.	10:30:00 p. m.	0:24	MED	N	APEÑA
5-oct-19	LI	0720151	7:00:00 a. m.	8:10:00 a. m.	1:10	MED	D	OMENDOZA
7-oct-19	LI	0720175	9:20:00 a. m.	10:00:00 a. m.	0:40	MED	D	RDIAZ
7-oct-19	LI	0720158	2:08:00 p. m.	3:00:00 p. m.	0:52	MED	D	RDIAZ

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
7-oct-19	LI	0720175	9:20:00 a. m.	10:00:00 a. m.	0:40	MED	D	RDIAZ
9-oct-19	LI	0720151	4:30:00 p. m.	5:40:00 p. m.	1:10	MED	D	RDIAZ
9-oct-19	LI	0720178	1:00:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:40	MED	D	RDIAZ
13-oct-19	LI	0720171	7:00:00 p. m.	8:10:00 p. m.	1:10	MED	N	RDIAZ
13-oct-19	LI	0720172	9:30:00 p. m.	10:40:00 p. m.	1:10	MED	N	RDIAZ
17-oct-19	LI	0720158	7:10:00 p. m.	8:25:00 p. m.	1:15	MED	N	APEÑA
21-oct-19	LI	0720177	11:00:00 a. m.	12:20:00 p. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
21-oct-19	LI	0720177	11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	1:00	MED	D	RDIAZ
23-oct-19	LI	0720178	10:00:00 p. m.	11:30:00 p. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
24-oct-19	LI	0720145	8:40:00 p. m.	10:00:00 p. m.	1:20	MED	N	RDIAZ
25-oct-19	LI	0720151	7:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	2:00	MED	D	OMENDOZA
27-oct-19	LI	0720145	1:00:00 p. m.	1:50:00 p. m.	0:50	MED	D	RMEDINA
29-oct-19	LI	0720172	10:20:00 p. m.	11:15:00 p. m.	0:55	MED	N	OMENDOZA
30-oct-19	LI	0720151	4:30:00 p. m.	5:00:00 p. m.	0:30	MED	D	RMEDINA
4-nov-19	LI	0720178	8:35:00 p. m.	9:25:00 p. m.	0:50	MED	N	SAMAYA
8-nov-19	LI	0720172	8:43:00 p. m.	10:15:00 p. m.	1:32	MED	N	APEÑA
12-nov-19	LI	0720150	1:30:00 a. m.	2:30:00 a. m.	1:00	MED	N	RDIAZ
13-nov-19	LI	0720172	10:00:00 p. m.	11:00:00 p. m.	1:00	MED	N	RDIAZ
13-nov-19	LI	0720172	10:00:00 p. m.	11:00:00 p. m.	1:00	MED	N	RDIAZ
13-nov-19	LI	0720172	10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	1:00	MED	D	SAMAYA
14-nov-19	LI	0720151	3:00:00 a. m.	4:25:00 a. m.	1:25	MED	N	RDIAZ

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
14-nov-19	LI	0720178	4:00:00 p. m.	5:00:00 p. m.	1:00	MED	D	SAMAYA
19-nov-19	LI	0720178	8:20:00 a. m.	9:36:00 a. m.	1:16	MED	D	OMENDOZA
23-nov-19	LI	0720171	7:40:00 p. m.	8:50:00 p. m.	1:10	MED	N	RDIAZ
26-nov-19	LI	0720175	8:30:00 a. m.	9:40:00 a. m.	1:10	MED	D	SAMAYA
27-nov-19	LI	0720171	9:00:00 p. m.	10:30:00 p. m.	1:30	MED	N	RDIAZ
1-dic-19	LI	0720151	7:00:00 p. m.	8:15:00 p. m.	1:15	MED	N	SAMAYA
3-dic-19	LI	0720175	1:00:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:40	MED	D	RDIAZ
6-dic-19	LI	0720175	8:31:00 a. m.	9:44:00 a. m.	1:13	MED	D	OMENDOZA
6-dic-19	LI	0720175	8:31:00 a. m.	9:44:00 a. m.	1:13	MED	N	OMENDOZA
7-dic-19	LI	0720158	2:08:00 p. m.	3:00:00 p. m.	0:52	MED	D	RDIAZ
7-dic-19	LI	0720177	2:00:00 a. m.	3:40:00 a. m.	1:40	MED	N	RMEDINA
8-dic-19	LI	0720178	10:00:00 a. m.	11:20:00 a. m.	1:20	MED	D	SAMAYA
9-dic-19	LI	0720158	9:00:00 a. m.	10:20:00 a. m.	1:20	MED	D	SAMAYA
9-dic-19	LI	0720177	10:40:00 a. m.	11:35:00 a. m.	0:55	MED	D	SAMAYA
17-dic-19	LI	0720172	10:51:00 p. m.	11:42:00 p. m.	0:51	MED	N	APEÑA
19-dic-19	LI	0720150	1:10:00 p. m.	2:27:00 p. m.	1:17	MED	D	OMENDOZA
21-dic-19	LI	0720175	9:15:00 p. m.	10:40:00 p. m.	1:25	MED	N	RDIAZ
27-dic-19	LI	0720172	1:00:00 p. m.	2:10:00 p. m.	1:10	MED	D	RDIAZ
30-dic-19	LI	0720177	10:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	1:15	MED	D	SAMAYA
30-dic-19	LI	0720177	9:00:00 a. m.	11:45:00 a. m.	2:45	MED	D	SAMAYA

Tabla 9. Formato para registro de tiempos de lavado Camiones Canasta. **Fuente:** Autor

6.3.2.5.2 Formatos para registro de tiempos de lavado de Tanqueros y lubricadores

6.3.2.5.2.1 Lubricadores de equipos auxiliares

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
8-sep-19	LI	0760141	3:00:00 a. m.	4:35:00 a. m.	1:35	MED	N	SAMAYA
9-sep-19	LI	0760127	7:01:00 p. m.	8:40:00 p. m.	1:39	MED	N	APEÑA
10-sep-19	LI	0760156	1:10:00 p. m.	2:25:00 p. m.	1:15	MED	D	RDIAZ
11-sep-19	LF	0760155	3:07:00 a. m.	3:33:00 a. m.	0:26	MED	N	APEÑA
11-sep-19	LI	0760155	7:01:00 p. m.	8:57:00 p. m.	1:56	MED	N	APEÑA
12-sep-19	LI	0760156	9:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	1:00	MED	D	RDIAZ
13-sep-19	LI	0760146	10:10:00 p. m.	11:25:00 p. m.	1:15	MED	N	RMEDINA
16-sep-19	LI	0760141	8:30:00 p. m.	9:55:00 p. m.	1:25	MED	N	RMEDINA
16-sep-19	LI	0760155	11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	1:00	MED	D	SAMAYA
20-sep-19	LI	0760155	7:02:00 a. m.	8:57:00 a. m.	1:55	MED	D	APEÑA
23-sep-19	LI	0760141	1:05:00 a. m.	2:50:00 a. m.	1:45	MED	D	APEÑA
23-sep-19	LI	0760146	2:30:00 a. m.	3:40:00 a. m.	1:10	MED	D	RMEDINA
24-sep-19	LI	0760127	7:02:00 p. m.	8:35:00 p. m.	1:33	MED	N	APEÑA
24-sep-19	LI	0760146	2:41:00 a. m.	4:05:00 a. m.	1:24	MED	N	APEÑA
27-sep-19	LI	0760156	7:00:00 a. m.	8:01:00 a. m.	1:01	MED	D	OMENDOZA
5-oct-19	LI	0760155	11:01:00 a. m.	12:10:00 p. m.	1:09	MED	D	OMENDOZA
6-oct-19	LI	0760146	1:00:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:40	MED	D	RMEDINA
6-oct-19	LI	0760146	1:00:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:40	MED	D	RMEDINA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
13-oct-19	LI	0760156	4:03:00 p. m.	5:40:00 p. m.	1:37	MED	D	APEÑA
14-oct-19	LI	0760146	2:21:00 p. m.	3:40:00 p. m.	1:19	MED	D	APEÑA
15-oct-19	LI	0760141	8:40:00 a. m.	10:20:00 a. m.	1:40	MED	D	OMENDOZA
18-oct-19	LI	0760127	7:15:00 p. m.	8:40:00 p. m.	1:25	MED	N	APEÑA
19-oct-19	LI	0760155	2:45:00 a. m.	4:00:00 a. m.	1:15	MED	N	RMEDINA
21-oct-19	LI	0760155	8:05:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0:55	MED	D	RDIAZ
21-oct-19	LI	0760155	8:05:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0:55	MED	D	RDIAZ
21-oct-19	LI	0760127	3:20:00 p. m.	4:25:00 p. m.	1:05	MED	D	RDIAZ
24-oct-19	LI	0760155	10:29:00 a. m.	11:10:00 a. m.	0:41	MED	D	OMENDOZA
26-oct-19	LI	0760156	3:00:00 a. m.	4:30:00 a. m.	1:30	MED	N	RDIAZ
28-oct-19	LI	0760141	2:20:00 p. m.	3:00:00 p. m.	0:40	MED	D	RMEDINA
29-oct-19	LI	0760146	9:20:00 a. m.	10:50:00 a. m.	1:30	MED	D	RMEDINA
1-nov-19	LI	0760127	7:00:00 a. m.	8:45:00 a. m.	1:45	MED	D	SAMAYA
4-nov-19	LI	0760156	9:50:00 p. m.	10:50:00 p. m.	1:00	MED	N	SAMAYA
5-nov-19	LF	0760156	8:00:00 a. m.	8:54:00 a. m.	0:54	MED	D	OMENDOZA
6-nov-19	LI	0760141	2:20:00 p. m.	3:40:00 p. m.	1:20	MED	D	OMENDOZA
8-nov-19	LI	0760127	7:00:00 p. m.	8:35:00 p. m.	1:35	MED	N	APEÑA
8-nov-19	LI	0760127	1:00:00 p. m.	2:30:00 p. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
10-nov-19	LF	0760141	3:25:00 a. m.	4:07:00 a. m.	0:42	MED	N	APEÑA
13-nov-19	LI	0760127	7:10:00 a. m.	8:50:00 a. m.	1:40	MED	D	APEÑA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
14-nov-19	LI	0760155	7:00:00 a. m.	8:27:00 a. m.	1:27	MED	D	OMENDOZA
17-nov-19	LI	0760156	7:10:00 a. m.	9:03:00 a. m.	1:53	MED	D	APEÑA
17-nov-19	LI	0760146	10:15:00 p. m.	11:25:00 p. m.	1:10	MED	N	SAMAYA
20-nov-19	LI	0760155	10:15:00 p. m.	11:55:00 p. m.	1:40	MED	N	APEÑA
27-nov-19	LI	0760155	1:00:00 p. m.	2:30:00 p. m.	1:30	MED	D	SAMAYA
28-nov-19	LI	0760127	10:40:00 p. m.	11:35:00 p. m.	0:55	MED	N	SAMAYA
29-nov-19	LI	0760156	10:00:00 p. m.	11:20:00 p. m.	1:20	MED	N	SAMAYA
7-dic-19	LI	0760127	8:11:00 a. m.	9:15:00 a. m.	1:04	MED	D	OMENDOZA
8-dic-19	LI	0760141	11:00:00 p. m.	12:20:00 a. m.	1:20	MED	N	RDIAZ
10-dic-19	LI	0760146	7:40:00 a. m.	9:25:00 a. m.	1:45	MED	D	APEÑA
14-dic-19	LI	0760155	7:03:00 p. m.	9:10:00 p. m.	2:07	MED	N	APEÑA
14-dic-19	LI	0760155	7:03:00 p. m.	9:10:00 p. m.	2:07	MED	N	APEÑA
14-dic-19	LI	0760155	7:03:00 p. m.	9:10:00 p. m.	2:07	MED	N	APEÑA
15-dic-19	LI	0760127	1:20:00 a. m.	3:01:00 a. m.	1:41	MED	N	APEÑA
15-dic-19	LI	0760127	1:20:00 a. m.	3:01:00 a. m.	1:41	MED	N	APEÑA
24-dic-19	LI	0760155	3:25:00 p. m.	4:40:00 p. m.	1:15	MED	D	OMENDOZA
25-dic-19	LI	0760141	3:37:00 p. m.	4:30:00 p. m.	0:53	MED	D	OMENDOZA

Tabla 10. Formato para registro de tiempos de lavado de Lubricadores de equipos auxiliares. **Fuente:** Autor

6.3.2.5.2.2 *Lubricadores de palas*

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
8-sep-19	LI	760161	11:15:00 a. m.	1:40:00 p. m.	2:20	MED	D	APEÑA
9-sep-19	LI	760133	10:31:00 p. m.	11:57:00 p. m.	1:26	MED	N	APEÑA
10-sep-19	LI	760133	9:40:00 a. m.	11:36:00 a. m.	1:56	MED	D	OMENDOZA
11-sep-19	LI	760158	9:15:00 a. m.	10:24:00 a. m.	1:09	MED	D	OMENDOZA
12-sep-19	LF	760158	4:10:00 a. m.	5:00:00 a. m.	0:50	MED	N	RMEDINA
13-sep-19	LI	760133	1:15:00 p. m.	2:45:00 p. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
14-sep-19	LI	760161	8:45:00 p. m.	9:50:00 p. m.	1:05	MED	N	SAMAYA
14-sep-19	LI	760133	1:00:00 a. m.	1:55:00 a. m.	0:55	MED	N	SAMAYA
18-sep-19	LI	760154	8:20:00 a. m.	9:33:00 a. m.	1:13	MED	D	OMENDOZA
25-sep-19	LF	760154	10:30:00 p. m.	11:10:00 p. m.	0:40	MED	N	RMEDINA
26-sep-19	LI	760158	10:01:00 a. m.	11:10:00 a. m.	1:09	MED	D	OMENDOZA
27-sep-19	LI	760161	7:00:00 p. m.	8:05:00 p. m.	1:05	MED	N	RMEDINA
2-oct-19	LI	760158	10:00:00 p. m.	12:00:00 p. m.	10:00	MED	N	SAMAYA
4-oct-19	LI	760161	8:40:00 a. m.	10:00:00 a. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
9-oct-19	LI	760158	3:30:00 a. m.	5:00:00 a. m.	1:30	MED	N	RDIAZ
10-oct-19	LI	760158	7:00:00 a. m.	8:30:00 a. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
10-oct-19	LI	760158	7:00:00 a. m.	8:30:00 a. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
11-oct-19	LI	760154	10:43:00 a. m.	11:56:00 a. m.	1:13	MED	D	APEÑA
14-oct-19	LI	760161	10:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	1:15	MED	D	APEÑA
14-oct-19	LI	760158	1:03:00 p. m.	2:15:00 p. m.	1:12	MED	D	APEÑA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
16-oct-19	LI	760154	7:00:00 a. m.	8:40:00 a. m.	1:40	MED	D	RMEDINA
24-oct-19	LI	760133	8:18:00 a. m.	9:26:00 a. m.	1:08	MED	D	OMENDOZA
28-oct-19	LI	760161	7:00:00 a. m.	8:45:00 a. m.	1:45	MED	D	RMEDINA
4-nov-19	LI	760154	3:59:00 p. m.	5:07:00 p. m.	1:08	MED	D	APEÑA
4-nov-19	LI	760161	3:10:00 a. m.	4:25:00 a. m.	1:15	MED	N	SAMAYA
5-nov-19	LF	760154	2:40:00 p. m.	3:20:00 p. m.	0:40	MED	D	APEÑA
8-nov-19	LI	760154	10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	1:00	MED	D	RDIAZ
9-nov-19	LF	760154	11:06:00 p. m.	12:00:00 p. m.	0:54	MED	N	APEÑA
11-nov-19	LI	760133	1:50:00 a. m.	3:20:00 a. m.	1:30	MED	N	APEÑA
14-nov-19	LI	760158	7:00:00 p. m.	8:20:00 p. m.	1:20	MED	N	RDIAZ
17-nov-19	LI	760133	1:00:00 a. m.	2:30:00 a. m.	1:30	MED	N	SAMAYA
20-nov-19	LI	760154	8:20:00 a. m.	9:33:00 a. m.	1:13	MED	D	OMENDOZA
20-nov-19	LI	760161	7:55:00 p. m.	8:57:00 a. m.	1:02	MED	N	APEÑA
22-nov-19	LF	760161	4:15:00 p. m.	5:00:00 p. m.	0:45	MED	N	APEÑA
22-nov-19	LI	760161	9:20:00 a. m.	10:32:00 a. m.	1:12	MED	D	OMENDOZA
26-nov-19	LI	760161	2:30:00 a. m.	3:25:00 a. m.	0:55	MED	N	RDIAZ
28-nov-19	LI	760158	8:20:00 p. m.	9:50:00 p. m.	1:30	MED	N	SAMAYA
29-nov-19	LI	760158	7:10:00 p. m.	8:55:00 p. m.	1:45	MED	D	APEÑA
29-nov-19	LF	760161	10:26:00 a. m.	11:40:00 a. m.	1:14	MED	D	OMENDOZA
2-dic-19	LI	760158	4:15:00 p. m.	5:00:00 p. m.	0:45	MED	N	APEÑA
4-dic-19	LI	760158	9:20:00 a. m.	10:32:00 a. m.	1:12	MED	D	OMENDOZA
5-dic-19	LI	760158	2:30:00 a. m.	3:25:00 a. m.	0:55	MED	N	RDIAZ
19-dic-19	LF	760161	8:20:00 p. m.	9:50:00 p. m.	1:30	MED	N	SAMAYA
23-dic-19	LI	760154	7:10:00 p. m.	8:55:00 p. m.	1:45	MED	D	APEÑA
27-dic-19	LI	760133	10:26:00 a. m.	11:40:00 a. m.	1:14	MED	D	OMENDOZA

Tabla 11. Formato para registro de tiempos de lavado de Lubricadores de palas. **Fuente:** Autor

6.3.2.5.2.3 Lubricadores demás flotas

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
10-sep-19	LI	0760135	9:06:00 p. m.	10:45:00 p. m.	1:39	MED	N	APEÑA
10-sep-19	LI	0760136	9:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	1:15	MED	D	SAMAYA
17-sep-19	LI	0760136	7:00:00 a. m.	8:45:00 a. m.	1:45	MED	D	RDIAZ
18-sep-19	LI	0760136	7:03:00 a. m.	8:55:00 a. m.	1:52	MED	D	APEÑA
20-sep-19	LI	0760136	10:10:00 a. m.	11:48:00 a. m.	1:38	MED	D	APEÑA
3-oct-19	LI	0760135	7:00:00 a. m.	8:20:00 a. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
3-oct-19	LI	0760135	7:00:00 a. m.	8:20:00 a. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
8-oct-19	LI	0760136	1:00:00 a. m.	2:00:00 a. m.	1:00	MED	N	RMEDINA
11-oct-19	LI	0760135	11:10:00 p. m.	12:25:00 a. m.	22:45	MED	N	RDIAZ
11-oct-19	LI	0760135	11:10:00 p. m.	12:25:00 a. m.	1:15	MED	N	RDIAZ
24-oct-19	LI	0760135	1:00:00 a. m.	2:50:00 a. m.	1:50	MED	N	RMEDINA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
28-oct-19	LI	0760135	8:10:00 p. m.	9:15:00 p. m.	1:05	MED	N	OMENDOZA
28-oct-19	LI	0760136	10:15:00 a. m.	11:35:00 a. m.	1:20	MED	D	RMEDINA
8-nov-19	LI	0760136	1:10:00 a. m.	2:43:00 a. m.	1:33	MED	N	APEÑA
17-nov-19	LI	0760136	1:10:00 a. m.	2:45:00 a. m.	1:35	MED	D	APEÑA
22-nov-19	LI	0760136	2:20:00 a. m.	4:00:00 a. m.	1:40	MED	N	APEÑA
23-nov-19	LI	0760136	7:00:00 a. m.	8:22:00 a. m.	1:22	MED	D	RDIAZ
26-nov-19	LI	0760136	10:30:00 p. m.	11:30:00 p. m.	1:00	MED	N	RDIAZ
18-dic-19	LI	0760136	8:30:00 a. m.	9:25:00 a. m.	0:55	MED	D	SAMAYA
19-dic-19	LI	0760136	2:30:00 p. m.	3:40:00 p. m.	1:10	MED	D	SAMAYA

Tabla 12. Formato para registro de tiempos de lavado Demás flota. **Fuente:** Autor

6.3.2.5.2.4 Tanqueros de combustible

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
7-jun-19	LI	0760164	1:05:00 a. m.	2:40:00 a. m.	1:35	MED	N	APEÑA
7-jun-19	LI	0760115	7:10:00 p. m.	9:20:00 p. m.	2:10	MED	N	APEÑA
8-sep-19	LI	0760164	8:30:00 p. m.	10:00:00 p. m.	1:30	MED	N	SAMAYA
9-sep-19	LI	0760115	4:00:00 p. m.	5:20:00 p. m.	1:20	MED	D	RMEDINA
10-sep-19	LI	0760159	7:00:00 a. m.	8:05:00 a. m.	1:05	MED	D	RMEDINA
11-sep-19	LI	0760164	7:00:00 a. m.	8:10:00 a. m.	1:10	MED	D	OMENDOZA
11-sep-19	LF	0760164	2:25:00 a. m.	3:00:00 a. m.	0:35	MED	N	APEÑA
12-sep-19	LI	0760115	8:20:00 a. m.	9:30:00 a. m.	1:10	MED	D	RMEDINA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
13-sep-19	LI	0760151	1:00:00 p. m.	2:40:00 p. m.	1:40	MED	D	SAMAYA
15-sep-19	LI	0760151	8:10:00 p. m.	9:20:00 p. m.	1:10	MED	N	RMEDINA
17-sep-19	LI	0760115	1:00:00 p. m.	2:30:00 p. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
17-sep-19	LI	0760164	7:10:00 a. m.	9:07:00 a. m.	1:57	MED	D	APEÑA
24-sep-19	LI	0760159	8:44:00 p. m.	10:30:00 p. m.	1:46	MED	N	APEÑA
25-sep-19	LI	0760115	9:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	1:15	MED	D	RDIAZ
25-sep-19	LI	0760153	7:00:00 a. m.	8:35:00 a. m.	1:35	MED	D	SAMAYA
25-sep-19	LI	0760151	7:00:00 p. m.	8:30:00 p. m.	1:30	MED	N	RMEDINA
26-sep-19	LI	0760164	8:10:00 p. m.	9:30:00 p. m.	1:20	MED	N	RMEDINA
27-sep-19	LI	0760159	8:10:00 a. m.	9:07:00 a. m.	0:57	MED	D	OMENDOZA
28-sep-19	LI	0760151	2:30:00 a. m.	4:00:00 a. m.	1:30	MED	N	RMEDINA
29-sep-19	LI	0760163	3:00:00 a. m.	4:25:00 a. m.	1:25	MED	N	SAMAYA
29-sep-19	LF	0760115	4:32:00 a. m.	5:06:00 a. m.	0:34	MED	N	APEÑA
29-sep-19	LF	0760164	4:01:00 a. m.	4:25:00 a. m.	0:24	MED	N	APEÑA

29-sep-19	LI	0760115	8:15:00 p. m.	9:25:00 p. m.	1:10	MED	N	APEÑA
1-oct-19	LI	0760153	1:00:00 a. m.	2:45:00 a. m.	1:45	MED	N	SAMAYA
2-oct-19	LI	0760163	7:00:00 p. m.	9:00:00 p. m.	2:00	MED	N	SAMAYA
4-oct-19	LI	0760163	8:20:00 a. m.	9:50:00 a. m.	1:30	MED	D	RMEDINA
4-oct-19	LI	0760164	7:00:00 a. m.	8:11:00 a. m.	1:11	MED	D	OMENDOZA
5-oct-19	LI	0760115	10:45:00 a. m.	11:50:00 a. m.	1:05	MED	D	RMEDINA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
5-oct-19	LI	0760159	10:18:00 p. m.	11:45:00 p. m.	1:27	MED	N	APEÑA
11-oct-19	LI	0760164	10:40:00 a. m.	12:03:00 p. m.	1:23	MED	D	OMENDOZA
12-oct-19	LI	0760164	2:53:00 p. m.	4:15:00 p. m.	1:22	MED	D	APEÑA
13-oct-19	LI	0760163	9:21:00 a. m.	11:00:00 a. m.	1:39	MED	D	APEÑA
14-oct-19	LI	0760164	1:00:00 a. m.	2:00:00 a. m.	1:00	MED	N	RDIAZ
15-oct-19	LI	0760151	7:03:00 p. m.	9:45:00 p. m.	2:42	MED	N	APEÑA
15-oct-19	LI	0760151	7:03:00 p. m.	9:45:00 p. m.	2:42	MED	N	APEÑA
16-oct-19	LI	0760159	7:05:00 p. m.	8:50:00 p. m.	1:45	MED	N	APEÑA
17-oct-19	LI	0760164	1:30:00 a. m.	3:00:00 a. m.	1:30	MED	N	APEÑA
21-oct-19	LI	0760151	2:15:00 p. m.	3:15:00 p. m.	1:00	MED	D	RDIAZ
22-oct-19	LI	0760115	9:00:00 p. m.	11:35:00 p. m.	2:35	MED	N	RMEDINA
23-oct-19	LI	0760159	2:36:00 p. m.	3:44:00 p. m.	1:08	MED	D	OMENDOZA
24-oct-19	LI	0760153	3:45:00 a. m.	4:55:00 a. m.	1:10	MED	N	RMEDINA
24-oct-19	LI	0760153	2:30:00 a. m.	3:50:00 a. m.	1:20	MED	N	RDIAZ
28-oct-19	LI	0760153	7:00:00 p. m.	8:01:00 p. m.	1:01	MED	N	OMENDOZA
28-oct-19	LI	0760153	4:50:00 p. m.	5:30:00 p. m.	0:40	MED	D	RMEDINA
29-oct-19	LI	0760164	1:16:00 a. m.	2:24:00 a. m.	1:08	MED	N	OMENDOZA

30-oct-19	LI	0760153	8:11:00 p. m.	9:27:00 p. m.	1:16	MED	N	OMENDOZA
1-nov-19	LI	0760153	7:15:00 a. m.	8:40:00 a. m.	1:25	MED	D	RDIAZ
2-nov-19	LI	0760115	1:00:00 a. m.	2:20:00 a. m.	1:20	MED	N	SAMAYA
2-nov-19	LI	0760163	2:00:00 p. m.	3:00:00 p. m.	1:00	MED	D	SAMAYA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
4-nov-19	LI	0760163	2:00:00 p. m.	3:40:00 p. m.	1:40	MED	D	RDIAZ
4-nov-19	LI	0760153	7:00:00 a. m.	8:20:00 a. m.	1:20	MED	D	APEÑA
4-nov-19	LI	0760153	7:03:00 a. m.	8:20:00 a. m.	1:17	MED	D	APEÑA
5-nov-19	LI	0760159	8:30:00 p. m.	9:25:00 p. m.	0:55	MED	N	SAMAYA
6-nov-19	LI	0760164	7:00:00 a. m.	8:10:00 a. m.	1:10	MED	D	OMENDOZA
6-nov-19	LI	0760115	2:40:00 p. m.	4:10:00 p. m.	1:30	MED	D	APEÑA
8-nov-19	LI	0760164	1:10:00 a. m.	2:43:00 a. m.	1:33	MED	N	APEÑA
8-nov-19	LI	0760151	7:00:00 a. m.	8:30:00 a. m.	1:30	MED	D	RDIAZ
14-nov-19	LI	0760159	9:40:00 a. m.	11:36:00 a. m.	1:56	MED	D	OMENDOZA
17-nov-19	LI	0760164	9:00:00 p. m.	10:00:00 p. m.	1:00	MED	N	SAMAYA
19-nov-19	LI	0760153	5:00:00 p. m.	5:35:00 p. m.	0:35	MED	D	SAMAYA
19-nov-19	LI	0760115	7:00:00 a. m.	8:30:00 a. m.	1:30	MED	D	SAMAYA
21-nov-19	LI	0760153	9:00:00 a. m.	10:22:00 a. m.	1:22	MED	D	OMENDOZA
22-nov-19	LI	0760151	9:59:00 p. m.	11:47:00 p. m.	1:48	MED	N	APEÑA
27-nov-19	LI	0760163	10:40:00 p. m.	12:00:00 a. m.	1:20	MED	N	RDIAZ
28-nov-19	LI	0760153	10:34:00 a. m.	12:14:00 p. m.	1:40	MED	D	APEÑA
28-nov-19	LI	0760153	10:34:00 a. m.	12:14:00 p. m.	1:40	MED	D	APEÑA
30-nov-19	LI	0760159	7:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	1:15	MED	D	OMENDOZA
1-dic-19	LI	0760153	1:00:00 a. m.	2:30:00 a. m.	1:30	MED	N	SAMAYA

2-dic-19	LI	0760151	8:12:00 p. m.	9:43:00 p. m.	1:31	MED	N	APEÑA
----------	----	---------	------------------	------------------	------	-----	---	-------

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
2-dic-19	LI	0760159	8:20:00 a. m.	9:40:00 a. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
5-dic-19	LI	0760115	7:40:00 p. m.	9:22:00 p. m.	1:42	MED	N	APEÑA
5-dic-19	LF	0760115	3:30:00 a. m.	4:10:00 a. m.	0:40	MED	N	APEÑA
6-dic-19	LI	0760153	9:30:00 a. m.	10:20:00 a. m.	0:50	MED	D	SAMAYA
6-dic-19	LI	0760163	7:00:00 p. m.	8:30:00 p. m.	1:30	MED	N	RDIAZ
6-dic-19	LI	0760151	7:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	1:15	MED	D	OMENDOZA
7-dic-19	LI	0760163	4:10:00 p. m.	5:20:00 p. m.	1:10	MED	D	RDIAZ
7-dic-19	LI	0760163	7:00:00 p. m.	8:30:00 p. m.	1:30	MED	N	RDIAZ
7-dic-19	LI	0760151	10:10:00 p. m.	11:45:00 p. m.	1:35	MED	N	RDIAZ
9-dic-19	LI	0760164	1:00:00 p. m.	2:20:00 p. m.	1:20	MED	D	SAMAYA
9-dic-19	LI	0760164	10:00:00 p. m.	11:40:00 p. m.	1:40	MED	N	RDIAZ
13-dic-19	LI	0760163	2:21:00 p. m.	3:33:00 p. m.	1:12	MED	D	OMENDOZA
13-dic-19	LI	0760153	8:15:00 a. m.	9:16:00 a. m.	1:01	MED	D	OMENDOZA
16-dic-19	LI	0760159	7:00:00 a. m.	8:20:00 a. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
17-dic-19	LI	0760151	3:00:00 p. m.	4:45:00 p. m.	1:45	MED	D	RDIAZ
18-dic-19	LI	0760151	10:50:00 a. m.	11:40:00 a. m.	0:50	MED	D	SAMAYA
18-dic-19	LI	0760163	7:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	1:15	MED	D	SAMAYA
19-dic-19	LI	0760163	8:35:00 a. m.	9:50:00 a. m.	1:15	MED	D	SAMAYA
19-dic-19	LI	0760151	7:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	1:15	MED	D	SAMAYA
19-dic-19	LI	0760163	11:00:00 p. m.	12:20:00 a. m.	1:20	MED	N	OMENDOZA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
19-dic-19	LI	0760115	9:40:00 p. m.	10:55:00 p. m.	1:15	MED	N	OMENDOZA
19-dic-19	LI	0760164	8:10:00 p. m.	9:25:00 p. m.	1:15	MED	D	OMENDOZA
20-dic-19	LI	0760151	7:20:00 p. m.	8:38:00 p. m.	1:18	MED	N	RDIAZ
21-dic-19	LI	0760153	11:00:00 p. m.	12:15:00 a. m.	1:15	MED	N	RDIAZ
22-dic-19	LI	0760159	8:20:00 a. m.	9:33:00 a. m.	1:13	MED	D	OMENDOZA
22-dic-19	LI	0760115	10:50:00 p. m.	11:55:00 p. m.	1:05	MED	N	SAMAYA
23-dic-19	LI	0760163	11:00:00 p. m.	12:00:00 p. m.	1:00	MED	N	SAMAYA
23-dic-19	LI	0760151	10:54:00 a. m.	12:06:00 p. m.	1:12	MED	D	OMENDOZA
24-dic-19	LI	0760115	9:38:00 a. m.	10:59:00 a. m.	1:21	MED	D	OMENDOZA
24-dic-19	LI	0760159	1:30:00 a. m.	2:45:00 a. m.	1:15	MED	N	SAMAYA
25-dic-19	LI	0760115	9:40:00 p. m.	10:50:00 p. m.	1:10	MED	N	SAMAYA
25-dic-19	LI	0760163	8:17:00 a. m.	9:30:00 a. m.	1:13	MED	D	OMENDOZA
25-dic-19	LI	0760164	7:00:00 p. m.	8:10:00 p. m.	1:10	MED	N	SAMAYA
26-dic-19	LI	0760164	10:11:00 p. m.	11:50:00 p. m.	1:39	MED	N	OMENDOZA
28-dic-19	LI	0760153	7:00:00 a. m.	8:20:00 a. m.	1:20	MED	D	RDIAZ
28-dic-19	LI	0760159	5:05:00 p. m.	5:45:00 p. m.	0:40	MED	D	RDIAZ
29-dic-19	LI	0760115	3:00:00 p. m.	4:23:00 p. m.	1:23	MED	D	RDIAZ

Tabla 13. Formato para registro de tiempos de lavado tanqueros de combustible. **Fuente:** Autor

6.3.2.5.3 Formatos para registro de tiempos de lavado Unidades contraincendios

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
5-oct-19	LI	0860036	2:26:00 a. m.	3:10:00 a. m.	0:44	LIV	N	APEÑA
12-oct-19	LI	0860039	10:26:00 a. m.	11:44:00 a. m.	1:18	LIV	D	APEÑA
17-oct-19	LI	0860036	10:04:00 a. m.	11:15:00 a. m.	1:11	LIV	D	OMENDOZA
21-oct-19	LI	0860039	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1:00	MED	D	RDIAZ
12-nov-19	LI	0860036	8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	1:00	LIV	D	SAMAYA
19-nov-19	LI	0860044	1:00:00 p. m.	2:35:00 p. m.	1:35	MED	D	SAMAYA
24-nov-19	LI	0860044	3:00:00 a. m.	4:45:00 a. m.	1:45	MED	N	RDIAZ
29-nov-19	LI	0860044	7:00:00 p. m.	8:15:00 p. m.	1:15	MED	N	SAMAYA
7-dic-19	LI	0860039	3:05:00 p. m.	4:05:00 p. m.	1:00	LIV	D	RDIAZ
12-dic-19	LI	0860043	2:00:00 a. m.	3:00:00 a. m.	1:00	MED	N	SAMAYA
19-dic-19	LI	0860036	10:10:00 a. m.	10:30:00 a. m.	0:20	MED	D	SAMAYA
27-dic-19	LI	0860036	4:00:00 p. m.	5:00:00 p. m.	1:00	MED	D	RDIAZ

Tabla 14. Formato para registro de tiempos de lavado Unidades contraincendios. **Fuente:** Autor

6.3.2.5.4 Formatos para registro de tiempos de lavado de Unidades de rescate y ambulancias

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNO	LAVADOR
8-sep-19	LI	0860048	1:00:00 a. m.	1:50:00 a. m.	0:50	LIV	N	SAMAYA
10-sep-19	LF	0860033	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1:00	LIV	D	RDIAZ
15-sep-19	LF	0860048	1:55:00 a. m.	2:30:00 a. m.	0:35	LIV	N	RMEDINA
2-oct-19	LI	0860048	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1:00	LIV	D	APEÑA
3-oct-19	LI	0860048	3:50:00 a. m.	4:40:00 a. m.	0:50	LIV	N	APEÑA
7-oct-19	LF	0860048	2:05:00 p. m.	2:50:00 p. m.	0:45	LIV	D	RDIAZ
8-oct-19	LI	0860048	7:00:00 a. m.	8:40:00 a. m.	1:40	LIV	D	RDIAZ

11-oct-19	LF	0860048	4:50:00 a. m.	5:30:00 a. m.	0:40	LIV	N	RDIAZ
11-oct-19	LF	0860048	4:50:00 a. m.	5:30:00 a. m.	0:40	LIV	N	RDIAZ
13-oct-19	LI	0860048	11:00:00 p. m.	12:00:00 a. m.	1:00	LIV	N	RDIAZ
13-oct-19	LF	0860048	4:30:00 a. m.	5:25:00 a. m.	0:55	LIV	N	RDIAZ
14-oct-19	LI	0860033	3:30:00 a. m.	4:30:00 a. m.	1:00	LIV	N	RDIAZ
18-oct-19	LI	0860048	10:05:00 p. m.	10:55:00 p. m.	0:50	LIV	N	APEÑA
18-oct-19	LF	0860048	2:10:00 a. m.	2:50:00 a. m.	0:40	LIV	N	APEÑA
28-oct-19	LI	0860048	9:31:00 p. m.	10:20:00 p. m.	0:49	LIV	N	OMENDOZA
29-oct-19	LF	0860048	8:30:00 p. m.	9:12:00 p. m.	0:42	LIV	N	OMENDOZA
8-nov-19	LF	0860048	8:20:00 a. m.	9:05:00 a. m.	0:45	LIV	D	OMENDOZA
19-nov-19	LI	0860048	9:50:00 a. m.	10:40:00 a. m.	0:50	LIV	D	OMENDOZA
19-nov-19	LI	0860033	3:00:00 p. m.	3:55:00 p. m.	0:55	LIV	D	SAMAYA

FECHA	TIPO DE LAVADO	EQUIPO	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO LAVADO	FLOTA	TURNOS	LAVADOR
22-nov-19	LF	0860033	2:10:00 p. m.	3:04:00 p. m.	0:54	LIV	D	OMENDOZA
4-dic-19	LI	0860048	3:51:00 p. m.	4:20:00 p. m.	0:29	LIV	D	OMENDOZA
7-dic-19	LI	0860048	3:25:00 p. m.	3:50:00 p. m.	0:25	LIV	D	APEÑA
14-dic-19	LF	0860048	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1:00	LIV	D	RDIAZ
14-dic-19	LF	0860048	7:00:00 a. m.	7:40:00 a. m.	0:40	LIV	D	OMENDOZA
14-dic-19	LF	0860048	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1:00	LIV	N	RDIAZ
29-dic-19	LF	0860033	10:21:00 p. m.	11:01:00 p. m.	0:40	LIV	N	OMENDOZA

Tabla 15. Formato para registro de tiempos de lavado Unidades de rescate y ambulancias. **Fuente:** Autor

6.3.2.6 Datos históricos del consumo de agua del lavadero

A continuación, se muestran los datos históricos del consumo de agua del lavadero del taller de equipo liviano, durante todo el año 2019. Los cuales están ordenados por meses de acuerdo al consumo de agua.

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	358	INDUSTRIAL	291	RECICLADA	272
1/01/2019	19.801		56.434		23.473	
2/01/2019	19.801	0	56.434	0	23.473	0
3/01/2019	19.804	3	56.535	101	23.473	0
4/01/2019	19.829	25	56.550	15	23.473	0
5/01/2019	19.865	36	56.562	12	23.473	0
6/01/2019	19.874	9	56.567	5	23.473	0
7/01/2019	19.881	7	56.567	0	23.473	0
8/01/2019	19.892	11	56.581	14	23.473	0
9/01/2019	19.907	15	56.581	0	23.473	0
10/01/2019	19.915	8	56.591	10	23.473	0
11/01/2019	19.942	27	56.617	26	23.473	0
12/01/2019	19.987	45	56.635	18	23.473	0
13/01/2019	20.014	27	56.642	7	23.473	0
14/01/2019	20.022	8	56.642	0	23.486	13
15/01/2019	20.026	4	56.642	0	23.508	22

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	358	INDUSTRIAL	291	RECICLADA	272
16/01/2019	20.028	2	56.643	1	23.522	14
17/01/2019	20.033	5	56.660	17	23.533	11
18/01/2019	20.056	23	56.677	17	23.536	3
19/01/2019	20.074	18	56.677	0	23.554	18
20/01/2019	20.081	7	56.677	0	23.563	9
21/01/2019	20.085	4	56.677	0	23.587	24
22/01/2019	20.089	4	56.677	0	23.620	33
23/01/2019	20.098	9	56.684	7	23.636	16
24/01/2019	20.108	10	56.705	21	23.637	1
25/01/2019	20.138	30	56.715	10	23.653	16
26/01/2019	20.143	5	56.723	8	23.672	19
27/01/2019	20.156	13	56.724	1	23.702	30
28/01/2019	20.159	3	56.725	1	23.745	43
29/01/2019	20.166	7	56.725	0	23.784	39

30/01/2019	20.175	9	56.731	6	23.786	2
31/01/2019	20.184	9	56.732	1	23.787	1

Tabla 16. Consumo de agua mes de enero. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	243	INDUSTRIAL	116	RECICLADA	436
1/02/2019	20.191		56.733		23.798	
2/02/2019	20.195	4	56.734	1	23.818	20
3/02/2019	20.200	5	56.734	0	23.845	27
4/02/2019	20.205	5	56.734	0	23.864	19
5/02/2019	20.208	3	56.735	1	23.879	15
6/02/2019	20.213	5	56.735	0	23.979	100
7/02/2019	20.218	5	56.735	0	23.958	-21
8/02/2019	20.223	5	56.735	0	23.991	33
9/02/2019	20.266	43	56.762	27	23.997	6
10/02/2019	20.278	12	56.776	14	23.999	2
11/02/2019	20.282	4	56.776	0	24.014	15
12/02/2019	20.288	6	56.777	1	24.035	21
13/02/2019	20.291	3	56.777	0	24.066	31
14/02/2019	20.310	19	56.786	9	24.070	4
15/02/2019	20.315	5	56.787	1	24.070	0
16/02/2019	20.336	21	56.803	16	24.070	0

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	243	INDUSTRIAL	116	RECICLADA	436
17/02/2019	20.352	16	56.815	12	24.074	4
18/02/2019	20.355	3	56.815	0	24.078	4
19/02/2019	20.359	4	56.815	0	24.096	18
20/02/2019	20.362	3	56.815	0	24.117	21
21/02/2019	20.384	22	56.829	14	24.129	12
22/02/2019	20.391	7	56.829	0	24.150	21
23/02/2019	20.401	10	56.841	12	24.170	20
24/02/2019	20.405	4	56.841	0	24.188	18
25/02/2019	20.411	6	56.841	0	24.199	11
26/02/2019	20.417	6	56.842	1	24.210	11
27/02/2019	20.434	17	56.849	7	24.215	5
28/02/2019	20.434	0	56.849	0	24.234	19

Tabla 17. Consumo de agua mes de febrero. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	445	INDUSTRIAL	203	RECICLADA	472
1/03/2019	20.441		56.852		23.798	
2/03/2019	20.487	46	56.734	118	23.818	20
3/03/2019	20.492	5	56.734	0	23.845	27
4/03/2019	20.501	9	56.734	0	23.864	19
5/03/2019	20.504	3	56.735	1	23.879	15
6/03/2019	20.514	10	56.735	0	23.979	100
7/03/2019	20.546	32	56.735	0	23.958	21
8/03/2019	20.569	23	56.735	0	23.991	33
9/03/2019	20.587	18	56.762	27	23.997	6
10/03/2019	20.596	9	56.776	14	23.999	2
11/03/2019	20.602	6	56.943	167	24.270	271
12/03/2019	20.610	8	56.948	5	24.270	0
13/03/2019	20.619	9	56.951	3	24.270	0
14/03/2019	20.621	2	56.951	0	24.270	0
15/03/2019	20.625	4	56.951	0	24.070	200
16/03/2019	20.633	8	56.951	0	24.270	200
17/03/2019	20.650	17	56.965	14	24.270	0
18/03/2019	20.654	4	56.965	0	24.270	0
19/03/2019	20.662	8	56.966	1	24.270	0

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	445	INDUSTRIAL	203	RECICLADA	472
20/03/2019	20.675	13	56.975	9	24.270	0
21/03/2019	20.706	31	56.997	22	24.270	0
22/03/2019	20.727	21	57.013	16	24.270	0
23/03/2019	20.752	25	57.030	17	24.270	0
24/03/2019	20.770	18	57.045	15	24.270	0
25/03/2019	20.780	10	57.051	6	24.270	0
26/03/2019	20.786	6	57.053	2	24.270	0
27/03/2019	20.791	5	57.053	0	24.270	0
28/03/2019	20.813	22	57.055	2	24.270	0
29/03/2019	20.849	36	57.097	42	24.270	0
30/03/2019	20.853	4	57.098	1	24.270	0
31/03/2019	20.886	33	57.115	17	24.270	0

Tabla 18. Consumo de agua mes de marzo. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	626	INDUSTRIAL	175	RECICLADA	213
1/04/2019	20.894		57.133		24.270	
2/04/2019	20.943	49	57.136	3	24.270	0
3/04/2019	20.946	3	57.136	0	24.270	0
4/04/2019	20.954	8	57.136	0	24.270	0
5/04/2019	20.959	5	57.140	4	24.270	0
6/04/2019	20.965	6	57.140	0	24.270	0
7/04/2019	20.968	3	57.140	0	24.270	0
8/04/2019	20.985	17	57.153	13	24.270	0
9/04/2019	21.010	25	57.174	21	24.270	0
10/04/2019	21.013	3	57.174	0	24.270	0
11/04/2019	21.018	5	57.174	0	24.270	0
12/04/2019	21.034	16	57.178	4	24.270	0
13/04/2019	21.039	5	57.183	5	24.270	0
14/04/2019	21.052	13	57.195	12	24.270	0
15/04/2019	21.066	14	57.195	0	24.270	0
16/04/2019	21.070	4	57.195	0	24.270	0
17/04/2019	21.075	5	57.195	0	24.279	9
18/04/2019	21.088	13	57.204	9	24.281	2
19/04/2019	21.114	26	57.226	22	24.281	0
20/04/2019	21.143	29	57.251	25	24.281	0
21/04/2019	21.178	35	57.282	31	24281	19
22/04/2019	21.185	7	57.286	4	24.300	22

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	626	INDUSTRIAL	175	RECICLADA	213
23/04/2019	21.189	4	57.286	0	24.322	39
24/04/2019	21.192	3	57.286	0	24.361	26
25/04/2019	21.205	13	57.293	7	24.387	19
26/04/2019	21.226	21	57.308	15	24.406	26
27/04/2019	21.229	3	57.308	0	24.432	26
28/04/2019	21.235	6	57.308	0	24.457	25
29/04/2019	21.513	278	57.308	0	24.486	29
30/04/2019	21.520	7	57.314	6	24.499	13

Tabla 19. Consumo de agua mes de abril. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	418	INDUSTRIAL	165	RECICLADA	710
1/05/2019	21.524		57.314		24.518	
2/05/2019	21.536	12	57.319	5	24.542	24
3/05/2019	21.548	12	57.350	31	24.553	11
4/05/2019	21.597	49	57.372	22	54.560	30.007
5/05/2019	21.603	6	57.372	0	54.582	22
6/05/2019	21.675	72	57.372	0	54.605	23
7/05/2019	21.681	6	57.372	0	54.639	34
8/05/2019	21.686	5	57.372	0	24.671	29.968
9/05/2019	21.692	6	57.372	0	24.698	27
10/05/2019	21.696	4	57.372	0	24.728	30
11/05/2019	21.715	19	57.372	0	24.760	32
12/05/2019	21.727	12	57.376	4	24.791	31
13/05/2019	21.741	14	57.380	4	24.830	39
14/05/2019	21.748	7	57.380	0	24.879	49
15/05/2019	21.769	21	57.396	16	24.891	12
16/05/2019	21.809	40	57.430	34	24.963	72
17/05/2019	21.816	7	57.430	0	24.963	0
18/05/2019	21.820	4	57.430	0	24.963	0
19/05/2019	21.827	7	57.430	0	24.963	0
20/05/2019	21.831	4	57.430	0	24.963	0
21/05/2019	21.837	6	57.430	0	24.971	46
22/05/2019	21.842	5	57.430	0	25.009	54
23/05/2019	21.847	5	57.430	0	25.063	31
24/05/2019	21.864	17	57.441	11	25.094	0

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	418	INDUSTRIAL	165	RECICLADA	710
25/05/2019	21.868	4	57.441	0	25.094	14
26/05/2019	21.915	47	57.479	38	25.108	37
27/05/2019	21.923	8	57.479	0	25.145	37
28/05/2019	21.930	7	57.479	0	25.191	46
29/05/2019	21.936	6	57.479	0	25.212	21
30/05/2019	21.942	6	57.484	5	25.238	26
31/05/2019	21.948	6	57.484	0	25.270	32

Tabla 20. Consumo de agua mes de mayo. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	429	INDUSTRIAL	160	RECICLADA	760
1/06/2019	21.964		57.484		25.306	
2/06/2019	21.969	5	57.484	0	25.356	50
3/06/2019	21.975	6	57.484	0	25.384	28
4/06/2019	22.027	52	57.484	0	25.405	21
5/06/2019	22.038	11	57.484	0	25.442	37
6/06/2019	22.044	6	57.522	38	25.499	57
7/06/2019	22.050	6	57.528	6	25.548	49
8/06/2019	22.058	8	57.528	0	25.602	54
9/06/2019	22.063	5	57.528	0	25.652	50
10/06/2019	22.067	4	57.528	0	25.687	35
11/06/2019	22.105	38	57.528	0	25.694	7
12/06/2019	22.133	28	57.581	53	25.715	21
13/06/2019	22.148	15	57.589	8	25.758	43
14/06/2019	22.154	6	57.589	0	25.758	0
15/06/2019	22.172	18	57.591	2	25.818	60
16/06/2019	22.232	60	57.591	0	25.838	20
17/06/2019	22.254	22	57.591	0	25.852	14
18/06/2019	22.260	6	57.591	0	25.883	31
19/06/2019	22.264	4	57.591	0	25.922	39
20/06/2019	22.270	6	57.591	0	25.969	47
21/06/2019	22.276	6	57.601	10	25.991	22
22/06/2019	22.283	7	57.606	5	26.605	614
23/06/2019	22.292	9	57.611	5	26.607	2
24/06/2019	22.343	51	57.643	32	26.024	-583
25/06/2019	22.349	6	57.643	0	26.038	14

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	429	INDUSTRIAL	160	RECICLADA	760
26/06/2019	22.352	3	57.643	0	26.048	10
27/06/2019	22.354	2	57.644	1	26.048	0
28/06/2019	22.356	2	57.644	0	26.066	18
29/06/2019	22.367	11	57.646	2	26.079	13
30/06/2019	22.393	26	57.668	22	26.079	0

Tabla 21. Consumo de agua mes de junio. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	374	INDUSTRIAL	167	RECICLADA	709
1/07/2019	22.413		57.683		26.103	
2/07/2019	22.419	6	57.683	0	26.135	32
3/07/2019	22.424	5	57.683	0	26.161	26
4/07/2019	22.428	4	57.683	0	26.182	21
5/07/2019	22.431	3	57.683	0	26.215	33
6/07/2019	22.441	10	57.683	0	26.238	23
7/07/2019	22.467	26	57.701	18	26.238	0
8/07/2019	22.484	17	57.710	9	26.260	22
9/07/2019	22.490	6	57.710	0	26.330	70
10/07/2019	22.499	9	57.711	1	26.346	16
11/07/2019	22.507	8	57.714	3	26.360	14
12/07/2019	22.512	5	57.715	1	26.376	16
13/07/2019	22.532	20	57.725	10	26.407	31
14/07/2019	22.543	11	57.725	0	26.420	13
15/07/2019	22.543	0	57.725	0	26.442	22
16/07/2019	22.551	8	57.726	1	26.485	43
17/07/2019	22.559	8	57.726	0	26.509	24
18/07/2019	22.571	12	57.726	0	26.538	29
19/07/2019	22.590	19	57.735	9	26.554	16
20/07/2019	22.627	37	57.766	31	26.554	0
21/07/2019	22.649	22	57.785	19	26.554	23
22/07/2019	22.655	6	57.785	0	26.577	32
23/07/2019	22.663	8	57.786	1	26.609	34
24/07/2019	22.671	8	57.789	3	26.643	19
25/07/2019	22.678	7	57.791	2	26.662	-57
26/07/2019	22.687	9	57.793	2	26.605	100
27/07/2019	22.696	9	57.794	1	26.705	100

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	374	INDUSTRIAL	167	RECICLADA	709
28/07/2019	22.728	32	57.818	24	26.712	7
29/07/2019	22.737	9	57.824	6	26.712	0
30/07/2019	22.775	38	57.848	24	26.714	2
31/07/2019	22787	12	57850	2	26742	28

Tabla 22. Consumo de agua mes de julio. Fuente: Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	394	INDUSTRIAL	179	RECICLADA	564
1/08/2019	22.797		57.851		26.778	
2/08/2019	22.802	5	57.851	0	26.811	33
3/08/2019	22.827	25	57.870	19	26.826	15
4/08/2019	22.852	25	57.890	20	26.831	5
5/08/2019	22.857	5	57.891	1	26.834	3
6/08/2019	22.864	7	57.893	2	26.864	30
7/08/2019	22.872	8	57.894	1	26.891	27
8/08/2019	22.882	10	57.894	0	26.932	41
9/08/2019	22.888	6	57.895	1	26.965	33
10/08/2019	22.895	7	57.896	1	26.992	27
11/08/2019	22.902	7	57.897	1	27.016	24
12/08/2019	22.913	11	57.899	2	27.036	20
13/08/2019	22.942	29	57.921	22	27.054	18
14/08/2019	22.977	35	57.948	27	27.054	0
15/08/2019	22.996	19	57.959	11	27.081	27
16/08/2019	23.007	11	57.961	2	27.117	36
17/08/2019	23.012	5	57.961	0	27.161	44
18/08/2019	23.021	9	57.961	0	27.188	27
19/08/2019	23.028	7	57.961	0	27.188	0
20/08/2019	23.036	8	57.963	2	27.215	27
21/08/2019	23.044	8	57.963	0	27.242	27
22/08/2019	23.070	26	57.980	17	27.255	13
23/08/2019	23.078	8	58.008	28	27.255	0
24/08/2019	23.138	60	58.027	19	27.258	3
25/08/2019	23.144	6	58.027	0	27.274	16
26/08/2019	23.150	6	58.027	0	27.274	0
27/08/2019	23.158	8	58.028	1	27.320	46
28/08/2019	23.165	7	58.029	1	27.342	22
29/08/2019	23.172	7	58.029	0	27.374	32

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	394	INDUSTRIAL	179	RECICLADA	564
30/08/2019	23.181	9	58.029	0	27.410	36
31/08/2019	23191	10	58030	1	27444	34

Tabla 23. Consumo de agua mes de agosto. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	422	INDUSTRIAL	129	RECICLADA	745
1/09/2019	23198		58.030		27.473	
2/09/2019	23.208	10	58.030	0	27.486	13
3/09/2019	23.217	9	58.033	3	27.515	29
4/09/2019	23.226	9	58.035	2	27.550	35
5/09/2019	23.232	6	58.036	1	27.589	39
6/09/2019	23.249	17	58.043	7	27.608	19
7/09/2019	23.281	32	58.068	25	27.613	5
8/09/2019	23.287	6	58.068	0	27.641	28
9/09/2019	23.298	11	58.068	0	27.667	26
10/09/2019	23.303	5	58.068	0	27.692	25
11/09/2019	23.310	7	58.069	1	27.740	48
12/09/2019	23.318	8	58.070	1	27.775	35
13/09/2019	23.326	8	58.071	1	27.815	40
14/09/2019	23.336	10	58.071	0	27.841	26
15/09/2019	23.345	9	58.071	0	27.894	53
16/09/2019	23.359	14	58.072	1	27.894	0
17/09/2019	23.360	1	58.072	0	27.919	25
18/09/2019	23.367	7	58.072	0	27.920	1
19/09/2019	23.380	13	58.075	3	27.965	45
20/09/2019	23.422	42	58.105	30	27.975	10
21/09/2019	23.462	40	58.131	26	27.978	3
22/09/2019	23.474	12	58.132	1	27.998	20
23/09/2019	23.487	13	58.132	0	28.020	22
24/09/2019	23.501	14	58.132	0	28.056	36
25/09/2019	23.532	31	58.132	0	28.092	36
26/09/2019	23.542	10	58.132	0	28.152	60
27/09/2019	23.583	41	58.154	22	28.170	18
28/09/2019	23.600	17	58.156	2	28.218	48
29/09/2019	23.612	12	58.158	2	28.249	31
30/09/2019	23.620	8	58.159	1	28.278	29

Tabla 24. Consumo de agua mes de septiembre. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	352	INDUSTRIAL	47	RECICLADA	1.080
1/10/2019	23633		58.159		28.305	
2/10/2019	23.642	9	58.160	1	28.343	38
3/10/2019	23.652	10	58.160	0	28.380	37

4/10/2019	23.673	21	58.160	0	28.429	49
5/10/2019	23.686	13	58.161	1	28.465	36
6/10/2019	23.694	8	58.162	1	28.510	45
7/10/2019	23.703	9	58.162	0	28.546	36
8/10/2019	23.721	18	58.162	0	28.598	52
9/10/2019	23.732	11	58.162	0	28.654	56
10/10/2019	23.741	9	58.162	0	28.706	52
11/10/2019	23.751	10	58.164	2	28.743	37
12/10/2019	23.760	9	58.164	0	28.804	61
13/10/2019	23.768	8	58.166	2	28.772	-32
14/10/2019	23.774	6	58.167	1	28.935	163
15/10/2019	23.784	10	58.168	1	28.987	52
16/10/2019	23.791	7	58.168	0	29.039	52
17/10/2019	23.798	7	58.169	1	29.082	43
18/10/2019	23.822	24	58.185	16	29.095	13
19/10/2019	23.856	34	58.204	19	29.100	5
20/10/2019	23.892	36	58.206	2	29.112	12
21/10/2019	23.903	11	58.206	0	29.135	23
22/10/2019	23.916	13	58.206	0	29.196	61
23/10/2019	23.948	32	58.206	0	29.220	24
24/10/2019	23.956	8	58.206	0	29.262	42
25/10/2019	23.970	14	58.206	0	29.311	49
26/10/2019	23.979	9	58.206	0	29.345	34
27/10/2019	23.982	3	58.206	0	29.384	39
28/10/2019	23.985	3	58.206	0	29.385	1
29/10/2019	24.003	18	58.206	0	29.426	41
30/10/2019	24.031	28	58.206	0	29.458	32
31/10/2019	24.039	8	58.224	18	29.475	17

Tabla 25. Consumo de agua mes de octubre. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	363	INDUSTRIAL	175	RECICLADA	728
1/11/2019	24094		58.238		29.494	
2/11/2019	24.109	15	58.253	15	29.450	-44
3/11/2019	24.118	9	58.254	1	29.553	103
4/11/2019	24.113	-5	58.254	0	29.572	19
5/11/2019	24.113	0	58.255	1	29.617	45
6/11/2019	24.113	0	58.258	3	29.647	30
7/11/2019	24.113	0	58.262	4	29.668	21
8/11/2019	24.122	9	58.270	8	29.675	7

9/11/2019	24.164	42	58.303	33	29.682	7
10/11/2019	24.172	8	58.304	1	29.719	37
11/11/2019	24.182	10	58.304	0	29.743	24
12/11/2019	24.191	9	58.308	4	29.781	38
13/11/2019	24.203	12	58.308	0	29.798	17
14/11/2019	24.212	9	58.311	3	29.831	33
15/11/2019	24.222	10	58.331	20	29.850	19
16/11/2019	24.274	52	58.347	16	29.861	11
17/11/2019	24.281	7	58.348	1	29.881	20
18/11/2019	24.289	8	58.348	0	29.904	23
19/11/2019	24.301	12	58.349	1	29.936	32
20/11/2019	24.311	10	58.350	1	29.987	51
21/11/2019	24.323	12	58.351	1	30.013	26
22/11/2019	24.339	16	58.352	1	30.053	40
23/11/2019	24.352	13	58.360	8	30.077	24
24/11/2019	24.410	58	58.392	32	30.090	13
25/11/2019	24.424	14	58.403	11	30.109	19
26/11/2019	24.434	10	58.406	3	30.184	75
27/11/2019	24.445	11	58.406	0	30.186	2
28/11/2019	24.457	12	58.413	7	30.222	36
29/11/2019	24.470	13	58.417	4	30.254	32
30/11/2019	24.487	17	58.428	11	30.271	17

Tabla 26. Consumo de agua mes de noviembre. **Fuente:** Autor

CONTADORES						
FECHA	PRINCIPAL	416	INDUSTRIAL	195	RECICLADA	691
1/12/2019	24495		58.431		30.310	
2/12/2019	24.504	9	58.431	0	30.326	16
3/12/2019	24.525	21	58.441	10	30.352	26
4/12/2019	24.549	24	58.458	17	30.355	3
5/12/2019	24.557	8	58.458	0	30.395	40
6/12/2019	24.565	8	58.459	1	30.425	30
7/12/2019	24.574	9	58.461	2	30.455	30
8/12/2019	24.582	8	58.462	1	30.499	44
9/12/2019	24.591	9	58.478	16	30.511	12
10/12/2019	24.634	43	58.495	17	30.528	17
11/12/2019	24.642	8	58.496	1	30.543	15
12/12/2019	24.651	9	58.497	1	30.571	28
13/12/2019	24.671	20	58.508	11	30.607	36
14/12/2019	24.679	8	58.509	1	30.636	29

15/12/2019	24.688	9	58.510	1	30.664	28
16/12/2019	24.646	-42	58.511	1	30.699	35
17/12/2019	24.706	60	58.514	3	30.740	41
18/12/2019	24.715	9	58.514	0	30.783	43
19/12/2019	24.726	11	58.517	3	30.819	36
20/12/2019	24.748	22	58.542	25	30.830	11
21/12/2019	24.794	46	58.564	22	30.831	1
22/12/2019	24.827	33	58.589	25	30.832	1
23/12/2019	24839	12	58.590	1	30.849	17
24/12/2019	24.848	9	58.592	2	30.890	41
25/12/2019	24.856	8	58.593	1	30.932	42
26/12/2019	24.868	12	58.598	5	30.972	40
27/12/2019	24.885	17	58.610	12	30.983	11
28/12/2019	24.911	26	58.626	16	31.001	18
29/12/2019	24.920	9	58.628	2	31.031	30
30/12/2019	24.923	3	58.628	0	31.049	18
31/12/2019	24.923	0	58.628	0	31.053	4

Tabla 27. Consumo de agua mes de diciembre. **Fuente:** Autor

6.4 INDICADORES DEL LAVADO DE EQUIPOS MEDIANOS

Los indicadores muestran cambios en ciertas condiciones o resultados de intervenciones específicas. En este trabajo se evaluarán tres indicadores, los cuales están ligados intrínsecamente con el lavado de equipo medianos; todo esto con el fin de brindar soluciones a la problemática social, ambiental y económica presentada en el lavadero de equipos.

6.4.1 Indicador social

El lavadero del taller de equipo liviano cuenta con cinco (5) técnicos lavadores, los cuales están preparados y calificados para realizar dicha labor, estos a su vez están expuestos directamente al contacto con el agua producto del lavado de los equipos, esto a su vez está generando problemas en la salud de los empleados de esta área, como afecciones en su piel (brotes, rasquiñas, irritación de los ojos, etc.).

6.4.2 Indicador ambiental

Describir las medidas físicas, químicas o biológicas presentes en el agua, producto del lavado de los equipos del taller de equipo liviano. Estos parámetros son el pH, los sólidos en suspensión, la temperatura, la DBO₅, etc. o un conjunto de los mismos. Este análisis físico – químico realizado al agua de recirculación del lavadero se hará una comparación con la tabla de especificaciones de cumplimiento de la norma ambiental colombiana.

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	<40 °C	<40 °C
Materia flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción 80% en carga	Remoción 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción 50% en carga	Remoción 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno		
Para desechos domésticos	Remoción 30% en carga	Remoción 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción 30% en carga	Remoción 80% en carga

Tabla 28. Especificaciones de cumplimiento ambiental.

Fuente: (Escobar, Federica, 2017)

6.4.3 Indicador económico - financiero

Son todos los recursos económicos necesarios que se generan durante las labores de lavado de los equipos, como son el consumo de agua, tiempos de lavado, insumos y tiempos de mantenimiento del lavadero. Para este estudio se tomarán valores de ciertos productos como un estimado, ya que la empresa MASA STORK no cuenta con acceso a esta información, la cual es de vital confiabilidad para Cerrejón, uno de ellos es el valor del costo de un m^3 de agua industrial y parámetros para la toma de muestra del agua residual.

7. DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con base en los datos históricos de los equipos, se identifica que se tiene una información completa de los tiempos de lavados de los equipos y consumo de agua, la cual se implementó para calcular el consumo de agua por equipos y así determinar el consumo total de agua del lavadero y caudal máximo.

Las inconsistencias encontradas son los datos no registrados y erróneos registrados de los equipos, se debe a múltiples causas, pero una de las más comunes es la negligencia del llenado del formato de tiempo de lavado de los equipos y compromiso de las personas que realizan la digitación de los datos en las bases de datos de la empresa. Los datos en cero se observan en la tabla de consumo de agua, nos brindará una información con márgenes de error bastantes considerados por lo cual no se tendrán en cuenta al momento de realizar el estudio. Lo benéfico es que existe una gran cantidad de datos, debido a la muestra escogida (1 año), con esto se compensa en cierto porcentaje el impacto de los datos ausentes.

Las falencias de la información registrada indica que actualmente Equipo Liviano no se da cuenta de lo importante que es registrar la información de los tiempos de lavado de los equipos en la base de datos. Esto se debe principalmente a los siguientes hechos; en la investigación realizada no se tiene conocimiento de la implementación de un PTAR para el tratamiento de las aguas residuales en el lavado de vehículos, lo cual dificulta la investigación por todo el levantamiento de la información al momento de realizar el desarrollo del proyecto. Por lo cual al final se darán propuestas de mejoras con el fin de mejorar la eficiencia de todo el proceso y así, cumplir con los requerimientos exigidos por el cliente (Cerrejón).

7.1 CAMIONES CANASTA

En la *Tabla 29* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la subflota camiones canastas. Este tiempo se calculó, como la suma de todas las veces que el equipo frecuentó el lavadero de equipo liviano, también se observan valores en cero; lo que nos indica que los equipos en esos meses no frecuentaron el lavadero del taller de equipo liviano.

N° EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
720145	0	2:10	1:30	0	1:45	2:25	1:30	0	1:25	2:10	2:33	0
720150	0	0:40	2:03	0	3:15	1:55	0:50	3:10	0	3:00	0:50	2:15
720151	0:55	1:14	0	1:45	2:14	3:10	0	2:25	2:20	1:40	0	3:20
720158	0	1:00	2:10	2:09	0	2:20	1:05	4:10	1:25	2:00	3:20	1:10
720171	0	1:40	1:50	1:10	2:08	0	2:15	2:10	1:45	1:50	1:45	0
720172	2:20	1:30	3:15	0:45	0	2:00	0	1:30	2:30	2:15	0	2:05
720175	3:19	2:05	1:10	0:55	0	1:40	2:35	0	1:55	3:20	2:10	1:45
720177	2:15	1:00	0	2:13	1:35	0	2:00	0	1:25	2:40	3:25	2:45
720178	1:05	1:13	1:00	0	2:00	1:00	1:45	0:55	0	1:30	0:55	1:50
TOTAL	9:54	12:32	12:58	8:57	12:57	14:30	12:00	14:20	12:45	20:25	14:58	15:10

Tabla 29. Tiempos (hr) de lavado camiones canasta, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 6* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos, en lo que se evidencia que el mes con mayor tiempo de lavado fue octubre y el equipo con mayor tiempo de lavado es la canasta 720175.

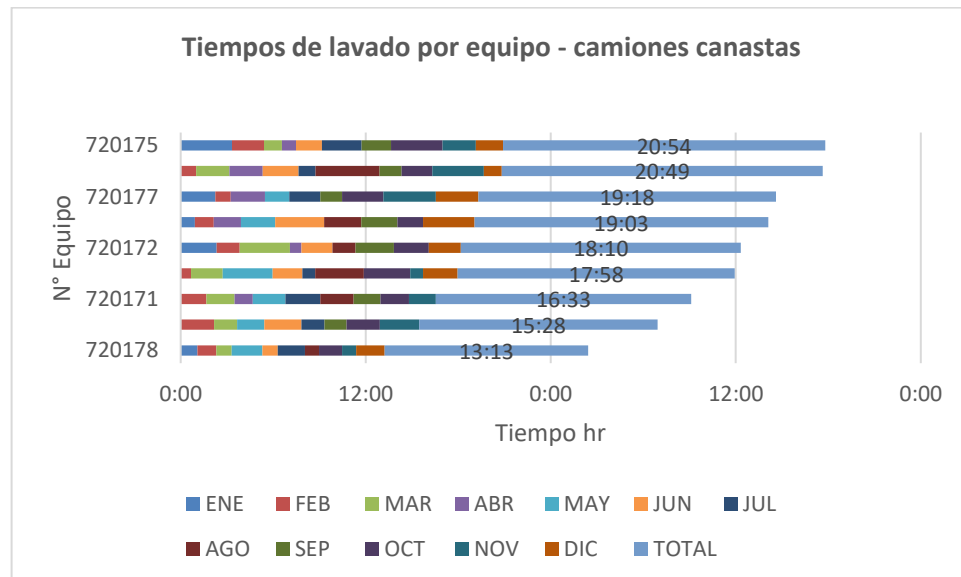


Figura 6. Tiempo de lavado camiones canasta, año 2019. **Fuente:** Autor

7.2 TANQUEROS Y LUBRICADORES

7.2.1 Lubricadores de equipos auxiliares

En la *Tabla 30* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la subflota Lubricadores de equipos auxiliares. Este tiempo se calculó, como la suma de todas las veces que el equipo frecuentó el lavadero de equipo liviano, también se observan valores en cero; lo que nos indica que los equipos en esos meses no frecuentaron el lavadero del taller de equipo liviano.

N° EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
760127	4:23	2:15	1:10	2:20	0	1:14	1:25	1:10	3:00	2:45	1:25	2:05
760141	2:50	1:14	0:45	1:25	2:10	1:00	1:45	0	2:05	2:00	1:50	1:20
760146	4:40	2:00	1:10	1:45	1:50	1:40	2:30	2:35	1:50	3:15	0	1:15
760155	0	1:40	2:13	2:30	3:15	1:30	1:55	1:50	0:40	1:40	1:45	1:25
760156	0	2:15	2:15	1:55	1:10	2:05	1:25	2:00	1:10	1:20	2:15	2:00
TOTAL	11:53	9:24	7:33	9:55	8:25	7:29	9:00	7:35	8:45	11:00	7:15	8:05

Tabla 30. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de equipos auxiliares, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 7* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos, en lo que se evidencia que el mes con mayor tiempo de lavado fue octubre y el equipo con mayor tiempo de lavado es el lubricador 760146.

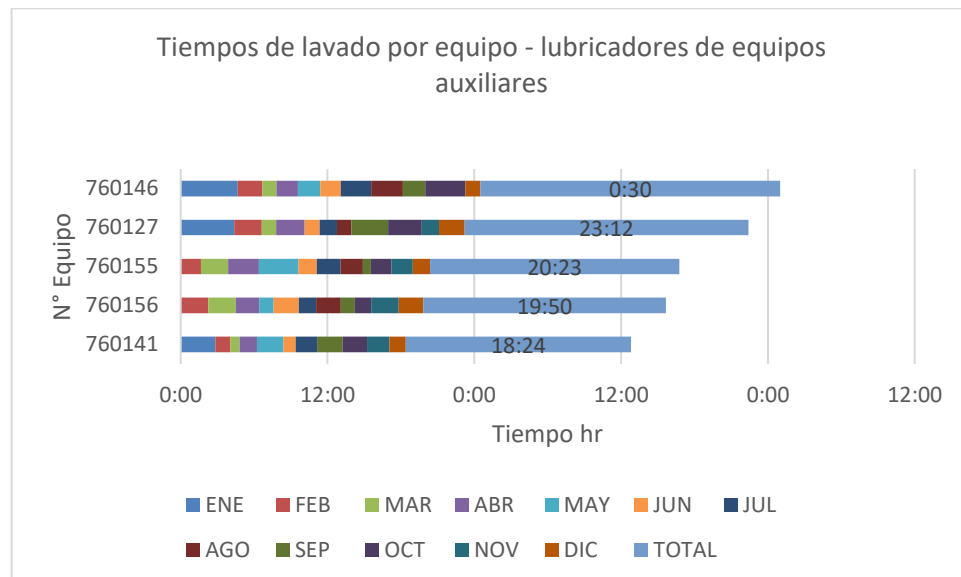


Figura 7. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de equipos auxiliares, año 2019. **Fuente:** Autor

7.2.2 Lubricadores de pala

En la *Tabla 31* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la subflota Lubricadores de palas. Este tiempo se calculó, como la suma de todas las veces que el equipo frecuentó el lavadero de equipo liviano, también se observan valores en cero; lo que nos indica que los equipos en esos meses no frecuentaron el lavadero del taller de equipo liviano.

N° EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
760133	3:26	2:10	0	3:15	2:35	1:40	2:14	2:20	1:15	3:25	1:55	1:45
760154	3:25	1:10	1:20	2:20	0	2:40	0	1:25	1:45	2:10	0	2:20
760158	1:40	0	3:15	3:00	2:15	1:50	3:14	1:45	1:30	3:00	2:35	0
760161	4:37	2:10	3:50	1:15	3:25	1:45	2:10	2:30	3:25	2:55	1:25	3:40
TOTAL	13:08	5:30	8:25	9:50	8:15	7:55	7:38	8:00	7:55	11:30	5:55	7:45

Tabla 31. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de palas, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 8* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos, en lo que se evidencia que el mes con mayor tiempo de lavado fue octubre y el equipo con mayor tiempo de lavado es el lubricador 760161.

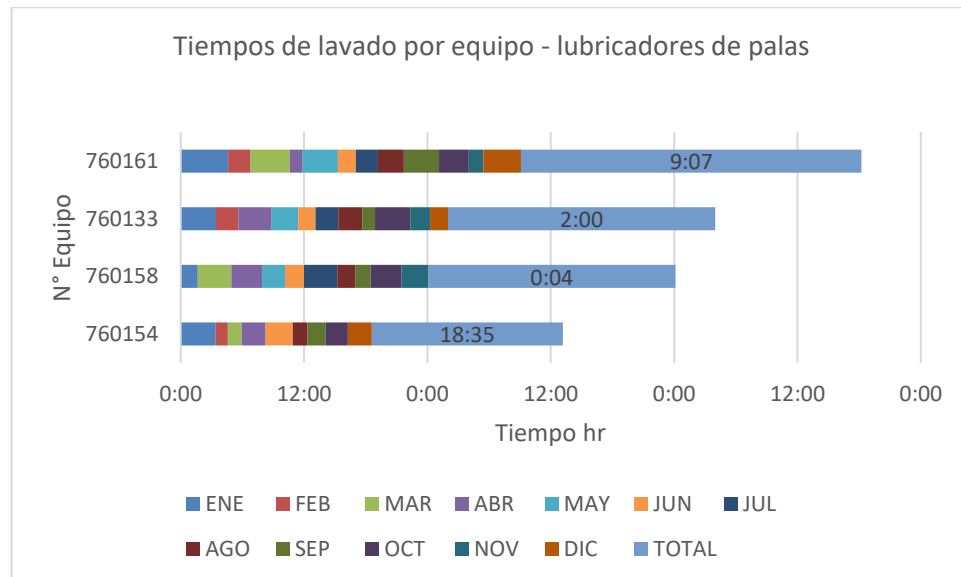


Figura 8. Tiempos (hr) de lavado lubricadores de palas, año 2019. **Fuente:** Autor

7.2.3 Tanqueros de combustibles

En la *Tabla 32* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la subflota Tanqueros de combustibles. Este tiempo se calculó, como la suma de todas las veces que el equipo frecuentó el lavadero de equipo liviano, también se observan valores en cero; lo que nos indica que los equipos en esos meses no frecuentaron el lavadero del taller de equipo liviano.

N° EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
760115	0	3:15	1:05	2:05	3:25	1:25	2:05	1:20	0:50	2:50	1:20	0
760151	3:45	2:40	2:15	1:55	1:30	0	3:15	3:00	2:25	1:10	1:50	1:05
760153	1:20	1:20	3:00	2:20	2:22	1:45	0	2:24	1:50	3:10	2:00	1:05
760159	2:50	1:10	1:20	3:15	1:15	2:00	1:25	0	1:30	2:45	4:02	2:35
760163	3:00	2:15	4:14	1:25	3:10	2:15	2:40	2:25	2:50	2:00	1:25	1:45
760164	5:29	3:05	0	1:10	2:55	2:55	1:10	1:50	2:30	1:55	0	2:45
TOTAL	16:24	13:45	11:54	12:10	14:37	10:20	10:35	10:59	11:55	13:50	10:37	9:15

Tabla 32. Tiempos (hr) de lavado tanqueros de combustibles, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 9* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos, en lo que se evidencia que el mes con mayor tiempo de lavado fue octubre y el equipo con mayor tiempo de lavado es el tanquero 760163.

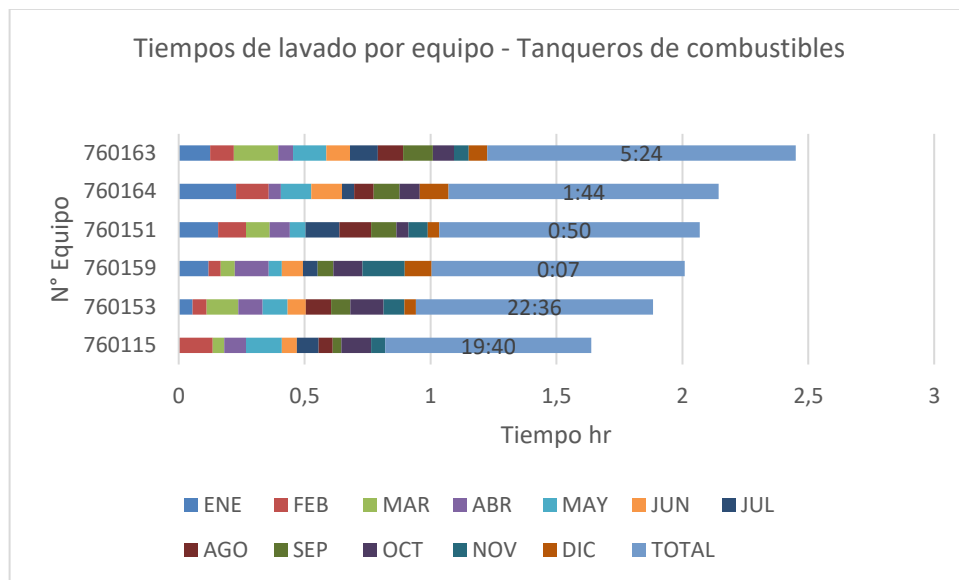


Figura 9. Tiempos (hr) de lavado tanqueros de combustibles, año 2019. **Fuente:** Autor

7.3 UNIDADES CONTRAINCENDIOS

En la *Tabla 33* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la subflota Unidades contraincendios. Este tiempo se calculó, como la suma de todas las veces que el equipo frecuentó el lavadero de equipo liviano, también se observan valores en cero; lo que nos indica que los equipos en esos meses no frecuentaron el lavadero del taller de equipo liviano.

N° EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
860036	0	1:00	1:00	0	2:00	1:15	0	1:25	1:00	1:05	0	1:00
860039	0	1:15	0:45	1:10	1:45	0	0	0:45	0:50	1:15	0	0:50
860043	0	0:55	1:25	0	2:05	2:25	1:00	0:55	0	1:20	2:00	0:45
860044	1:20	0	2:10	1:25	0:55	1:35	1:10	1:10	0	1:00	1:25	1:25
860047	0	2:00	0	0	0:44	1:45	0	2:25	1:30	3:00	1:00	1:00
TOTAL	1:20	5:10	5:20	2:35	7:29	7:00	2:10	6:40	3:20	7:40	4:25	5:00

Tabla 33. Tiempos (hr) de lavado unidades contraincendios, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 10* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos, en lo que se evidencia que los meses con mayor tiempo de lavado fueron mayo y octubre, y el equipo con mayor tiempo de lavado es el bombero 860044.

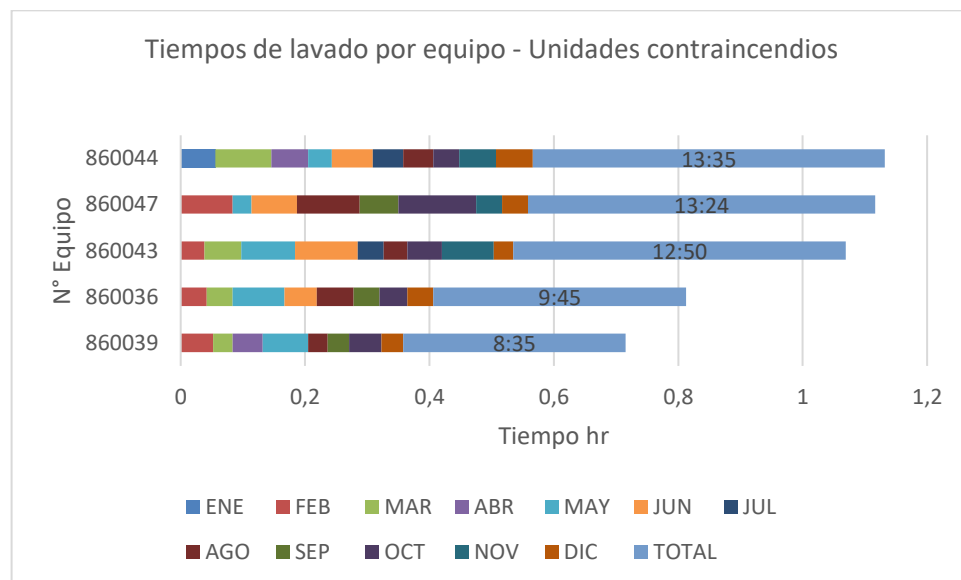


Figura 10. Tiempos (hr) de lavado unidades contraincendios, año 2019. **Fuente:** Autor

7.4 UNIDADES DE RESCATE Y AMBULANCIAS

En la *Tabla 34* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la subflota Unidades de rescate y ambulancias. Este tiempo se calculó, como la suma de todas las veces que el equipo frecuentó el lavadero de equipo liviano, también se observan valores en cero; lo que nos indica que los equipos en esos meses no frecuentaron el lavadero del taller de equipo liviano.

N° EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
860033	0:48	1:00	0:58	0	1:24	1:15	2:22	2:00	1:00	1:00	2:44	0:40
860048	0	1:15	1:20	0:50	2:21	1:35	0	1:00	1:25	4:26	1:35	3:34
TOTAL	0:48	2:15	2:18	0:50	3:45	2:50	2:22	3:00	2:25	5:26	4:19	4:14

Tabla 34. Tiempos (hr) de lavado unidades de rescate y ambulancias, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 11* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos, en lo que se evidencia que los meses con mayor tiempo de lavado fueron mayo y octubre, y el equipo con mayor tiempo de lavado es la ambulancia 860048.

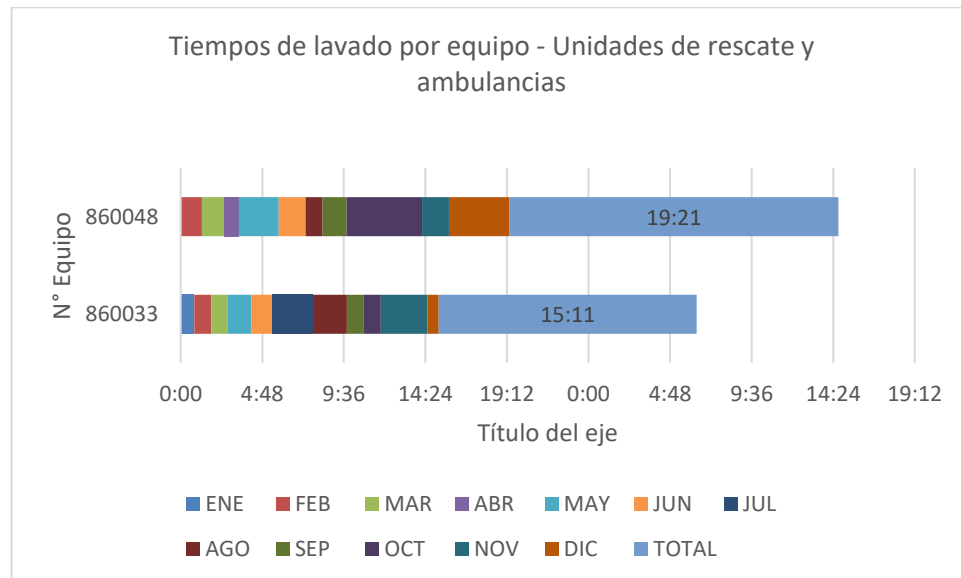


Figura 11. Tiempos (hr) de lavado unidades de rescate y ambulancias, año 2019. **Fuente:** Autor

7.5 FLOTA EQUIPO MEDIANO

En la *Tabla 35* se muestra el tiempo de lavado de los equipos por meses, de la flota de Equipo mediano. Este tiempo se calculó, como la suma del total del tiempo de todos los activos en el transcurso de un año de las subflotas de equipos medianos. Se observa que los equipos que menos frecuentan el taller son los de Unidades contraincendios y Unidades de rescate y ambulancias, y los que mayor tiempo consumieron son los equipos de camiones canasta y tanqueros y lubricadores. El tiempo total de lavado de toda la flota de Equipo mediano es 608,33 hr, durante el año 2019.

FLOTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Camiones canasta	9:54	12:32	12:58	8:57	12:57	14:30	12:00	14:20	12:45	20:25	14:58	15:10
Lubricadores de equipos auxiliares	11:53	9:24	7:33	9:55	8:25	7:29	9:00	7:35	8:45	11:00	7:15	8:05
Lubricadores de palas	13:08	5:30	8:25	9:50	8:15	7:55	7:38	8:00	7:55	11:30	5:55	7:45
Tanqueros de combustibles	16:24	13:45	11:54	12:10	14:37	10:20	10:35	10:59	11:55	13:50	10:37	9:15
Unidades contraincendios	1:20	5:10	5:20	2:35	7:29	7:00	2:10	6:40	3:20	7:40	4:25	5:00
Unidades de rescate y ambulancias	0:48	2:15	2:18	0:50	3:45	2:50	2:22	3:00	2:25	5:26	4:19	4:14
TOTAL	53:27	48:36	48:28	44:17	55:28	50:04	43:45	50:34	47:05	69:51	47:29	49:29

Tabla 35. Tiempo de lavado de equipo mediano, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 12* se muestra el tiempo de lavado por equipos. Se observa el tiempo total de todos los equipos por subflotas, en lo que se evidencia que los meses con mayor tiempo de lavado fueron mayo y octubre, la subflota con mayor tiempo de lavado fue la de camiones canasta y tanqueros de combustibles.

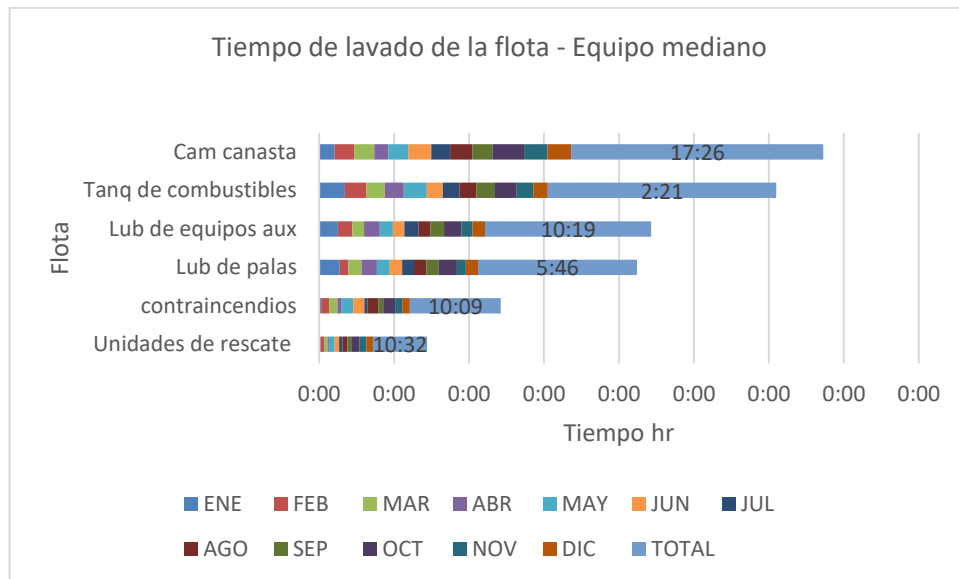


Figura 12. Tiempo de lavado equipo mediano, año 2019. **Fuente:** Autor

7.5.1 Consumo de agua equipos medianos

En la *Tabla 36* se muestra el consumo de agua de la flota de Equipo mediano. Se observan 3 indicadores; el indicador principal es el agua que suministra Cerrejón hasta completar los niveles del agua de recirculación en el lavadero, el indicador industrial es el agua para el uso de los baños de todo el taller de Equipo liviano, la cual no es apta para el consumo humano, y el agua reciclada es aquella que se reutiliza para el lavado de los equipos, siendo esta la de mayor utilidad con 7380 m^3 .

RESULTADOS DEL CONSUMO DE AGUA DEL LAVADERO 2019			
MES	PRINCIPAL (m^3)	INDUSTRIAL (m^3)	RECICLADA (m^3)
Enero	358	291	272
Febrero	243	116	436
Marzo	445	203	472
Abril	626	175	213
Mayo	418	165	710
Junio	429	160	760
Julio	374	167	709
Agosto	394	179	564
Septiembre	422	129	745
Octubre	352	47	1.080
Noviembre	363	175	728
Diciembre	416	195	691
TOTAL	4.840	2.002	7.380

Tabla 36. Consumo de agua (m^3) de la flota de equipo mediano, año 2019. **Fuente:** Autor

En la *Figura 13* se muestra el consumo de agua total de Equipo mediano. Se observa que el mes de mayor demanda de consumo de agua fue el mes de octubre, así como se muestra en las gráficas de cada una de las subflotas, en donde la tendencia de la campana aumenta en este mes. El consumo de agua que se refleja en esta gráfica, está relacionado con todos los equipos a los cuales se les presta este servicio como la flota de equipo liviano, la cual no es objeto de nuestro estudio.

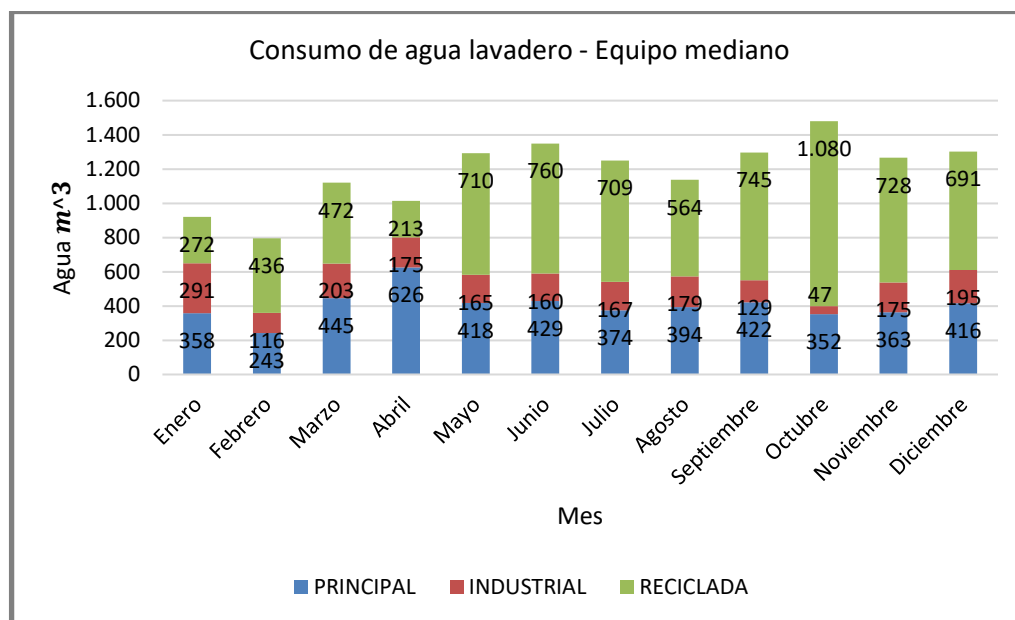


Figura 13. Consumo de agua taller Equipo liviano, año 2019. **Fuente:** Autor

7.6 ANALISIS COMPARATIVO TÉCNICO DE DOS TECNOLOGÍAS DE FILTRACIÓN

La filtración, como operación unitaria para los procesos de tratamiento de aguas residuales es una práctica relativamente reciente. Actualmente la filtración se emplea, de modo generalizado, para conseguir una mayor eliminación de sólidos en suspensión, de los efluentes de los procesos de tratamiento biológicos y químicos, también se utiliza para la eliminación del fósforo precipitado por vía química, y como etapa previa de un proceso de electrodiálisis.

La filtración puede realizarse como etapa única de separación de sólidos en suspensión o con un tratamiento previo de coagulación floculación que permita separar los sólidos de menor tamaño y la materia coloidal.

El objetivo básico de la filtración, por lo tanto, es separar las partículas y microorganismos objetables, que no han quedado retenidos en los procesos de coagulación y sedimentación. En

consecuencia, el trabajo que los filtros desempeñan, depende directamente de la mayor o menor eficacia de los procesos preparatorios. (Calviño, 2014)

La comparación de tecnologías definidas, nos ayuda a identificar las características de cada una de ellas, facilitando una la mejor selección. Por lo cual, en este estudio haremos énfasis en dos técnicas de filtración.

Una vez verificada la naturaleza de las aguas a tratar, se puede concluir que para el tratamiento de las aguas residuales es necesario brindar todo el tratamiento necesario para alcanzar los límites de remoción necesarios. Dentro de los tratamientos biológicos de aguas residuales domésticas más conocidos se encuentran los sistemas de Lodos Activados (SBR) y los Reactores de lecho fijo móvil o (MBBR).

Ambos sistemas permiten dar un tratamiento del agua residual hasta el punto de cumplir con los parámetros máximos permitidos por las normas ambientales vigentes. A continuación, se realizará la respectiva comparación entre los sistemas, su funcionamiento y ventajas, lo cual permitirá tener criterios para la selección del tipo de proceso de acuerdo a la necesidad. (Escobar, Federica, 2017)

7.6.1 Tecnología de Lodos Activados (SBR)

Es una de las tecnologías más difundidas a nivel mundial, creado en 1914 para el tratamiento de efluentes industriales y efluentes municipales. Desde el punto de vista biotecnológico, una planta de lodos activados es un bioproceso de funcionamiento continuo.

Los sistemas de Lodos Activados son tratamientos biológicos del agua residual, que permiten la depuración del agua empleando microorganismos que permanecen suspendidos dentro del biorreactor (tanque de aireación), en el cual se dota a los microorganismos del aire requerido para la oxidación de la materia orgánica, así como también se realiza la mezcla necesaria para mantener a los microorganismos en suspensión, lo que les permite tener mayor área de contacto con el agua a depurar.

Los tiempos de retención del agua en el biorreactor van de las 18 a 36 horas logrando una oxidación completa (depuración) de la materia orgánica contenida en el agua residual y permitiendo además que los microorganismos entren en una fase llamada “endógena”, en la cual al agotar la fuente de alimento (materia orgánica) los microorganismos empiezan a consumir sus reservas alimentarias y terminan por llegar a un proceso de lisis (muerte) celular, lo que lleva a tener una baja producción de lodo.

El agua del biorreactor (licor mezcla) es una combinación entre agua depurada y microorganismos que han crecido y multiplicado (lodo), por lo cual el licor mezcla pasa a un tanque de sedimentación

secundaria en donde, por acción de gravedad, se separa el lodo que al ser más pesado va a la parte inferior del sedimentador, mientras que el agua depurada y tratada rebosa por la parte superior. El lodo es entonces retornado (lodo activado) al tanque de aireación para que continúe con el tratamiento del agua, mientras que una parte del lodo es extraído (lodo en exceso) del sistema para mantener una adecuada concentración de microorganismos (biomasa).

Debe pasar un periodo de tiempo determinado, llamado tiempo de retención, para que, la mezcla de células nuevas con células viejas, conduzca a la oxidación completa de la materia orgánica. De ahí, parte del líquido mezcla es pasado desde la parte superior del tanque, hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada. Este proceso es llamado clarificación del agua. Otra parte del líquido mezcla, es pasado desde la parte baja del tanque (que contiene las células sedimentadas) y se recircula para mantener en el birreactor, una concentración de células equilibrada. Finalmente, la otra parte se purga del sistema (fango en exceso) hacia otro proceso en donde son tratados los fangos.

Las bacterias filamentosas y las formadoras de flóculos son los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica del afluente. El agua procedente del tratamiento primario, al tanque de aireación, en donde es mezclada con el aire disuelto que sale por los difusores. El suministro de aire a lo largo de toda la longitud del tanque debe ser uniforme para lograr una mezcla completa. Durante el periodo de aireación se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica en suspensión. Los sólidos del fango activado se separan en un decantador secundario. (Escobar, Federica, 2017)

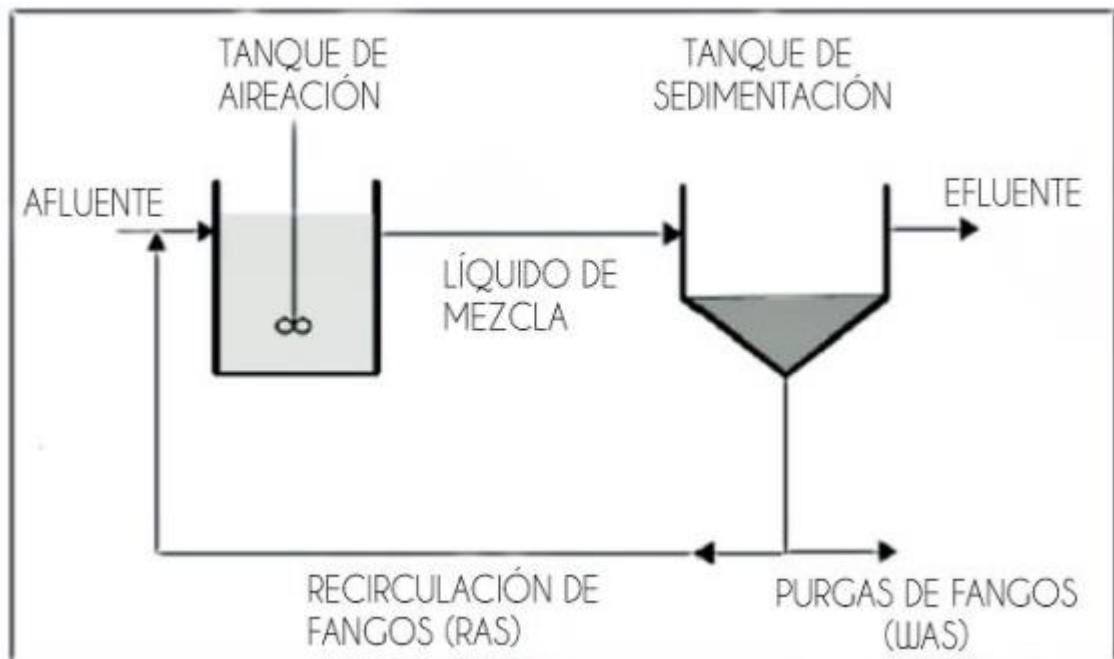


Figura 14. Proceso de un sistema de lodos activados. **Fuente:** (Calviño, 2014)

7.6.2 Tecnología de Tratamiento Biológico (MBBR - Moving Bed Biofilm Reactor)

El método (MBBR) es un nuevo enfoque en la tecnología biológica de tratamiento de aguas residuales que está ganando impulso en todo el mundo; en este método las partes portadoras (material de empaque) están diseñadas con una densidad muy cercana a la del agua, que permite el libre movimiento de este alrededor del reactor.

Por otro lado, la presencia de material de empaque aumenta el área superficial sobre la cual la biomasa puede crecer, llegando a captar más del 90% de esta, lo cual es una ventaja bastante significativa del método debido a que se elimina la necesidad de realizar una recirculación de lodos para aumentar la concentración de biomasa.

Una ventaja adicional del MBBR sobre métodos típicos en el tratamiento de aguas (Ej. Lodos Activados) se observa en el alto tiempo de retención de sólidos que estos últimos métodos requieren, ya que con la técnica MBBR el tiempo de retención disminuye al igual que la generación de lodos, lo cual garantiza una mayor remoción de carga contaminante en el agua con reactores de menor tamaño y disminución de costos para el tratamiento de lodos generados como subproducto del proceso de tratamiento de aguas residuales. Por último, el movimiento del material de empaque en el interior del reactor, podría ser realizado mediante la aireación dentro de los reactores aeróbicos mientras que en los reactores anaeróbicos.

Los sistemas de MBBR o reactores de lecho fijo móvil, es un sistema de tratamiento biológico, en el cual la biomasa se adhiere en lechos de soporte que permanecen suspendidos mediante agitación con aire. Los lechos de soporte tienen un área superficial alta, superior a $3000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de volumen útil, permitiendo que el medio portante pueda ser colonizado por una gran cantidad de biomasa, lo que conduce a tasas muy altas de biodegradación, con la optimización del espacio disponible.

Para evitar que el material de soporte (que generalmente es un polímero plástico) se arrastrado fuera del tanque de aireación, la conexión entre el tanque de aireación con el sedimentador secundario se realiza por la parte inferior, y dispone de una rejilla. Estos sistemas permiten además disponer de cámaras anóxicas con lecho de soporte específicos para la desnitrificación de aguas con altas cargas de nitrógeno. (Escobar, Federica, 2017)

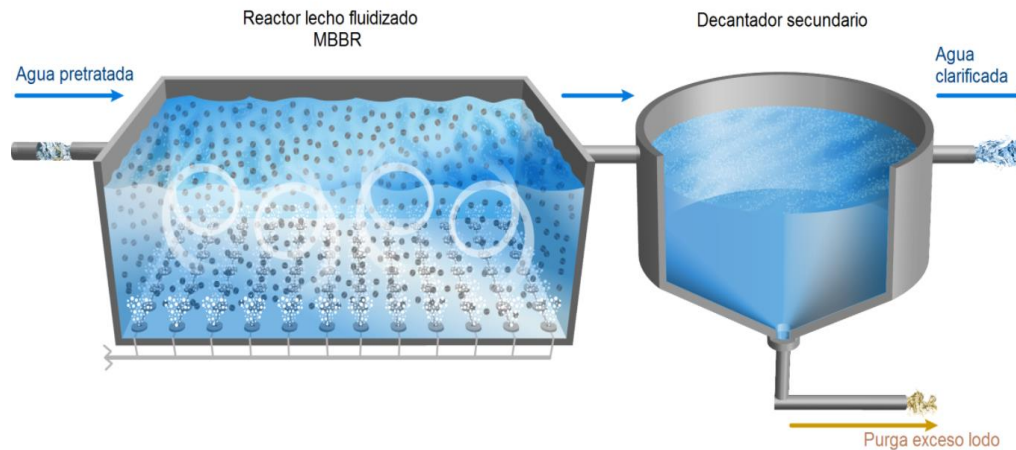


Figura 15. Esquema funcionamiento biorreactor MBBR + decantador secundario. **Fuente:** (Calviño, 2014)

7.6.3 Ventajas y desventajas

Tipo de tecnología	Ventajas	Desventajas
Lodos Activados (SBR)	Flexibilidad de operación y ampliación de capacidad	Requiere mayor Sofisticación y Mantenimiento
	Alta Eficiencia de remoción de carga orgánica	Dependencia con la temperatura del efluente a tratar
	Minimización de Olores y Ausencia de insectos	Riesgo de taponamiento de los dispositivos de aireación
	Prescinde de sedimentación primaria	Requiere de un control permanente
	Generación de lodos secundarios estabilizados	Altos costos de operación
	Produce lodos ya estabilizados	No admite mucha variación de caudal
		Bajo abatimiento bacteriológico

Tipo de tecnología	Ventajas	Desventajas
Reactores de lecho fijo móvil o (MBBR)	No necesita sedimentador primario	No permite ampliar capacidad en caso de incrementar el caudal de tratamiento
	Poca producción de Lodo	En caso de superar el caudal de diseño se requiere realizar un nuevo estudio para lo cual se debe eliminar la Planta inicial e instalar un nuevo equipo
	Menor requerimiento de área	
	No presenta taponamientos	Periodo de estabilización largo No permite variación de la caracterización de las aguas. En caso de variación del efluente el sistema no responde adecuadamente
	Resistente a cambios bruscos en la carga	
	Requiere poco mantenimiento	

Tabla 37. Ventajas y desventajas de las tecnologías SBR y MBBR. **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

7.6.4 Especificación técnica de las dos tecnologías

7.6.4.1 Especificaciones Técnicas de Lodos Activados (SBR)

El proceso de lodos activados consiste en la digestión de la materia orgánica, causante de la contaminación en las aguas residuales, por medio de microorganismos aeróbicos, los cuales convierten esta materia orgánica en gas carbónico, agua y un residuo sólido.

7.6.4.1.1 Capacidad de PTAR

La Capacidad de caudal para tratar es de 103 m³/día.

7.6.4.1.2 Características de remoción

La etapa biológica está diseñada con una carga de 187mg/l de DBO₅ y podrá soportar un valor máximo de 250mg/l de DBO₅.

- No se contempla necesidad de contar con pre tratamiento para remoción de grasa y aceites (trampa de grasas) antes de ingresar a la planta de tratamiento de agua, ya que se reporta un valor de 14mg/l.

- La remoción de la DBO 5 está comprendida entre un 90% y el 95%.
- El efluente es claro, sin olor y con cloro residual que ocasiona efecto mínimo en la fuente receptora.

7.6.4.1.3 Características de la PTAR

La planta de agua residual compacta está fabricada con cuerpo en acero al carbón. En esta planta se realizan las operaciones de aireación, floculación, sedimentación y clarificación. El equipo posee un sistema de control semiautomático para controlar el equipamiento para el bombeo y distribución de aire. A continuación, en la *Tabla 38*, se presenta un resumen de las especificaciones para la tecnología SBR.

Cantidad	Uno (1)
Material	Lámina de acero al carbón A283 GRC o similar
Operación	Semiautomática
Peso de operación	73 Ton. aproximadamente
Largo	11.6 m
Ancho	3.0 m
Accesorios	En la parte superior esta provista de una pasarela que permite al operador desplazarse desde la cámara de aireación hasta la cámara de sedimentación, con baranda de protección con 0.9 m de altura. Tanto la baranda como la pasarela serán fabricadas en acero estructural. Se cuenta con válvulas manuales en el fondo de la planta para el desalojo de los sólidos, cuya apertura se realizará de acuerdo al seguimiento que el operario realiza en campo.

Tabla 38. Características de la PTAR SBR. **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

7.6.4.1.4 Equipos a utilizar

- Un (1) Tanque de ecualización y bombeo.
- Una (1) bomba sumergible.
- Switches de nivel para el pozo de bombeo.
- Una (1) planta de tratamiento compacta modelo 10 CY 17.
- Un aireador (1), para el sistema de aireación.
- Una (1) bomba dosificadora de hipoclorito de sodio.
- Un (1) tanque de almacenamiento de hipoclorito y switch de protección por bajo nivel.

- Un (1) tanque de contacto en PE.
- Un (1) tablero eléctrico de fuerza.
- Interconexiones eléctricas e hidráulicas asociadas.

7.6.4.1.5 Descripción de Tratamiento

El agua residual doméstica es tomada desde el foso de bombeo y enviada a la planta de tratamiento biológico, donde es recibida en un reactor aeróbico, llamado también cámara de aireación, en donde un alto porcentaje del material orgánico es oxidado biológicamente por medio de microorganismos aeróbicos, los cuales lo convierten en gas carbónico, agua y biomasa insoluble.

La mezcla de agua y microorganismos, llamada licor de mezcla, es enviada a la sección de clarificación, en donde se obtiene el agua clarificada. Los lodos son retornados continuamente al reactor aeróbico para mantener la población adecuada de microorganismos y esporádicamente se hace una evacuación del exceso de lodos, los cuales quedarán a disposición del cliente para ser dispuestos en lechos de secado o sistema de deshidratación de lodos.

El agua clarificada recibe una dosis de hipoclorito y queda a disposición del cliente para su conducción y disposición. (Escobar, Federica, 2017)

7.6.4.1.6 Descripción de equipos

- **Rejilla de cribado:** Para realizar filtrado o cribado de cualquier sólido grande presente en el agua residual a tratar.
- **Tanque de homogenización y bombeo:** Se debe construir un tanque para homogenizar las corrientes recibidas y así poder enviarlas al sistema de tratamiento biológico, con un largo, ancho y alto (2 x 2 x 2.5) m.
- **Bombas de alimentación a la planta compacta:** Una (1) bomba para alimentar el agua a la planta. La bomba está acoplada a un motor eléctrico 220VAC x 3f x 60Hz. Se debe incluir un interruptor de nivel para controlar el encendido y apagado de la bomba según el nivel de agua en el pozo.
- **Aireador:** Se debe suministrar un aireador de flujo constante con presión positiva que garantice las CFM (pies cúbicos por minutos) calculadas en el diseño.

Cantidad	Uno (1)
Tipo	Desplazamiento positivo o regenerativo
Motor eléctrico	220/440 voltios, 3 fases, 60Hz

Tabla 39. Especificaciones del aireador. **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

- **Sistema de dosificación de desinfectante:** Se debe suministrar un sistema de bombeo tipo goteo con controlador de tiempo y frecuencia bajo las siguientes especificaciones:

Bomba Dosificadora De Desinfectante	
Cantidad	Una (1)
Tipo	Tipo diafragma de desplazamiento positivo/reciprocante, de ajuste manual.
Materiales	Cabezal de dosificación y válvulas cheque en PVC, diafragma en teflón.
Voltaje	110 VAC
Tanque Para Almacenamiento De Desinfectante	
Tanque solución de hipoclorito	Uno (1) de 75 litros fabricado en PE.
Accesorios	Interruptor de nivel tipo flotador para el tanque.

Tabla 40. Sistema de dosificación de desinfectante. **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

- **Tanque de contacto:** Una vez el agua sale del clarificador el agua es descargada a un tanque de contacto donde recibe una dosificación de hipoclorito de sodio. El tanque está ubicado contiguo al clarificador y será fabricado en PE (polietileno) y una capacidad de 200 L.
- **Tablero de fuerza:** Un tablero eléctrico, encerramiento Nema 4, en donde se encuentran ubicados todos los elementos eléctricos y de control. Incluye un controlador tipo logo para programar los tiempos de aireación y descanso del soplador. Incluye borneras, protecciones del soplador de la planta y de la bomba dosificadora de químicos, luces indicadoras.
- **Líneas de interconexión hidráulica y eléctrica:** Se incluyen los materiales de interconexión hidráulica entre las diferentes secciones de la Planta, incluyendo:
 - ✓ La interconexión entre la bomba de alimentación y la planta, teniendo en cuenta que el foso de bombeo debe estar a máximo 2 metros de distancia de la planta y su profundidad es de 2.5m.
 - ✓ La interconexión entre los equipos de la planta: planta compacta y tanque de contacto.
 - ✓ La interconexión entre la bomba dosificadora de hipoclorito y el tanque de contacto.

- **Lechos de secado:** Se deberá construir dos (2) cámaras para secado de los lodos extraídos del sistema biológico al ambiente con el objeto de remover El exceso de humedad para su disposición final. Con unas dimensiones de lecho de secados de largo, ancho y alto (3 x 3.8 x 1) m.

7.6.4.2 Especificaciones Técnicas de Tratamiento Biológico (MBBR)

Es un reactor Biológico de lecho móvil (proceso MBBR,) diseñado e implementado especialmente para el tratamiento de aguas residuales Domésticas, cuyo principio de funcionamiento se basa en un proceso biológico avanzado cuyo medio de soporte utiliza Diferentes Rellenos, dichos rellenos poseen una densidad ligeramente inferior a la del agua lo que le permite mantenerse en suspensión en el agua. (Escobar, Federica, 2017)

7.6.4.2.1 Capacidad de PTAR

La Capacidad de caudal para tratar es de 103 m³/día.

7.6.4.2.2 Características de remoción

Reducción de contaminantes hasta de 90% - 95%

7.6.4.2.3 Características de la PTAR

A continuación, en la **Tabla 41**, se describen las características relevantes de la PTAR utilizando la tecnología MBBR.

Cantidad	Una (1)
Material	Poliéster reforzado fibra de vidrio y acero de 2"
Operación	Semiautomática
Horas de operación	25h/días
Voltaje de trabajo	110v- 60hz
Consumo eléctrico	2kw/hora
Vida útil	más de 40 años
Tiempo de retención Hidráulico	12 a 14 horas (según las dimensiones del reactor)
Dimensiones	Reactor cilíndrico horizontal de D=3mts x L=7mts

Tabla 41. Características PTAR MBBR. **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

7.6.4.2.4 Equipos a utilizar

- Tanque Estructural Cilíndrico

- Cámara Proceso Anaeróbico
- Cámara Proceso Aeróbico
- Coagulación- Floculación
- Cámara De Decantación
- Filtro Ascendente FAFA
- Cámara De Cloración
- Colector
- Trampa De Grasas

7.6.4.2.5 Descripción de Tratamiento

Las plantas de tratamiento de aguas residuales están integradas en una serie de procesos (químicos, físicos y biológicos) para la reducción de los contaminantes de efluente de uso humano e industrial, las cual tiene una alta eficiencia logrando así, la reducción de contaminantes hasta de 90% permitiendo su vertimiento en efluentes hídricas cumpliendo con los parámetros de vertimiento por la legislación ambiental vigente. (Escobar, Federica, 2017)

7.6.4.2.6 Descripción de equipos

- **Tratamiento Biológico:** Tanque estructural cilíndrico horizontal fabricado en Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio De Alta Resistencia Mecánica, (flexión y tensión) moldeado, estructura de acero en ángulos de 2" con cuadro capas de (4 a 5 mm) de espesor.
- **Cámara Proceso Anaeróbico:** Compartimiento No. 1 del tanque para proceso de digestión anaeróbica (Ausencia de Oxígeno) – Incluye 3 m³ de Relleno interno (Biopack en polipropileno de alta densidad) ideal para la proliferación y cultivo del conjunto de bacterias anaeróbicas para degradación rápida materia orgánica.
- **Cámara Proceso Aeróbico:** Compartimiento No. 2 del tanque para proceso de digestión aeróbica (En presencia de oxígeno), en este módulo hay 4 difusores de micro burbujas para oxigenar el agua, el cual incluye:
 - ✓ 1 electro - compresor de 1.5 hp - 2300 rpm - 1.3 k/w 5 CFM - 140 L/m.
 - ✓ 2 Rejillas poli difusora de aire – o un Blower de 2HP.
- **Coagulación- Floculación:** Compartimiento No. 3 del tanque. En este proceso si es necesario utilizaremos un polímero para mejorar la calidad del efluente degradando hasta un 90% de DBO5 Y DQO Incluye solo el polímero para el arranque de la operación.

- **Cámara De Decantación:** Compartimiento No. 4 del tanque, el cual incluye: Sistema laminar tipo colmena (60° de inclinación con respecto a la vertical) de 52 cm de alto x 100 cm de ancho x 300 cm de largo, fabricado en PVC para sedimentación acelerada de los lodos de mayor densidad y floculo de menor tamaño.
- **Filtro Ascendente Fafa:** Compartimiento No. 5 y 6 del tanque para proceso de sedimentación secundaria; incluye la planta contiene dos filtros de tipo ascendente cargados con arenas sílice, gravas seleccionadas, antracitas y carbón activo.
- **Cámara De Cloración:** En esta fase el agua ya limpia pasa por una cámara de desinfección donde se aplicará hipoclorito de sodio al 6% o más si se requiere para garantizar la optimización del agua eliminando las bacterias y esporas flotantes en el agua.

7.6.5 Estudio económico - financiero

Este estudio en especial, comprende el monto de los recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación.

7.6.5.1 Evaluación económica

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Si no han existido contratiempos, hasta este punto se sabrá que existe un mercado potencial atractivo; se habrá determinado un lugar óptimo y el tamaño más adecuado para el proyecto, de acuerdo con las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurrirá en la etapa productiva; además, se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto. (Escobar, Federica, 2017)

7.6.5.1.1 Método de Mínimo Costo

A partir de la implementación del método “Mínimo Costo” se buscará la tecnología de PTAR que sea más rentable para la empresa; teniendo en cuenta que ambas tecnologías brindan los mismos beneficios ambientales.

Se realizaron unas cotizaciones de construcción e implementación para cada una de las tecnologías de PTAR, para determinar sus costos directos de fabricación; además se tendrá en cuenta costos de mantenimiento y de operación que garanticen su eficiente funcionamiento luego de haberla construido.

A continuación, en la **Tabla 42** Cotización de PTAR SBR y la **Tabla 43** Cotización de PTAR MBBR, se presenta los costos y gastos discriminados en los subgrupos de: Obras civiles, Operación y mantenimiento, Administrativos y PTAR. Lo anterior con el fin de realizar la evaluación económica bajo los mismos parámetros de comparación.

COTIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA SBR			
Obras Civiles	Albañilería	\$35,000,000	\$188,000,000
	Construcción tanque de homogenización y de bombeo	\$ 110,000,000	
	Construcción de lecho de secado	\$43,000,000	
Operación y Mantenimiento	Costo de izaje para descargues de equipo	\$ 10,000,000	\$ 52,400,000
	Anclaje y materiales para asegurar los equipos	\$ 25,000,000	
	Productos químicos	10,000,000	
	Monitoreo de los procesos y calidad del agua	\$ 4,400,000	
	Disposición de lodos	3,000,000.00	
Administrativos	Mano de obra	\$ 25,000,000	\$ 67,835,000
	Capacitaciones	\$ 5,000,000	
	Otros gastos	\$ 38,335,000	
PTAR	Costo de PTAR	\$ 137,592,000	\$ 143,092,000
	Mantenimiento de PTAR	\$ 5,500,000	
SUBTOTAL			\$ 451,327,000
I.V.A. %	19%		\$ 85,752,130
TOTAL			\$ 537,079,130

Tabla 42. Cotización de PTAR SBR (COP). **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

COTIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA SBR			
Obras Civiles	Construcción de obras civiles	\$ 250,000,000	\$ 250,000,000
Operación y Mantenimiento	Costo de izaje para descargues de equipo	\$ 23,000,000	\$ 57,200,000
	Anclaje y materiales para asegurar los equipos	\$ 32,000,000	
	Disposición de lodos	\$ 2,200,000	
	Mano de obra	\$ 1,500,000	

Administrativos	Capacitaciones	\$ 2,400,000	\$ 53,900,000
	Otros gastos	\$ 50,000,000	
PTAR	Costo de PTAR	\$ 191,930,000	\$ 197,330,000
	Mantenimiento de PTAR	\$ 5,400,000	
SUBTOTAL			\$ 558,430,000
I.V.A. %	19%		\$106,101,700
TOTAL			\$ 664,531,700

Tabla 43. Cotización de PTAR MBBR (COP). **Fuente:** (Escobar, Federica, 2017)

Teniendo en cuenta los costos de cada una de las tecnologías se compararán mediante el método de “*Mínimo Costo*” para determinar cuál sería la mejor opción.

COSTO MINIMO - TECNOLOGIAS		
VARIABLES	TECNOLOGIA	
	SBR	MBBR
Obras Civiles	\$188,000,000	\$ 250,000,000
Operación y Mantenimiento	\$ 52,400,000	\$ 57,200,000
Administrativos	\$ 67,835,000	\$ 53,900,000
PTAR	\$ 143,092,000	\$ 197,330,000
SUBTOTAL	\$ 451,327,000	\$ 558,430,000
I.V.A. %	\$ 85,752,130	\$106,101,700
TOTAL	\$ 537,079,130	\$ 664,531,700

Tabla 44. Mínimo Costo (COP). **Fuente:** Autor

La tecnología de PTAR SBR con un costo de implementación de \$ 537.079.130 es la alternativa más rentable para **MASA STORK** según la implementación del método de Mínimo costo al compararla con la tecnología de PTAR MBBR la cual dio un total de \$ 664.531.700, existiendo una diferencia económica de \$ 127.452.570 entre los costos de las tecnologías. Cabe resaltar que en esta diferencia se incluyen los costos de operación y mantenimiento.

7.6.6 Selección de la tecnología

La selección de la tecnología más apropiada consta en la calificación que se le dio a cada uno de los estudios realizados en el proyecto de investigación, tales como el estudio técnico, estudio económico, estudio legal y el impacto ambiental posible que puedan generar cada una de las alternativas. La ponderación máxima del proyecto es del 100%, a continuación, se muestra en la **Tabla 45**, la división de la puntuación para cada uno de los sectores:

DESCRIPCION	PORCENTAJE (%)
ESTUDIO TECNICO	30
ESTUDIO ECONOMICO	30

CUMPLIMIENTO LEGAL	30
IMPACTO AMBIENTAL	10
TOTAL	100

Tabla 45. Ponderación de aspectos a evaluar. **Fuente:** Autor

Para la ponderación de la parte técnica se tuvieron cuatro especificaciones importantes, primero la capacidad del caudal de la planta, segundo la duración de estabilidad del proceso una vez instalada la PTAR, tercero la garantía técnica brindada por la empresa fabricante y por último el reconocimiento de la marca en el mercado. De acuerdo la **Tabla 46**, la puntuación del estudio técnico es de 30 puntos, lo que a su vez para cada una de las especificaciones establecidas el valor máximo es de 7,5 puntos. A continuación, se muestra la puntuación brindada para cada una de las especificaciones definidas para selección del estudio técnico.

DESCRIPCION	SBR	MBBR
Capacidad del caudal (m ³ /DIA)	7.4	5.0
Tiempo de estabilidad del proceso (DIAS)	6.2	7.5
Garantía Técnica (AÑO)	7.5	7.5
Reconocimiento de Marca	7.5	7.5
TOTAL	28.5	25.5
% DE CUMPLIMIENTO	95%	85%

Tabla 46. Resultados de Estudio Técnico. **Fuente:** Autor

De acuerdo a la anterior **Tabla 46**, la tecnología más apropiada en el estudio técnico es la de **lodos activados (SBR)**, ya que obtiene un **95%** de cumplimiento de acuerdo a las especificaciones establecidas.

7.7 DIAGNOSTICO Y PRONOSTICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Equipo liviano, se encuentra ubicado en las instalaciones del complejo carbonífero el Cerrejón, este presta los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo a todos los equipos livianos y medianos de la mina. Actualmente, cuenta con un servicio de lavado de equipos bastante convencional.

El agua producto del lavado de los equipos es llevada a unas rejillas en el que, mediante un proceso de gravedad o diferencia de densidades hay una separación del 70% de los residuos sólidos del agua, durante este proceso se presenta una separación de aceite, grasas e hidrocarburos del agua, mediante trampas de aceite, quedando así el agua apta para su reusó, lo cual es bastante precario este servicio, lo cual se ve en la necesidad de proponer la implementación de una PTAR, para el previo tratamiento de estas aguas



Figura 16. Ubicación del taller equipo liviano. **Fuente:** Autor

7.7.1 Caracterización físico - química de las aguas vertidas

Con el fin de definir las características físico químicas de las aguas a tratar producto del lavado de equipos, se debe monitorear semanal el pH y la Temperatura en la entrada y salida de la piscina donde se acumula toda el agua proveniente del lavado de los equipos.

Para la toma de muestras es necesario el uso de un instrumento llamado multiparámetro. El multiparámetro consta de dos partes: el equipo multiparámetro que almacena las mediciones registrando la hora, fecha y nombre del punto y una sonda la cual es la encargada de medir los parámetros del agua a través de sus tres electrodos, que monitorean de forma directa Oxígeno Disuelto, Conductividad y pH.

Para la caracterización físico química del agua, fue necesario enviar un reporte al área de ambiental de Cerrejón, solicitando los resultados analíticos de los laboratorios que se le realizan al agua del lavadero, ya que son ellos el ente encargado de tomar muestras aleatorias y realizar estudios a profundidad en laboratorios. También es de resaltar que no toda la información solicitada fue obtenida, ya que esta información es de vital confidencialidad para cerrejón.

En base a los resultados suministrados se tabuló e hizo una tabla representativa de los datos más relevantes, los cuales podemos usar para realizar nuestro estudio.

Variable	Resultados
pH (Unidades)	7,93
Temperatura (°C)	30,6
DBO (mg O ₂ /L)	189
SST (mg/L)	96
Aceites y grasas (mg/L)	16
Caudal (L/s)	0,37

Tabla 47. Análisis físico químico del lavadero Equipo liviano. **Fuente:** (Ambiental, Cerrejón)

7.7.2 Estudio técnico

Los estudios técnicos desarrollan y analizan las diferentes alternativas tecnológicas para producir bienes y/o servicios que se requieren, generando la factibilidad técnica de cada una de ellas. El análisis identifica el talento humano, las herramientas, los equipos, la maquinaria, las materias primas y la infraestructura necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se requiere.

El estudio técnico es aquel que presenta la determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal. (Escobar, Federica, 2017)

7.7.2.1 Localización óptima del proyecto

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital (criterio privado) obtener el costo unitario mínimo. Para determinar la localización óptima se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Topografía del terreno:** Las características del terreno deben garantizar que la planta se instale en los puntos de cotas más bajos, con el fin de garantizar un flujo constante por gravedad y de esta manera evitar la utilización de un sistema de bombeo lo cual impactaría en costos.
- **Distribución de los edificios y estructuras actuales:** Para la ubicación de la Planta se debe tener en cuenta la distribución actual de los edificios administrativos, talleres, almacenes y zonas de producción. La Planta debe ser ubicada en una zona que no interfiriera en el flujo productivo de la corporación ni genere impacto negativo visual al contorno ambiental.
- **Disponibilidad de punto de energía:** Se debe tener en cuenta el recorrido de las redes primarias con el fin de estimar los costos para el suministro de la energía.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores y realizando un levantamiento de campo se determinó que el área más adecuada para la construcción del PTAR sería en la zona posterior al lavadero. Está alejado de las oficinas administrativas, hangares de mantenimiento y fácil acceso a conexión eléctrica. Esta área es de aproximadamente 50 m².

7.7.2.2 Determinación del tamaño óptimo de la planta

Se definió como el tamaño óptimo de la Planta, la capacidad mínima requerida para tratar de manera continua la descarga de las aguas industriales producidas en el lavadero. Esta capacidad se definió con base en el consumo promedio de agua reciclada utilizada, la cual se relaciona a continuación

En la *Tabla 36* se puede observar el consumo total durante el periodo de un año. De esta tabla se utilizará el consumo máximo, con el objetivo de calcular el caudal máximo promedio, para realizar la escogencia de un PTAR que cumpla con esta capacidad.

MES	RECICLADA
Enero	272
Febrero	436
Marzo	472
Abril	213
Mayo	710
Junio	760
Julio	709
Agosto	564
Septiembre	745
Octubre	1.080
Noviembre	728
Diciembre	691
TOTAL	7.380

Tabla 48. Caudal (m^3) histórico del lavadero Equipo liviano. **Fuente:** Autor

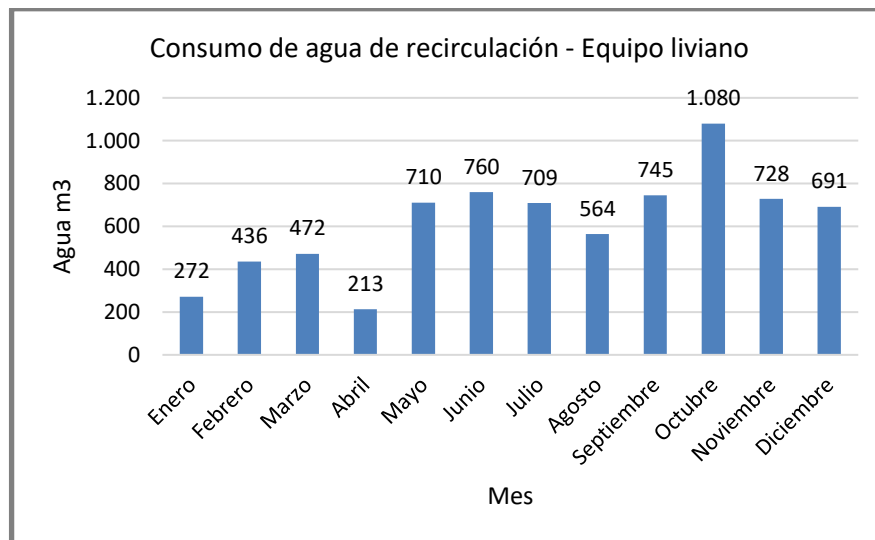


Figura 17. Consumo de agua total lavadero. **Fuente:** Autor

Promedio Mensual (m^3 /mes)	615
Promedio (m^3 /día)	21
Promedio (m^3 /hora)	0,875
Promedio (m^3 /s)	0,00024

Promedio (L/s)	0,2400
Incremento del 25%	0,3

Tabla 49. Cálculo capacidad Planta de Tratamiento. **Fuente:** Autor

Como resultado de las *Tabla 48* y *Tabla 49* anteriores se obtiene un cálculo de capacidad mínima de 0,2400 L/s para trabajo continuo. Sin embargo, teniendo en cuenta la fluctuación del consumo entre el valor máximo (1080 m³) y el valor promedio (615 m³) se observa una variación del 25%, por lo cual se recomienda incrementar la capacidad nominal hasta en un 25% y de esta manera garantizar el tratamiento en los meses de mayor consumo.

Teniendo en cuenta este análisis, se propone una planta de tratamiento de aguas residuales industrial de capacidad de **0,3 L/s**.

7.7.2.3 Planta de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua residual.

A continuación, se describirán los procesos utilizados en el PTAR de lodos activados, de forma general se pueden asegurar 4 pasos en el tratamiento de las aguas residuales como son: El pretratamiento, tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento terciario. Ver **Figura 18**

7.7.2.3.1 Pretratamiento

Está conformado por el sistema de enfriamiento, remoción de sólidos flotantes mediante rejillas, remoción de arenas y grasas.

- **Remoción de sólidos o cribado:** Los sólidos que se remueven son de gran tamaño por medio de rejillas grandes para evitar problemas de taponamiento de tuberías o que lleguen a dañar algún equipo.
- **Remoción de arena:** Esta etapa también es conocida como escaneo o maceración, típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo.

7.7.2.3.2 Tratamiento primario

En esta etapa se trata de reducir principalmente sólidos sedimentables.

- **Sedimentación:** La sedimentación es un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas. Los sólidos, más pesados que el agua, se precipitan produciéndose su separación del líquido. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos más pesados se separan del material flotante como la grasa que no ha sido retenida en el pretratamiento sea retenida en este proceso.
El propósito principal de la etapa primaria es producir un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que pueden ser tratados separadamente.
- **Tanque de homogenización:** Estos tanques son concebidos para reducir los picos de caudal, temperatura, pH y contenidos orgánicos para ser introducidos de manera homogénea en los reactores para su tratamiento.

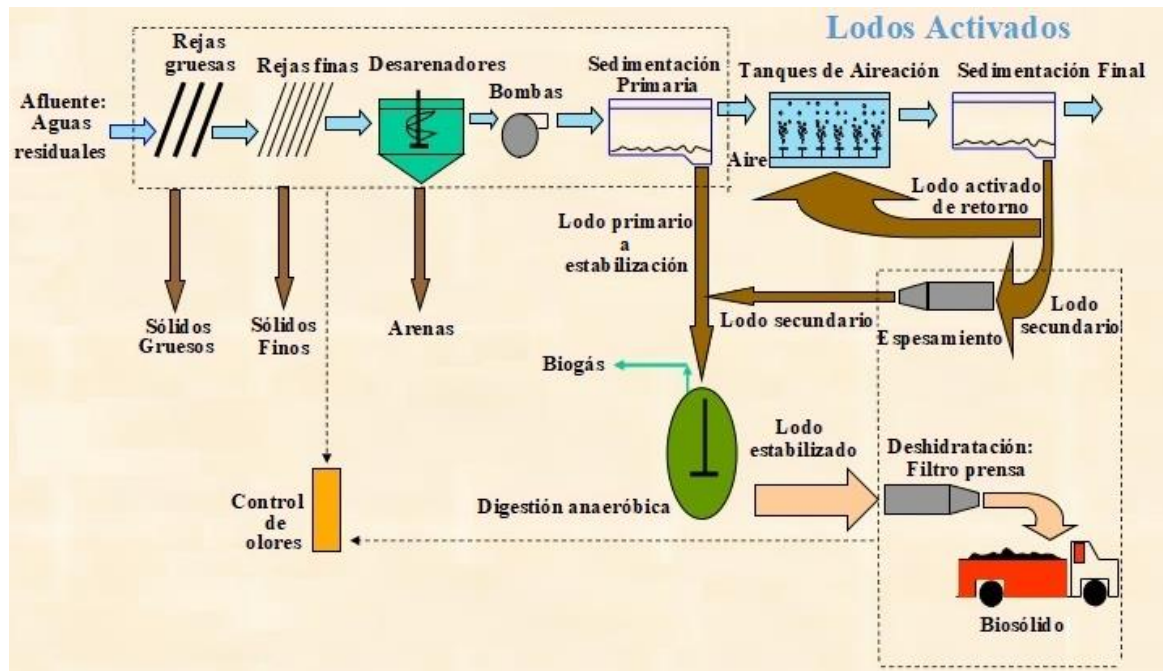


Figura 18. PTAR basada en Lodos activos. Fuente: Autor

7.7.2.3.3 Tratamiento secundario

Está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el cual deriva del lavado de los vehículos y en general residuos orgánicos de procesos industriales. La mayoría de las plantas, utilizan procesos biológicos aeróbicos para el tratamiento de las aguas residuales.

- **Lodos activados:** El nombre del proceso se deriva de la formación de una masa de "microorganismos activos" capaz de estabilizar un desecho orgánico en condiciones aerobias (el ambiente aerobio se logra mediante aireación difusa o mecánica en un tanque de aireación). En esencia es la agitación y aireación de una mezcla de agua residual y lodos biológicos, a medida que las bacterias reciben el oxígeno, consumen la materia orgánica del agua residual y la transforma en sustancias más simples. Este caldo bacteriano recibe el nombre de lodo activado. La mezcla de lodos activados y agua residual recibe el nombre de licor mezclado que se lleva a un tanque de sedimentación para su purga.
- **Sedimentación secundaria:** El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida.

7.7.2.3.4 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea reutilizado en el proceso de lavados de los vehículos o descargados al ambiente (mar, río, lago, campo, etc.). Este tratamiento se realiza con el fin de remover nitrógeno o fósforo del efluente tratado u otros contaminantes difíciles a remover.

La **Figura 19**, muestra un diagrama de flujo de todo el proceso realizado en una PTAR de lodos activados, esto con el fin de entender paso a paso todos y cada uno de los procesos que en este se representan. Se encuentra dividido en dos partes importantes como lo son el tratamiento de las aguas residuales desde su salida del lavadero hasta su reutilización y el tratamiento de los lodos de depuración, productos de todo el proceso.

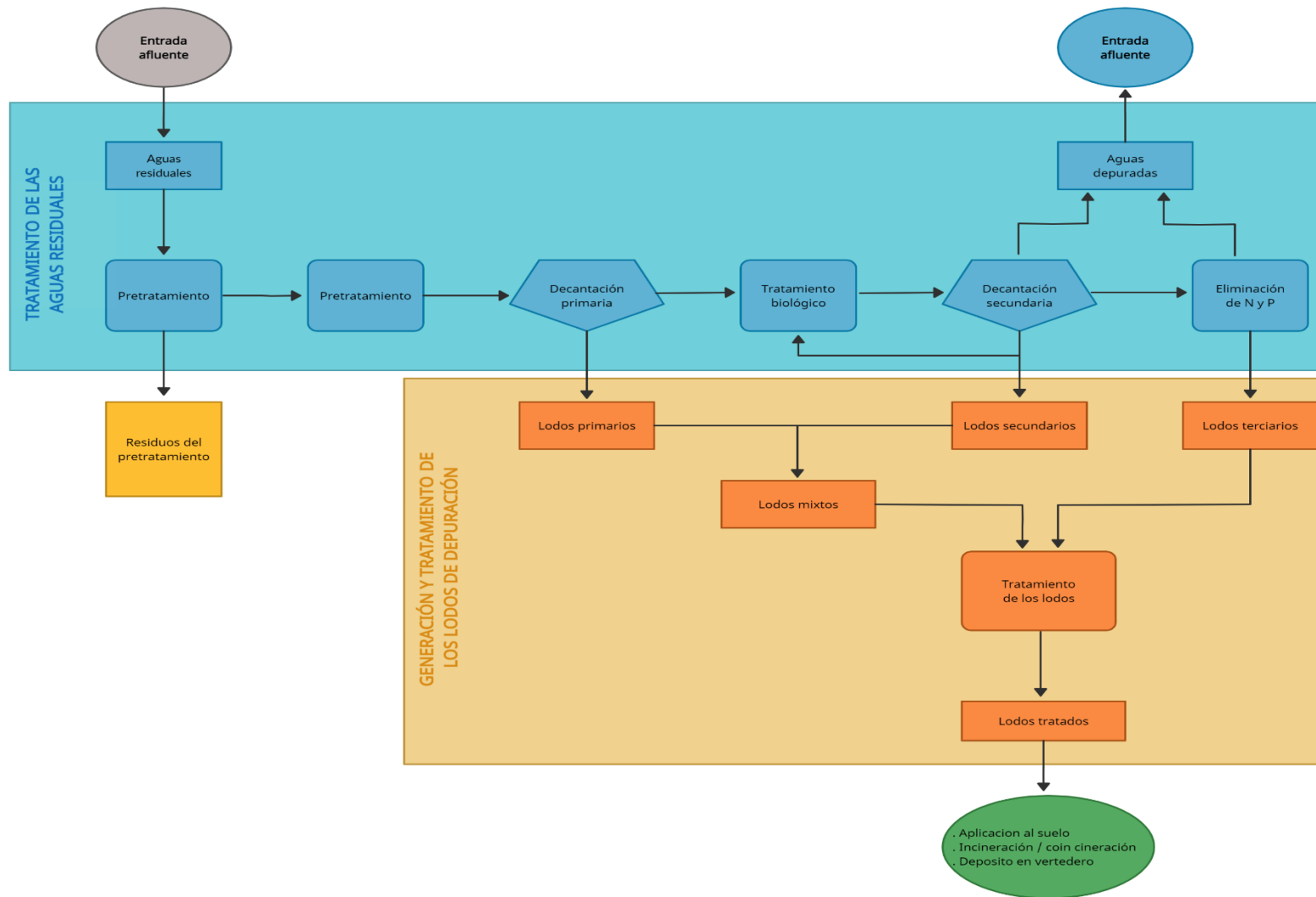


Figura 19. Diagrama de flujo de una PTAR de lodos activos. Fuente: Autor

Esquema representativo de una planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados, **Figura 20**, en la cual se puede observar mediante un plano de 3D el proceso de tratamiento del agua residual, hasta su transformación final para su reutilización en el proceso de lavado de vehículos del taller de equipo liviano MASA STORK.

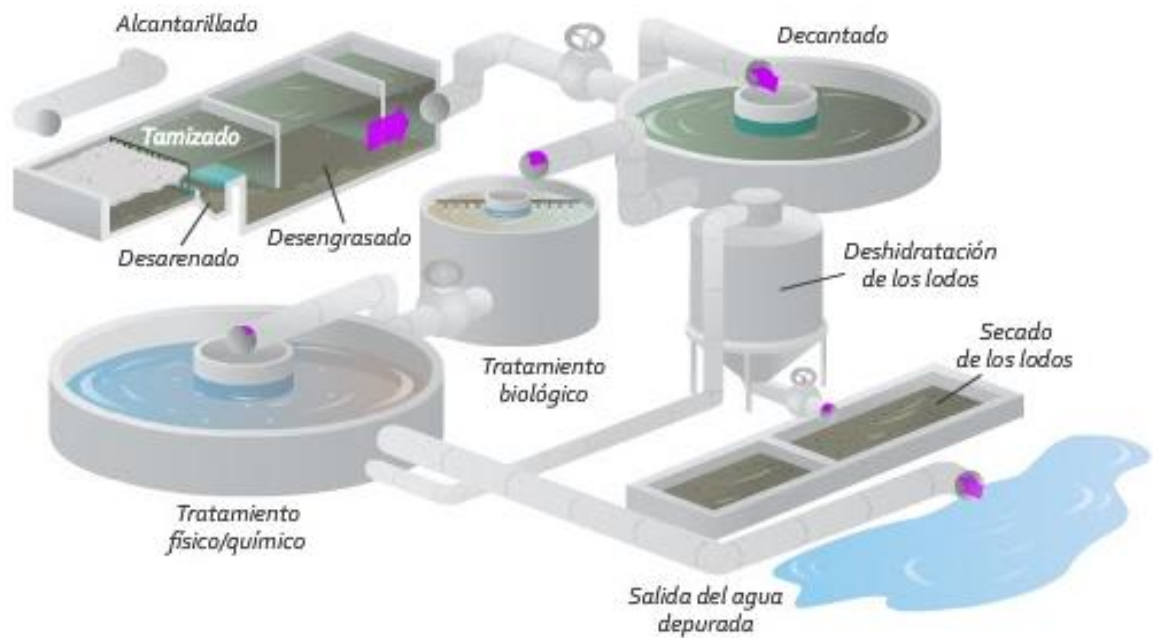


Figura 20. Esquema representativo de un PTAR. **Fuente:** Autor

7.7.3 Presupuesto de inversión

El presupuesto de inversión se definió con base a cotizaciones de referencia y se tomó como base el costo promedio anual gastado en toda la infraestructura del año 2020 para garantizar la ejecución del proyecto.

ITEM	ACTIVIDAD	INVERSION
1	CONSULTORIA DE DISEÑO	\$ 46.000.000,00
1,1	Cálculo Volumétrico	\$ 10.000.000,00
1,2	Diseño ruteado de tubería	\$ 10.000.000,00
1,3	Diseño tanque equalizador	\$ 12.000.000,00
1,4	Diseño PTAR	\$ 14.000.000,00
2	ESTUDIOS PREVIOS	\$ 31.000.000,00
2,1	Caracterización de aguas residuales	\$ 5.000.000,00
2,2	Planimetría	\$ 7.000.000,00

2,3	Estudio de suelos	\$ 8.000.000,00
2,4	Recursos hídricos	\$ 5.000.000,00
2,5	Impacto ambiental del proyecto	\$ 6.000.000,00
3	CONSTRUCCION PTAR	\$ 450.000.000,00
3,1	Sistema de recolección de aguas	\$ 250.000.000,00
3,2	Ecualizador	\$ 80.000.000,00
3,3	PTAR	\$ 120.000.000,00
4	GESTION DEL PROYECTO	\$ 4.875.640,00
4,1	Gestión del proyecto	\$ 3.442.800,00
4,2	Reuniones de Seguimiento	\$ 1.432.840,00

Tabla 50. Presupuesto de Inversión.

El presupuesto descrito en la **Tabla 50** corresponde a un valor estimado de **\$531,875,640,00 COP** el cual garantiza la ejecución del alcance del proyecto para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.

8. CONCLUSIONES

La información histórica y técnica disponible de la flota equipos mediano en Equipo Liviano es escasa y desordenada. Se debe acceder a múltiples documentos y bases de datos que dificultan la búsqueda y requieren de mucho tiempo de trabajo. Sumado a que es poca la información registrada, es difícil de comprender debido a que no existe una prioridad de recolección y registro de datos de los tiempos de lavado de los equipos.

La información existente actualmente en la empresa, dificulta la aplicación de estudios que permitan conocer el estado en tiempo real del lavadero. Así mismo, se hace más difícil diseñar acciones de mejora que permitan identificar y atacar directamente los puntos críticos, para prestar un servicio óptimo.

Los tiempos de lavado se registran en la base de datos en cualquier momento y no precisamente al momento que el equipo ha llegado al lavadero. Por tal motivo se dificulta la organización y depuración de datos históricos específicos. Esto, permite que al momento de buscar información del activo no encontremos registros o muchas veces datos erróneos (fechas, tiempo, hora, etc.) que dificulten la trazabilidad de la flota.

Los resultados de tiempos de lavado de la flota en general, muestra una gran variación de todos los equipos. lo cual en las gráficas de cada una las subflotas se evidencio una tendencia de mayor consumo de tiempo y agua reciclada. Esto debido a que en el mes de octubre es la temporada principal de lluvias en la región, siendo así, el mes de mayor demanda debido a las condiciones del terreno y en las que llegan los equipos al taller.

Las subflotas de camiones canastas y tanqueros y lubricadores, se pudo evidenciar mayores tiempos de lavado y consumo de agua. Lo cual, debido a la operación son de mayor utilidad, ya que están relacionadas con la producción. Esto permite que sean de mayor frecuencia en el taller de equipo liviano. Siendo así, la prioridad en el lavadero y al momento de realizar su mantenimiento.

El desarrollo de la investigación identificó las características y propiedades relevantes de dos tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, como son la tecnología por lodos activados SBR y la tecnología Reactores de lecho fijo móvil MBBR. Cabe resaltar que estas tecnologías garantizan el cumplimiento legal y ambiental requerido.

La investigación técnico económica para la selección de la tecnología más adecuada para la empresa arrojó como resultado selección de la Tecnología de Lodos Activados SBR. La cual le permitirá a MASA STORK solucionar de manera estable y a largo plazo la problemática ambiental de incumplir las normas de vertimientos vigentes y así reciclar aguas tratadas cumpliendo al 100% la normatividad y regulaciones.

El beneficio ambiental está vinculado a la reutilización del agua regenerada, también supone importantes beneficios ambientales ya que permite reducir la presión sobre los recursos hídricos convencionales y a la vez evita el vertido de sustancias contaminantes a fuentes hídricas.

En conclusión, la puesta en marcha del proyecto es factible técnica y económicamente y su implementación permitirá a Cerrejón mantener su imagen como una compañía comprometida con el medio ambiente. De esta forma, cumplir con los requisitos mínimos vigentes de tratamiento de aguas residuales.

9. RECOMENDACIONES

Diseñar e implementar un plan de cultura de datos, en el cual se definan estrategias y procedimientos adecuados para el manejo específico y detallado de la información del lavadero de Equipo liviano.

Optimizar los softwares Entrega de Turno y Registro de Datos Lavadero, para realizar un solo registro de los datos y sean direccionados una base de datos ordenada, facilitando el acceso a la información. Así mismo, el emparejamiento con Ellipse para de facilitar la información de los equipos.

Implementar un plan de capacitación a todo el cuerpo técnico operativo del lavadero, buscando reforzar los conocimientos técnicos de lavado de vehículos, llenado de formatos y lectura de caudales de agua. Esto con el fin de potencializar las capacidades y competencias laborales de los empleados de esta área.

Priorizar el lavado de los equipos medianos que se encuentren en mantenimiento preventivo, con el objetivo de acelerar este proceso y así aumentar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de todo el taller de equipo liviano.

Realizar el desarrollo de este proyecto en el menor tiempo posible, con el fin de disminuir la probabilidad de materialización de los riesgos haciendo énfasis en el cumplimiento normativo, lo cual podría ocasionar una sanción monetaria o en el peor escenario una sanción de cierre temporal de las operaciones.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín Heredia, E. O. (2018). *Sistema De Tratamiento De Agua Residual Autolavado Samiwall*. 39.
- Alicia, I., Boluarte, R., Andersen, M., Kumar, B., Chang, C., Bagshaw, S., Farago, L., Jegatheesan, V., & Shu, L. (2016). International Biodeterioration & Biodegradation Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.01.017>
- Aquamaq. (2019). Agua Pura. Obtenido de <https://www.aguapura.com.py/agua-y-salud/enfermedades-de-la-piel-por-agua-contaminada/>
- Belzona Inc. (2010). Guía de Aplicaciones Belzona en Equipos de Tratamiento de Aguas Residuales. *Belzona*. <https://www.belzona.com/es/industries/wastewater.aspx>
- Calviño, N. otero. (2014). *Filtración de aguas residuales para reutilización*.
- Escobar, Federica, F. O. (2017). *ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TECNICO ECONOMICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN COTECMAR SEDE MAMONAL*. 1(Junio 2017), 181.
- GAMBOA, J. C. (2017). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, PARA LAVADO AUTOMOTOR, PARA LA EMPRESA TRANSLOGAM S.A.S*. 1, 6–8. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Ganiyu, S. O., Vieira, E., Cintia, E., Araújo, T. De, & Martínez-huitle, C. A. (2018). Electrochemical advanced oxidation processes (EAOPs) as alternative treatment techniques for carwash wastewater reclamation. *ECSN*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.044>
- Grossi, L. D. B., Alvarenga, R., Melo, C. De, Assis, T. M. De, Ribeiro, V. M., Cristina, M., & Amaral, S. (2017). *Journal of Water Process Engineering*. 17(February), 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.03.012>
- J. TAVERA GARCIA, Y. T. B. (2015). *MANEJO, TRATAMIENTO Y REUSO DEL AGUA EN LA ESTACIÓN DE LAVADO DE VEHÍCULOS “LOS ÁNGELES” KENNEDY, BOGOTÁ D.C*. 1(4), 53.

- Martinez, J. T. (2 de Noviembre de 2017). GLOBAL ESTACIONES DE SERVICIO, S.L. Obtenido de <https://globalestacionesdeservicio.com/evolucion-de-los-lavaderos-de-coches/>
- Mendes, L. (2019). *Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación acoplada a un MBR para minimizar el ensuciamiento de la membrana y obtener efluentes de alta*. 3. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90307/1/tesis_lyvia_mendes_predolin.pdf
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/90307>
- Metcalf and Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Volumen 1: Tratamiento, vertido y reutilización*.
- Moazzem, S., Ravishankar, H., Fan, L., Roddick, F., & Jegatheesan, V. (2020). Application of enhanced membrane bioreactor (eMBR) for the reuse of carwash wastewater. *Journal of Environmental Management*, 254(October 2019), 109780. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109780>
- Monney, I., Donkor, E. A., & Buamah, R. (2020). Heliyon Clean vehicles , polluted waters : empirical estimates of water consumption and pollution loads of the carwash industry. *Heliyon*, 6(November 2018), e03952. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03952>
- Subtil, E. L., Rodrigues, R., Hespanhol, I., & Carlos, J. (2017). *Water reuse potential at heavy-duty vehicles washing facilities – The mass balance approach for*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.162>
- Marco Normativo Ambiental Colombiano Aplicable Al Proyecto De Agua Y Saneamiento Básico, 1 (2016). http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Plan_Pazcifico/ANEXO_1-MARCO_NORMATIVO.pdf

11. ANEXOS

11.1 TARJETAS MAESTRAS FLOTA I – LUBRICADORES DE EQUIPOS AUXILIARES

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN LUBRICADOR KODIAK 2008		
Número de equipo	0760127		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Correjón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	CHEVROLET
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	KODIAK
EGI	N/A	Número de serie	9GDP7H1C77B006441
Centro de costos	XCMMAELX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	CHEVROLET	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	CHEVROLET	Fecha de instalación	18/12/2007
Precio de compra	58.888	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2008
Altura		mm	2143
Largo		mm	2500
Peso		Kg	15900
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	3988
Tipo de cabina		-	N/A
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	50
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 21. Tarjeta maestra 760127. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO

Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2011 LUBRICADOR TIPO II		
Número de equipo	0760141		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	DURASTAR 4300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HAMMAAR5CL422244
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	30/06/2011
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2011
Altura		mm	2825
Ancho		mm	2457
Largo		mm	9497.1
Peso		Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	5994,4
Tipo de cabina		-	SBA
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	100
Capacidad del tanque de urea		l	N/A
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 22. Tarjeta maestra 760141. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO

Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2012 LUBRICADOR TIPO II		
Número de equipo	0760146		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	DURASTAR 4300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HAMMAARXDL154695
Centro de costos	XCMAELX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	30/08/2012
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Modelo	año	2012	
Altura	mm	2825	
Ancho	mm	2457	
Largo	mm	9497.1	
Peso	Kg	15875.7	
ESPECÍFICOS			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Distancia entre ejes	mm	5994,4	
Tipo de cabina	-	SBA	
Tipo de combustible	-	DIESEL	
Capacidad del tanque de combustible	l	100	
Capacidad del tanque de urea	l	N/A	
Velocidad máxima	Km/h	50	



Figura 23. Tarjeta maestra 760146. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 LUBRICADOR T II		
Número de equipo	0760155		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	DURASTAR 4300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HAMMAAR4DL470917
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	21/07/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2013
Altura		mm	2825
Ancho		mm	2457
Largo		mm	9497.1
Peso		Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	5994,4
Tipo de cabina		-	SBA
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	100
Capacidad del tanque de urea		l	N/A
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 24. Tarjeta maestra 760155. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO

Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 LUBRICADOR T II		
Número de equipo	0760156		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	DURASTAR 4300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HAMMAAR6DL470918
Centro de costos	XCMAELX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	23/05/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
	Descripción	Unidad de medida	Valor
	Modelo	año	2013
	Altura	mm	2825
	Ancho	mm	2457
	Largo	mm	9497.1
	Peso	Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
	Descripción	Unidad de medida	Valor
	Distancia entre ejes	mm	5994,4
	Tipo de cabina	-	SBA
	Tipo de combustible	-	DIESEL
	Capacidad del tanque de combustible	l	100
	Capacidad del tanque de urea	l	N/A
	Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 25. Tarjeta maestra 760156. Fuente: Autor

11.2 TARJETAS MAESTRAS FLOTA II – LUBRICADORES DE PALAS

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO		
Descripción	CAMIÓN KODIAK 2009	


	LUBRICADOR TIPO II		
Número de equipo	0760133		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	CHEVROLET
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	KODIAK
EGI	N/A	Número de serie	9GDP7H1C69B009821
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	CHEVROLET	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	CHEVROLET	Fecha de instalación	5/10/2009
Precio de compra	58.888	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2009
Altura		mm	2143
Ancho		mm	2380
Largo		mm	2500
Peso		Kg	15900
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	3988
Tipo de cabina		-	N/A
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	50
Capacidad del tanque de urea		l	N/A
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 26. Tarjeta maestra 760133. Fuente: Autor

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO		
Descripción	CAMIÓN INTERNACIONAL 2013 LUBRICADOR T II	
Número de equipo	0760154	


Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
			
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	DURASTAR 4300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HAMMAAR2DL470916
Centro de costos	XCMAELX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	13/05/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2013
Altura		mm	2825
Ancho		mm	2457
Largo		mm	9497.1
Peso		Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	5994,4
Tipo de cabina		-	SBA
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	100
Capacidad del tanque de urea		l	N/A
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 27. Tarjeta maestra 760154. Fuente: Autor

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO		
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 LUBRICADOR T I	
Número de equipo	0760158	

Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
			
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAAR1DN470909
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	22/04/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
	Descripción	Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2013
Altura		mm	2825
Ancho		mm	2457
Largo		mm	9497.1
Peso		Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
	Descripción	Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	5994,4
Tipo de cabina		-	SBA
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	100
Capacidad del tanque de urea		l	N/A
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 28. Tarjeta maestra 760158. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO

Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 LUBRICADOR T II		
Número de equipo	0760161		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAAR7EN792018
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	13/07/2014
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2013
Altura		mm	2825
Ancho		mm	2457
Largo		mm	9497.1
Peso		Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	5994,4
Tipo de cabina		-	SBA
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	100
Capacidad del tanque de urea		l	N/A
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 29. Tarjeta maestra 760161. Fuente: Autor

11.3 TARJETAS MAESTRAS FLOTA III – LUBRICADORES DEMÁS FLOTAS

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN KODIAK 2009 LUBRICADOR TIPO I		
Número de equipo	0760135		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	CHEVROLET
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	KODIAK
EGI	N/A	Número de serie	9GDP7H1C19B009824
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			

Distribuidor	CHEVROLET	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	CHEVROLET	Fecha de instalación	13/09/2009
Precio de compra	58.888	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2009
Altura		mm	2143
Largo		mm	5820
Peso		Kg	15900
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	3988
Tipo de cabina		-	N/A
Tipo de combustible		-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible		l	50
Velocidad máxima		Km/h	50

Figura 30. Tarjeta maestra 760135. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK			
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN KODIAK 2009 LUBRICADOR TIPO I		
Número de equipo	0760136		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	LUBRICADOR
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	CHEVROLET
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	KODIAK
EGI	N/A	Número de serie	9GDP7H1C39B010411
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	CHEVROLET	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	CHEVROLET	Fecha de instalación	18/09/2009
Precio de compra	58.888	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A

ATRIBUTOS		
GENERALES		
Descripción	Unidad de medida	Valor
Modelo	año	2009
Altura	mm	2143
Ancho	mm	2380
Largo	mm	5820
Peso	Kg	15900
ESPECÍFICOS		
Descripción	Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes	mm	3988
Tipo de cabina	-	N/A
Tipo de combustible	-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible	l	50
Capacidad del tanque de urea	l	N/A
Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 31. Tarjeta maestra 760136. Fuente: Autor

11.4 TARJETAS MAESTRAS FLOTA IV – TANQUEROS DE COMBUSTIBLE

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN KODIAK C TANQUERO DE COMBUSTIBLE		
Número de equipo	0760115		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	TANQUERO DE COMBUSTIBLE
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	CHEVROLET
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	KODIAK
EGI	N/A	Número de serie	9GDP7H1C06B003444
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	CHEVROLET	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	CHEVROLET	Fecha de instalación	6/02/2006
Precio de compra	58.888	Fecha de garantía	N/A

Costo de reemplazo	365	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Modelo	año	2005	
Altura	mm	2143	
Largo	mm	5820	
Peso	Kg	15900	
ESPECÍFICOS			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Distancia entre ejes	mm	3988	
Tipo de cabina	-	N/A	
Tipo de combustible	-	DIESEL	
Capacidad del tanque de combustible	l	50	
Velocidad máxima	Km/h	50	

Figura 32. Tarjeta maestra 760115. Fuente: Autor

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 TANQUERO DE COMBUSTIBLE		
Número de equipo	0760151		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	TANQUERO DE COMBUSTIBLE
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAAR5DN470900
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	4/07/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	379	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción	Unidad de medida	Valor	

Modelo	año	2013
Altura	mm	2825
Ancho	mm	2457
Largo	mm	9497.1
Peso	Kg	15875.7
ESPECÍFICOS		
Descripción	Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes	mm	5994,4
Tipo de cabina	-	SBA
Tipo de combustible	-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible	l	100
Capacidad del tanque de urea	l	N/A
Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 33. Tarjeta maestra 760151. Fuente: Autor

INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 TANQUERO DE COMBUSTIBLE		
Número de equipo	0760153		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	TANQUERO DE COMBUSTIBLE
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAAR9DN470902
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	21/06/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	379	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Modelo	año	2013	
Altura	mm	2825	

Ancho	mm	2457
Largo	mm	9497.1
Peso	Kg	15875.7
ESPECÍFICOS		
Descripción	Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes	mm	5994,4
Tipo de cabina	-	SBA
Tipo de combustible	-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible	l	100
Capacidad del tanque de urea	l	N/A
Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 34. Tarjeta maestra 760153. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK			
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2013 TANQUERO DE COMBUSTIBLE		
Número de equipo	0760159		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	TANQUERO DE COMBUSTIBLE
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAARXDN470908
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	20/05/2013
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	379	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Modelo	año	2013	
Altura	mm	2825	
Ancho	mm	2457	
Largo	mm	9497.1	

Peso	Kg	15875.7
ESPECÍFICOS		
Descripción	Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes	mm	5994,4
Tipo de cabina	-	SBA
Tipo de combustible	-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible	l	100
Capacidad del tanque de urea	l	N/A
Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 35. Tarjeta maestra 760159. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK			
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2014 TANQUE DE COMBUSTIBLE		
Número de equipo	0760163		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	TANQUERO DE COMBUSTIBLE
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAAR1EN792015
Centro de costos	XCMMaelX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	5/04/2014
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	379	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción	Unidad de medida	Valor	
Modelo	año	2013	
Altura	mm	2825	
Ancho	mm	2457	
Largo	mm	9497.1	
Peso	Kg	15875.7	
ESPECÍFICOS			
Descripción	Unidad de medida	Valor	

Distancia entre ejes	mm	5994,4
Tipo de cabina	-	SBA
Tipo de combustible	-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible	l	100
Capacidad del tanque de urea	l	N/A
Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 36. Tarjeta maestra 760163. Fuente: Autor

TARJETA MAESTRA – MASA STORK			
INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO			
Descripción	CAMIÓN INTERNATIONAL 2014 TANQUE DE COMBUSTIBLE		
Número de equipo	0760164		
Flota general	Mediano		
Estado	Operativo		
INFORMACIÓN DETALLADA DEL ACTIVO			
Pertenece a	Cerrejón	Tipo equipo auxiliar	TANQUERO DE COMBUSTIBLE
Departamento	Mantenimiento	Familia	N/A
Superintendencia	Equipo de Soporte y Logística	Marca	INTERNATIONAL
Usuario custodio	PAULO PARODI	Línea	WORKSTAR 7300 SBA 4X2
EGI	N/A	Número de serie	3HTZZAAR3EN792016
Centro de costos	XCMMAELX	Vida proyectada	40000
Prioridad	N/A	Tipo de estadística	HR
INFORMACIÓN DE COMPRA			
Distribuidor	NAVITRANS	Fecha de entrega	N/A
Fabricante	INTERNATIONAL	Fecha de instalación	5/04/2014
Precio de compra	44.000	Fecha de garantía	N/A
Costo de reemplazo	379	Fecha de reemplazo	N/A
ATRIBUTOS			
GENERALES			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Modelo		año	2013
Altura		mm	2825
Ancho		mm	2457
Largo		mm	9497.1
Peso		Kg	15875.7
ESPECÍFICOS			
Descripción		Unidad de medida	Valor
Distancia entre ejes		mm	5994,4
Tipo de cabina		-	SBA

Tipo de combustible	-	DIESEL
Capacidad del tanque de combustible	l	100
Velocidad máxima	Km/h	50

Figura 37. Tarjeta maestra 760164. **Fuente:** Autor