

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Nivel Internacional

Los primeros lavados de vehículos debutaron en Detroit en 1914. Estos fueron lavados de vehículos manuales que involucraron mucho esfuerzo. Los vehículos de los clientes debían ser empujados en círculos a varias estaciones de limpieza donde progresaron a través de las etapas de lavado. En 1928, surge el primer lavado automático de vehículos. Unos ingenieros diseñaron un mecanismo que atraería a los automóviles a través de cada etapa de limpieza, ahorrando tiempo y agua. (Global Estaciones de Servicio, 2017).

La tecnología de lavar vehículos ha avanzado en el transcurso del tiempo hasta desarrollar equipos de purificación que permiten reutilizar el 98% del agua que se gasta en la limpieza de vehículos. Esta forma de lavado ecológico fue implementada en Arequipa en 2012 el primer local de la cadena de servicios "Brilla Car Túnel Express". (brilla car túnel express, 2012) En este local, ubicado en la avenida Arancota s/n, se limpian 450 vehículos/día. Quitar la suciedad de cada vehículo al pasar por el túnel de lavado y encerado toma 2 min con 25 s. "Por cada auto se utiliza 640 ℓ de agua, que será purificada y vuelta a usar casi en su totalidad", indicó el gerente general del Grupo Gutiérrez (empresa inversionista arequipeña), Walter Gutiérrez.

En Chile en el año 2017, Eyzaguirre Dentro de la búsqueda de distintas alternativas de servicio, se encontró el sistema de lavado "Dry CarWash", (lavado de vehículos sin agua). Aunque suene extraño, es posible gracias a polímeros y sustancias especiales, biodegradables, que repelen la suciedad, utilizando aproximadamente medio vaso de producto para lavar un vehículo, ahorrando de paso entre 150 a 400 ℓ de agua que se utilizan en el lavado tradicional.

Con ingredientes naturales, este es un producto en aerosol se aferra a la suciedad en la carrocería del vehículo.

El aglomerado formado se extrae a través un paño de microfibra, con un coste de 16 \$us para automóviles normales, y con un descuento para híbridos y eléctricos. Se espera que esta tendencia se extienda, considerando la crisis del recurso hídrico y la violencia que ya se ve en lugares donde escasea.

Judith Cardoso Martínez e Ignacio González Martínez, de los departamentos de Física y Química de la Universidad Autónoma Metropolitana, respectivamente, recapitularon las fases que recorrió el proyecto, que inició con la solicitud de un empresario del negocio de auto lavado que requería reusar el agua para disminuir los costos de su inversión. (Notimex, 2013).

En Europa destacamos los Países Bajos, Alemania, Austria y Escandinavia. El gobierno flamenco ha hecho una implementación detallada de la Directiva 2010/75/EU relativa a las emisiones industriales (IPPC), modificando el VLAREM I (Orden del Gobierno Flamenco, de 6 de febrero de 1991, relativa a la adopción de licencias ambientales de actividades) y el VLAREM II (Orden del gobierno flamenco, del 1° de junio de 1995, relativa a las provisiones generales y sectorial respecto a la protección del medio ambiente). En concreto, en el apéndice del VLAREM I, se encuentra la clasificación de los establecimientos (según categorías y clases), la cual incluye específicamente las instalaciones de lavado de vehículos y camiones, la clase de las que depende del número de vehículos lavados y del volumen de agua utilizado. Y en el VLAREM II, en el Artículo 5.15.0.9 hace referencia al consumo de agua indicando:

1. Los lavados automáticos de camiones y/o buses con un consumo bruto de agua de más de 1500 m³/año deben ir equipados con un sistema de reciclaje que permita al menos recuperar el 70 % del agua para volverla a utilizar. En un lavado automático de vehículos (túnel o puente de lavado) con un consumo superior a 1.500 m³/año, es necesario equipar la instalación con un sistema de purificación o reciclaje que minimice el uso de agua de red, limitado a un máximo de 80 ℓ para vehículo.
2. En la medida de lo posible, se debe utilizar agua de lluvia como agua fresca para el lavado. El artículo 5.15.0.10. hace referencia a las instalaciones para el agua residual:

“las aguas residuales, antes de ser vertidas, recogidas y transportadas, deben pasar por un sistema de sedimentación y separación de hidrocarburos. Si son vertidas al medio, además, necesitan un filtro coalescente. Los sedimentadores y separadores de hidrocarburos se deben limpiar tantas veces como sea necesario. Los lodos se deben llevar a un gestor autorizado. El operador debe inspeccionar cada 3 meses el separador con esta finalidad”. En cuanto a los vertidos, también hay unos límites y unos requerimientos específicos en función del punto de vertido.

En Austria hay un estándar para los sistemas de reutilización de aguas usadas en la industria del lavado de vehículos (ÖNORM, 2004). Esta establece una tasa de reciclaje de al menos el 80%. En distintos países europeos existen etiquetas ecológicas para instalaciones de lavado de vehículos. Por ejemplo, en los Países Bajos (Stichting Eco, 2001), Escandinavia (NordicEcolabeling, 2000) y Alemania (Blauer Engel, 2000). Los criterios de la etiqueta ecológica se refieren en parte a la utilización de agua. Por ejemplo, la etiqueta ecológica alemana supone una tasa de reciclaje de al menos el 80% (Blue Ángel, 2000). Las etiquetas ecológicas holandesa y escandinava implican como criterio un consumo de agua fresca máximo en lavados automáticos de automóviles de 60 a 70 ℓ por lavado. Para los autolavados de vehículos, la etiqueta ecológica holandesa establece un máximo de agua de 7 ℓ/min. Algunas de estas etiquetas, además del consumo de agua, tienen en cuenta los sistemas de etiquetado ecológico de productos y el consumo de energía. Estos sellos y etiquetas no son una obligación general para el sector, y sólo un número limitado de instalaciones la tienen, lo que implica que cumplen plenamente con todos los requisitos establecidos.

En los Países Bajos, por ejemplo, en 2002 había alrededor de 40 instalaciones de lavado que la tenían (Huybrechts et al., 2002). Según Boussou et al. (2008), alrededor del 15% de lavados de vehículos en Bélgica ya reutilizan un 55% de las aguas residuales a través de técnicas tradicionales. En los Países Escandinavos, en septiembre de 2013, había 67 instalaciones con la etiqueta ecológica (Nordic Ecolabelling, 2013), la mayoría localizadas en Suecia y Dinamarca. Finlandia tiene

dos y Noruega ninguna. Esta diferencia entre países nórdicos se debe principalmente a las distintas actitudes de las autoridades y consumidores. Noruega, por ejemplo, tiene poco interés en invertir en tratamiento del agua para su reutilización, ya que las autoridades no lo requieren. En cambio, muchas municipalidades en Suecia han introducido normas más estrictas que las propias autoridades nacionales, lo que se refleja en una mayor inversión en módulos de reciclaje de agua. Han adoptado también regulaciones específicas algunos estados de EEUU y Australia. Por ejemplo, en Queensland (Australia) se limita el agua de red a un máximo de 70 ℓ/vehículos (QWC, 2008a, b). En EE.UU., la ICA (International Carwash Association) ha promovido el programa WaterSavers. Es un sello para los túneles y puentes de lavado que utilizan un máximo de 40 gal (151 ℓ) de agua potable/fresca de media por lavado, y para los autolavados establece el uso de lanzas a presión que utilicen menos de 3gal/min entre otros compromisos.

La Tabla N° 1 ofrece una colección de literatura referente a medidas específicas de ahorro de agua para la actividad de lavado de vehículos en distintos países y localidades. En referencia a la normativa internacional relacionada con la reutilización de las aguas, la Guía de aplicación del R.D. 1620/2007 por la que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, en su Anexo dos hace también una recopilación extensa de normativa en relación a la reutilización (según diferentes tipos de actividad).

Tabla N°1. Recopilación de medidas específicas de ahorro de agua en el extranjero

Referencia	Lugar	Sistema de reciclaje	Volúmenes porcentaje	Legislación
Zanetti et al. 2011	Brasil (Estudio)	FCF filtro de arena cloración	Se consigue 70% agua recuperada 40 ℓ agua red/vehículo,	No
QWC2008a QWC2008a	Queensland Australia		70 ℓ agua red / lavado (en función del tipo de instalación)	Sí
Boussou et al. 2007 Boussou et al. 2008	Bélgica		55 % agua recuperada. En un futuro se exigirá el 70	Si VLAREM I VLAREM II

			% para obtener licencia ambiental	
Brown 2002 (ICA)	Orlando, Phoenix, Boston (USA)		De 9 a 82 % de agua recuperada Media 51 %	Sí (EPA, según cada estado)
Boussou et al. 2007 i 2008	Alemania Austria		Mínimo 80 % de agua recuperada	Si
Boussou et al. 2007	Bélgica	Nanofiltración (novedad) Ciclón, filtro laminar y filtro de arena (convencional)		Si
Boussou et al. 2007	Países Bajos Escandinavia		Máx. 60-70 ℓ de agua de red por lavado	Si
ICA, programa WaterSavers	USA		40 gal agua potable por lavado (=151ℓ) 3 gal agua potable/ mín. (en lanzas a presión) = 11,4 ℓ	

Fuente: LIFE 11 ENV ES 569 MINAQUA.

1.1.2. Nivel Nacional

En Bolivia se tiene registro del primer lavadero de vehículos y camionetas en Santa Cruz, llamado "La Cuba" año 1954, al lado de la escuela de primaria teniente General Germán Busch, en la calle Sucre y Tarija. Desde ese entonces en Bolivia no se ha llegado a tener una evolución considerable en el servicio de lavado de vehículos ya que en su mayoría estos siguen siendo manuales.

En Bolivia cada Departamento debe emitir un informe anual a la Contraloría General del Estado respecto a los niveles de contaminación existente en su jurisdicción.

En las ciudades más grandes y con más densa población se ha llegado implementar lavanderías de vehiculares con un sistema de recirculación es el caso de la ciudad de La Paz, Santa Cruz y Cochabamba.

1.1.3. Nivel Local

La Autoridad Ambiental Competente departamental (Gobernación del departamento) emite la Ficha Ambiental, Declaratoria de Adecuación Ambiental y un certificado de extensión ambiental. La secretaría de Medio Ambiente y Territorio de la Ciudad de Tarija es la encargada de fiscalizar dar seguimiento y control. En la ciudad de Tarija la Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija es la encargada del monitoreo de las aguas residuales industriales a través de análisis físico químicos que se realizan semestralmente en el cual dichas empresas deben de firmar un Convenio de Operación de los sistemas de autoabastecimiento de recursos hídrico de acuerdo al Procedimientos Técnicos y Administrativos Transitorios Para Descargas Industriales Especiales y Lodos al Alcantarillado Sanitario.

En la ciudad de Tarija el 30% de las lavanderías si cuentan con licencia ambiental esto quiere decir que menos de la mitad de las lavanderías registradas en el plano catastral de la ciudad cuentan con tratamiento de sus aguas residuales.

La AAC (Gobernación del departamento) no especifica que tratamiento deben seguir estas lavanderías con sus aguas residuales, pero otorga la Licencia Ambiental al contemplar mínimamente el tratamiento primario de estas aguas. COSAALT Ltda maneja un sistema de exigencia estándar para el tratamiento de aguas residuales industriales provenientes de lavanderías de vehículos que el 30% de las lavanderías con Licencia Ambiental si aplican, pero no hacen la recirculación de sus aguas ya que COSAALT Ltda exige ciertos parámetros en sus aguas para que estos lleguen a vertir sus aguas al alcantarillado una vez que estos sean tratados, lleguen a clasificarse como aguas domésticas, cumpliendo así el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica RMCH, en su Art. 23, menciona que es responsabilidad del Servicio de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado la aceptación o rechazo de las descargas de Aguas residuales hacia el alcantarillado.

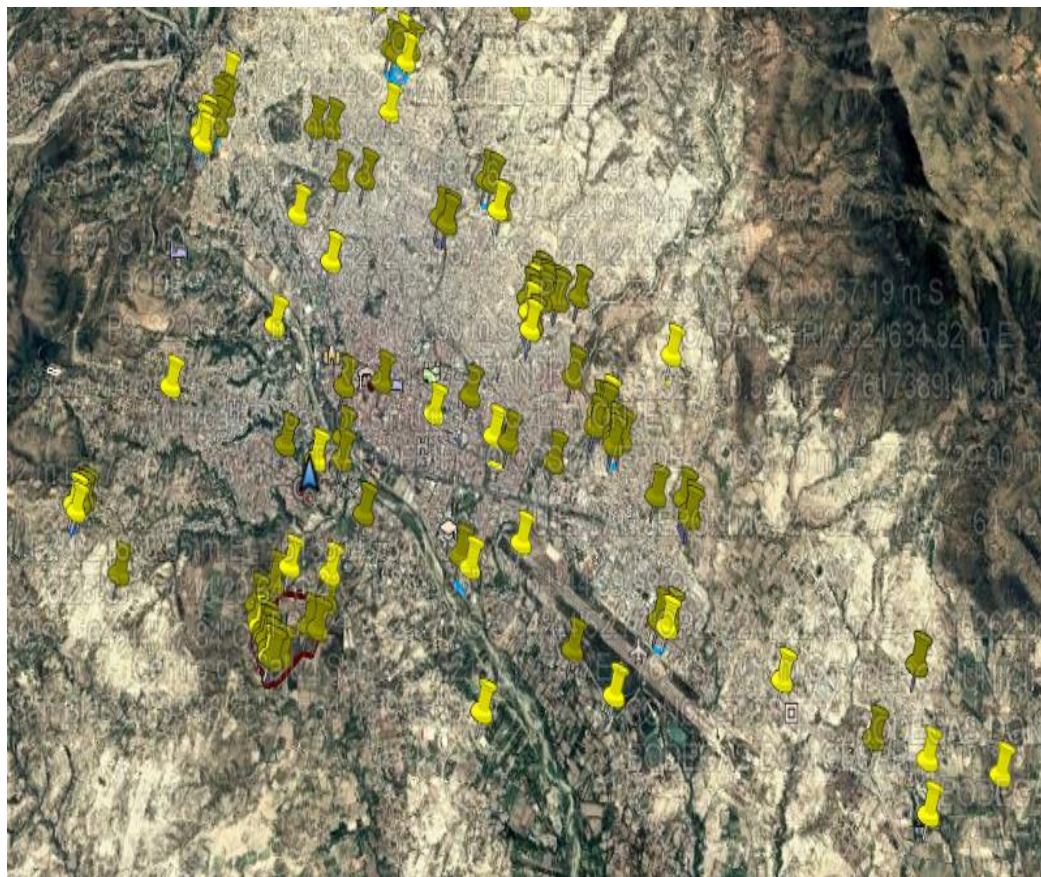
Dentro de la búsqueda de distintas alternativas de servicio, se encuentran lavado “Dry CarWash”, (lavado de vehículos sin agua) diseñado originalmente en Chile, en Tarija se ha tratado de implementar este sistema pero no fue efectivo por la escases de

divulgación de este novedoso sistema llegando a pasar desapercibido por la ciudadanía, que al no saber de la existencia de este sistema incremento las lavanderías de vehículos en la ciudad al ver que es un negocio rentable por el incremento del parque automotor en la ciudad.

En la ciudad de Cercado se registran un total de 54 Lavanderías Vehiculares y estas son solo las visibles. De las 54 lavanderías 9 cuentan con Licencia Ambiental y de estas 9 solo 6 cuentan con convenio con COSAALT Ltda esto quiere decir que de las 54 lavanderías en la ciudad de Tarija solo 6 cuentan con un monitoreo de sus aguas trimestralmente.

La siguiente figura muestra los puntos de ubicación de las 54 Lavanderías Vehiculares registradas en la Ciudad de Cercado, Departamento de Tarija

Figura N° 1. Lavanderías de la Ciudad Cercado



Secretaría de Medio Ambiente 2021.

MARCO CONCEPTUAL

1.2. CONCEPTOS

1.2.1. Agua.

Agua, es una expresión para definir el compuesto de hidrógeno y oxígeno en estado líquido siendo su fórmula H_2O . Es el componente principal de la materia viva constituyendo del 50 al 90% de la masa de todos los organismos vivos, ocupa las tres cuartas partes de la superficie del planeta. Según el Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente, el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97,5% del agua salada, y el 2,5% agua dulce. Los casquetes y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. El resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en componentes de la misma. Solo el 0,3% del agua del mundo se encuentra en los ríos y lagos. (E. Raffino),

1.2.2. Aguas residuales

Contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria. Las aguas residuales es la combinación de los residuos líquidos provenientes de diferentes tipos de uso como el hogar, la industria y el comercio entre otros. Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales junto con los residuos de las industrias y actividades agrícolas. Así como de las aguas subterráneas, superficiales y de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua.

De acuerdo a Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de Bolivia las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- **Aguas residuales crudas:** Aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso.

- **Aguas residuales tratadas:** Aguas procesadas en plantas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad en relación a la clase de cuerpo receptor a que serán descargadas. residual (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

1.2.3 Características de aguas residuales

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas; por lo que su conocimiento es fundamental para el proyecto y explotación de la infraestructura tanto de recogida como del tratamiento y evaluación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medioambiental, (Metcalf & Eddy, 1998).

1.2.3.1. Características físicas

Las principales características físicas de un agua residual son: el contenido sólido, distribución de las partículas por tamaño, turbiedad, color, transmitancia/absorbancia, olor, temperatura, densidad y conductividad. A través de la medición de estos elementos se obtiene una representación global de la muestra lo cual permite decidir el tratamiento correspondiente a aplicar.

- **Turbidez**

La turbidez es una expresión de la propiedad efecto óptico causado por la dispersión interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua.

- **Color**

El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir un color negro.

- **Olor y Sabor**

Los olores sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos en general son indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua: entre las más comunes se encuentran: materia orgánica en solución, sulfuro de hidrogeno, sulfato de sodio magnesio, hierro manganeso, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc. (Metcalf & Eddy, 1998).

- **Temperatura**

La temperatura es un parámetro importante ya que afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento de temperatura puede causar cambios en las especies de peces que existan en un cuerpo de agua receptor. La temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias está en el rango de 7 a 95°F (25 a 35 °C). Los procesos de digestión aeróbica y nitrificación se detienen cuando la temperatura alcanza valores de 122 °F (50°C). Cuando la temperatura se acerca a los 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, y alrededor de los 5°C las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de actuar (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Conductividad**

Es la medida de capacidad de transmisión de corriente eléctrica de un fluido, suele utilizarse como parámetro auxiliar de medición de la cantidad de sólidos suspendidos en dicho fluido ya que está relacionada de forma directa con la cantidad de sólidos presentes. (Baca Urbina, G., Romero Vallejo, S., & Cruz Valderrama, M. (2014)).

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Son todos los componentes con una densidad igual o menor al agua (arena, polvo, arcilla, sólidos, papeles, astillas de madera). Los procesos que se emplean son la sedimentación y filtración.

Comprenden a los sedimentables flotantes y no sedimentables (coloidales). Pueden contener sustancias orgánicas (sólidos suspendidos volátiles) o inertes (no volátiles o fijos). La turbidez en el agua es causada por una gran variedad de sólidos suspendidos, los cuales, según su tamaño, pueden ser partículas coloidales o dispersiones gruesas, dependiendo de la turbulencia y de las características del material suspendido (El agua en el Medio Ambiente; Plaza y Valdez S.A.C).

1.2.3.2. Características químicas inorgánicas

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Es la medición de acidez de una solución, determinada por la cantidad de iones H^+ en una solución. Este índice divide las soluciones en ácidos y bases, siendo considerada un ácido aquella con un pH menor de 7. El valor del pH adecuado para diferentes procesos de tratamientos y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 5 y 9. Para descargas de efluentes de tratamientos secundarios se estipula un pH de 6 a 9, para procesos biológicos de nitrificación se recomienda de 7,2 a 9y para desnitrificación de 6,5 a 7,5.

Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH del agua residual es tratado, no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas deben ser descargados dentro de los límites específicos del pH.

- **Alcalinidad**

Se define como la capacidad para neutralizar ácidos. En aguas residuales. La alcalinidad se debe a la presión de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, magnesio, sodio y potasio. La alcalinidad en las aguas residuales ayuda a regular los cambios del pH causado por la adición de ácidos. La alcalinidad se determina por titulación con un ácido normalizado y el resultado se expresa en Carbonato de Calcio ($CaCO_3$). (Ramalho, 2013).

- **Cloruros**

Es un parámetro importante si se considera para la reutilización, en las aguas residuales los cloruros son añadidos los mismos desperdicios, por ejemplo las heces humanas aportan un aproximado de 6 g de cloruro por persona al día. Debido a que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan cloruros en cantidades suficientes, puede tomarse como un indicio de que la fuente de agua está siendo usada para el vertido de aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

1.2.3.3. Características químicas orgánicas

- **Demanda Química Oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg/ℓ . La relación $k = \text{DBO}_5/\text{DQO}$, indican la biodegradabilidad de las aguas residuales Para muestras de un origen específico, la DQO se puede relacionar empíricamente con la DBO_5 , el carbonato orgánico o la materia orgánica, esta prueba se usa para controlar y monitorear después que se ha establecido la correlación. Este método es aplicable a muestras de aguas residuales domesticas e industriales que tengan una DBO_5 superior a $50 \text{ mg O}_2/\ell$. Para concentraciones más bajas, como muestras de aguas superficiales, se puede usar el método modificado para bajo nivel en un intervalo entre 5 y $50 \text{ mg O}_2/\ell$. Cuando la concentración de cloruro en la muestra es mayor de $2\ 000 \text{ mg}/\ell$, se requiere el método modificado para las aguas salinas. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO_5 , ya que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. (Ramalho, 2013).

- **Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO_5)**

Es una medida e la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aeróbicos (bacterias y

protozoarios; biodegradación) por lo tanto representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o que se pueda transformar biológicamente. Cuando los niveles del DBO_5 son altos, los niveles de oxígeno disuelto son bajos, ya que las bacterias consumen oxígeno en gran cantidad. (Ramalho, 2013).

- **Materia orgánica**

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Proviene del reino animal y vegetal. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%), grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico presente en la urea, principal constituyente de la orina. (Ramalho, 2013).

- **Grasas y aceites**

La grasa engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. El keroseno, los aceites lubricantes y los procedentes de materiales bituminosos son derivados del petróleo y del alquitrán, en ocasiones puede alcanzar la red de alcantarillado en grandes cantidades procedentes de tiendas, garajes, talleres y calles, de los cuales una parte flotan en el agua residual y otros se incorporan al fango por los sólidos sedimentales. Los aceites interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento. (Metcalf & Eddy 1998).

- **Aceites y Grasas (d)**

Los Aceites y Grasas (d) son sustancias solubles en éter en general son sustancias no polares por lo que los compuestos polares se disuelven. El que un compuesto polar sea o no soluble en éter, depende de la influencia de los grupos polares con respecto a la de los grupos no polares presentes. En general los compuestos que tengan un solo grupo polar por molécula se disolverán, a menos que sean

altamente polares, como los ácidos sulfónicos. La solubilidad en éter no es un criterio único para clasificar las sustancias por solubilidad.

Según la Universidad de Bogotá Jorge lozano las Sustancias solubles en éter en general las sustancias no polares y ligeramente polares se disuelven en éter.

Hay cuatro grupos de solubilidad, las sustancias solubles en éter se encuentran en grupo N° 1 dentro de este se encuentran los siguientes compuestos:

- | | | |
|----------------------|----------------|--------------|
| a. ácidos y fenoles. | d. Anhídridos. | g. Aminas. |
| b. Aldehídos. | e. Esteres. | h. Nitrilos. |
| c. Cetonas. | f. Alcoholes. | |

1.2.3.4. Características biológicas

Se tomará conocimiento de los principales grupos de microorganismos biológicos y organismos patógenos presentes en las aguas residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos. (Bejarano Novoa, 2015).

- **Microorganismos**

Los principales grupos de organismos presentes en las aguas residuales se clasifican en eucariotas, eubacterias y arqueobacterias.

- **Bacterias**

Se pueden clasificar como eubacterias procariotas unicelulares los *Escherichia coli*, organismo común de heces humanas, mide de orden de 0.5 micras de ancho por dos micras de largo. Las bacterias trabajan en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Los coliformes se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.

- **Organismos patógenos**

Los principales organismos patógenos presentes en aguas residuales son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos. Los organismos bacterianos patógenos pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades

como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera. (Bejarano Novoa, 2015).

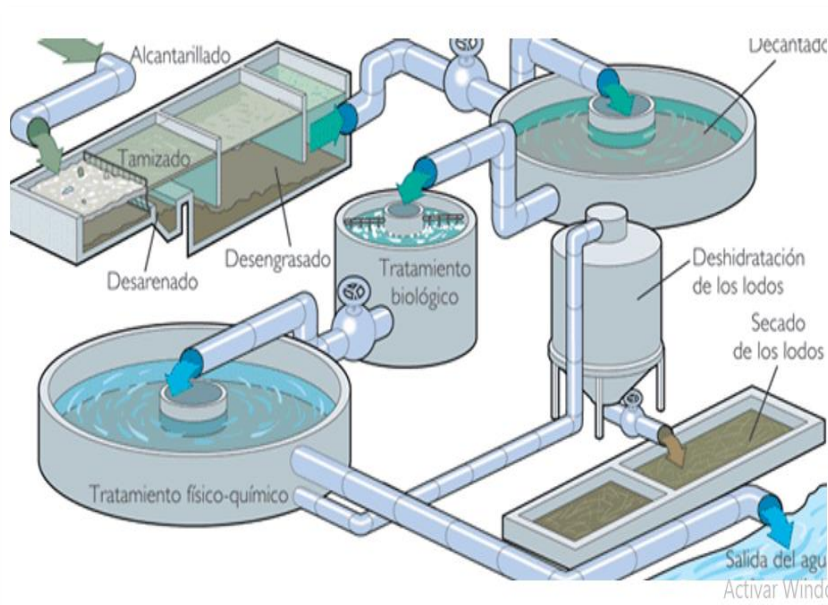
1.2.4. Sistema de tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente. La selección del sistema de tratamiento depende de una serie de factores que se enumeran a continuación.

1. Característica del agua residual: DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno), materia en suspensión, pH, productos tóxicos, entre otros.
2. Calidad del efluente necesario para la descarga.
3. Costo y disponibilidad de terrenos.
4. Tecnologías disponible

En base a estos parámetros es posible aplicar pretratamiento, tratamiento primario, secundario, avanzado y varios tratamientos especiales que se pueden utilizar después de todos ellos. (IGNOVA, 2010).

Figura N°2: Sistema de tratamiento de agua residual



Fuente: IGNOVA, 2010

1.2.5. Tratamiento de aguas residuales industriales

Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales que pueden tener orígenes muy distintos: agua usada como medio de transporte; del lavado y enjuague, de transformaciones químicas usando el agua como disolvente, como subproducto de proceso físico de filtración o destilación, como medio de transporte de calor, etc. (RAS, 2000).

El desarrollo de una política de medio ambiente en los países industrializados, que se asegura el futuro del propio proceso productivo, implica una limitación más estricta sobre los contaminantes (Rigola, 1989).

Las aguas residuales industriales contienen muchos contaminantes que pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y por su naturaleza química ser orgánicos e inorgánicos. Nos podemos referir a ellos definiéndolos como amoníaco o cadmio, dentro de las cuales están:

- Materia orgánica soluble, medida como DBO₅, DQO y COT.

- Aceites y grasas y material flotante.
- Nutrientes.
- Sólidos en suspensión material coloidal.
- Color turbidez y olor.
- Metales pesados.
- Contaminantes orgánicos especiales, etc.

1.2.5.1. Etapas de tratamiento

1.2.5.1.1 Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar se elimina de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturba el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la planta depuradora. En esta etapa se efectúa el desbaste para eliminar las sustancias grandes, el tamizado para las partículas en suspensión, el desarenado para las arenas y el proceso de desaceitado para eliminar el aceite presente en el agua residual (FONAM, 2010).

- **Tamizado**

Es la primera operación unitaria encontrada en una planta de tratamiento de aguas residuales. Los tamizados pueden ser gruesos o finos. Sirve para retener los materiales sólidos presentes en el efluente, superiores a 1 mm de diámetro, por lo que se emplean tamices de 1 mm de separación entre las barras. Estos suelen ser barras o varillas paralelas o alambres de tamaño uniforme. Los tamices finos poseen orificios finos que van desde 0,25 a 3,2 mm, mientras que en los tamices muy finos van desde 0,15 a 0,38 mm. Con el desarrollo de mejores materiales y equipos se ha presentado un aumento en tamices finos para remover arenas e incluso algunas unidades pueden reemplazar a los tanques de sedimentación primaria (Cabildo, 2008.)

- **Desarenado**

Tiene por objetivo eliminar todas las partículas granulométricas que superan las 200 μm , con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamientos. Además, el diseño para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65 llegando a eliminar hasta el 90% de las partículas y si el peso específico de la arena es menor del 2,65 deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores (FONAM, 2010). Normalmente los desarenadores se ubican después de las unidades que remueven sólidos gruesos (tamizado) y antes de sedimentación primaria, aunque en algunas plantas los desarenadores anteceden las unidades de tamizado (Ramalho, 2013). Los desarenadores suelen colocar después del desbaste y antes de los tanques de sedimentación primaria. Normalmente, la instalación del desbaste antes del desarenador facilita la explotación y el mantenimiento de los elementos de separación de arenas.

- **Desengrasado y desaceitado**

Este proceso se encarga de separar los aceites y grasas; que consiste en la flotación mediante aire disuelto inyectado a presión, formando burbujas que salen a la superficie, fijándose las grasas. En algunos casos las partículas flotan de forma natural y se separan directamente por flotación mediante equipos adecuados (Cabildo,2008.)

Tabla N° 2. Características del pretratamiento

Equipos	Características	Componentes Eliminados	Regimiento
Tamices			

Rejillas gruesas	Limpieza manual, para residuos mayores a 0,2 mm, rendimiento menor que las finas.	Basura, arenas, sólido grueso.	Sólidos gruesos: 5 - 20 %
Rejillas finas o mallas	Para materia en suspensión muy pequeña, para aguas residuales pre- tratado, limpieza manual o mecánica, sensible al atascamiento por grasas acumuladas, utilizan energía.	Materia en suspensión, sólidos, arena, tierra.	DBO5, DQO: 10 % Grasas: 2% - 3 % Sólidos Suspendidos: 5%
	Mayor rendimiento que las rejillas gruesas.		
Desarenador			
Horizontal	Pueden ser de flujo variable o constante, se usan para pequeñas instalaciones, su velocidad varía de acuerdo a la velocidad del caudal, poco costoso, fácil de controlar.	Arenas, sólidos, tierra, grasas y aceites, materia orgánica.	Sólidos suspendidos: DBO ₅ : 20 a 30 % DQO: 30 - 40% grasas 20%

Vertical	Se inyecta aire, su velocidad lineal es constante y se controla con dimensiones del canal ubicando compuertas, costos elevados.		Sólidos: 50 %. DBO ₅ : 40 %. DQO: 40%. Grasas 20%.
Inducido	Tiene fondo cónico, que permite la sedimentación de las partículas pesadas (arena)		Sólidos: 70 %. DBO: 40 %. DQO: 40%. Grasas 20%.
	que son extraídas por la parte inferior, costoso y mantenimiento constante.		
Remoción de Grasas y Aceites (d)			
Estos equipos eliminan grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes, se recomienda este pre tratamiento para un correcto funcionamiento de la instalación; es económico y se debe mantenerse siempre limpio.	Grasas, aceites, efluentes.		Grasas, aceites, efluentes.

FONAM (2010), Metcalf & Eddy (1998).

1.2.5.1.2. Tratamientos primarios

Es un conjunto de procesos que se encargan de eliminar los sólidos suspendidos en el agua residual industrial, que por ser más finos no han podido ser eliminados durante el pre tratamiento y comprende la decantación o sedimentación, neutralización, coagulación - floculación (Cabildo et al, 2008).

- **Decantación o sedimentación**

Es la remoción de las partículas (sólidos) en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. Los sedimentadores primarios, diseñados y operados pacientemente pueden remover entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% en DQO y DBO₅. La remoción de las partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideran como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tiene una densidad muy cercana a la del agua o que han sido suspendidas y que no pudieron ser removidas en el proceso anterior. La sedimentación es un proceso netamente físico y es uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para que pueda ser clarificada (Ramalho, 2013).

- **Coagulación-Floculación** Este proceso facilita el retiro de los Sólidos Suspendidos y de las partículas coloidales.

- a) **La coagulación**

Se define como la desestabilización de la suspensión coloidal, y la floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración. Asimismo, la coagulación permite reducir de 50-85 % de la DBO₅ y del 70-90% reduce los sólidos en suspensión seguido de una sedimentación (FONAM, 2010). La coagulación se logra añadiendo al agua un producto que neutralice la carga eléctrica de las micelas (coagulante). Se

trata de electrolitos, dando mejor rendimiento las sales de cationes polivalentes como las sales de sulfato de aluminio, sulfato férrico, cloruro férrico.

– **Mecanismos de coagulación**

En el tratamiento del agua será necesario alterar la fuerza iónica mediante la adición de sales de aluminio o de hierro o de polímeros sintéticos que provoquen el fenómeno de la coagulación. (Water research, 2002).

Actualmente se considera la coagulación como el resultado de la acción de cuatro mecanismos:

- ✓ Compresión de la capa difusa.
- ✓ Adsorción y neutralización.
- ✓ Barrido.
- ✓ Adsorción y formación del puente.

– **Tipos de coagulante usados en el tratamiento de agua**

Los productos químicos más usados como coagulantes en el tratamiento de las aguas son el Sulfato de Aluminio, el Sulfato Ferroso, Sulfato Férrico y el Cloruro Férrico. (Kirchmer, 1981).

- ✓ **Sulfato de Aluminio** El sulfato de aluminio es el coagulante más usado en el tratamiento de agua. Es un sólido de color grisáceo. Se le conoce como alúmina o alumbre, reacciona con la alcalinidad del agua y con los fosfatos. Su fórmula teórica es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Su concentración se define, en general, por su contenido en alúmina, expresada en Al_2O_3 , es decir, 17% aproximadamente. La densidad aparente del sulfato de aluminio en polvo es del orden de 1.000 kg/m^3 . El contenido en alúmina Al_2O_3 , de la forma líquida fluctúa generalmente entre 8 y 8,5%; es decir, 48 a 49% en equivalente polvo

o también 630 a 650 gr de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ /ℓ de solución acuosa (Kirchmer, 1981).

El Sulfato de Aluminio es una sal derivada de una base débil de como el $\text{Al}(\text{OH})_3$ y de un ácido fuerte (H_2SO_4), por lo que sus soluciones acuosas son muy ácidas; su pH varía entre 2 y 3,8 según la relación molar Sulfato/alúmina. Por esta razón, su almacenamiento debe hacerse en un lugar seco, libre de humedad. Es necesario tener en cuenta la tendencia ácida para la preparación de las soluciones y los empaques para su distribución, y emplear por lo general materiales de plástico. (Kirchmer, 1981).

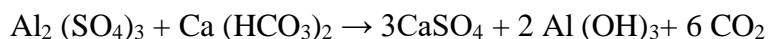
✓ **Hidróxido de calcio**

La cal hidratada o cal apagada es un coagulante muy económico y da muy buenos resultados, trabajándolo a pH alcalinos entre 9 – 11. Algunas de las ventajas que se tienen con respecto a otros coagulantes de este tipo, es su capacidad de precipitar metales pesados (arsénico, cadmio, zinc, entre otros) que se encuentran en solución. La cal apagada es muy utilizada como coagulante ya que es eficaz con otros floculantes que trabajan a pH alcalinos. Otro beneficio del uso de este producto es su propiedad de eliminar olores, ya que también reacciona con materia orgánica y microorganismos.

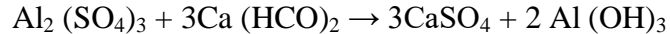
La cal reacciona con sales de calcio y magnesio precipitándolas para evitar incrustaciones en tuberías o equipos de transferencia de calor. La cal dolomítica $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ puede ser usada para precipitar silicatos en el agua evitando incrustaciones.

– **Principales reacciones del sulfato de aluminio con la alcalinidad**

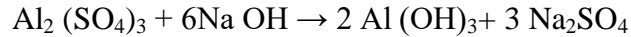
1) Sulfato de Aluminio (líquido o sólido)



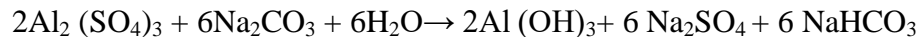
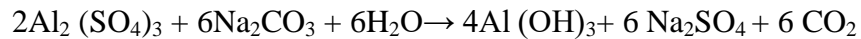
2) Sulfato de Aluminio + Cal



3) Sulfato de aluminio + soda cáustica



4) Sulfato de Aluminio + Carbonato Sódico



b) La floculación

Consiste en la formación de agregados mayores que los originados en la coagulación. Como agentes coagulantes se utiliza polielectrolitos orgánicos sintéticos, también existen floculantes naturales como: almidón, colas, taninos, gelatinas, gomas etc. Al añadir estos agentes las micelas se absorben en la superficie y se unen. Permitiendo que estas partículas se unan en agrupaciones superiores a la coagulación. Una vez formado los floculo deben reposar durante cierto tiempo en el depósito. (Cabildo, 2008).

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelve a formar en su tamaño y fuerzas óptimas (Andia, 2000). La rapidez con que esto ocurre depende del tamaño de las partículas con relación al estado de agitación del líquido, de la concentración de las mismas y de su “grado de desestabilización”, que es el que permite que las colisiones sean efectivas para producir adherencia (Andia, 2000). Normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas. En ella intervienen, en forma secuencial, tres mecanismos de transporte:

– **Floculación pericinética o browniana**

El movimiento natural de las moléculas de agua y está inducida por la energía térmica (Andia, 2000).

– **Floculación ortocinética o gradiente de velocidad**

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico (Andia, 2000).

– **Sedimentación diferencial**

Se debe a las partículas grandes, que al precipitarse colisionan con las más pequeñas, que van descendiendo lentamente, y ambas se aglomeran. Al disponerse el coagulante en la masa de agua y desestabilizarse las partículas, se precisa de la floculación pericinéctica para que las partículas coloidales de tamaño menor de un micrómetro empiecen a aglutinarse. (Richter y Carlos, 1981).

– **Factores que influyen en la floculación**

✓ **Concentración y naturaleza de las partículas**

La velocidad de formación del flóculo es proporcional a la concentración de partículas en el agua y el tamaño inicial de éstos.

✓ **Tiempo de detención**

La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de detención. Debe estar lo más cerca posible al óptimo determinado por medio de ensayo de Jarras, esto se puede lograr dividiéndolo la unidad de floculación en cámaras. Se puede decir que una eficiencia dada, se obtiene en tiempo cada vez menores a medida que se aumenta el número de cámaras en floculación en serie. Por razones de orden práctico en número de cámaras no puede ser muy grande, estableciéndose un mínimo de tres unidades (Richter y Carlos, 1981).

✓ **Gradiente de velocidad**

Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas. Existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del flóculo. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados (Richter y Carlos, 1981).

– **Tipo de floculante**

– **Sulfato Doble de Aluminio y Potasio**

Se conoce como alumbre a un tipo de sulfato doble compuesto por el sulfato de un metal trivalente, como el aluminio, y otro de un metal monovalente. También se pueden crear dos soluciones: una solución saturada en caliente y una solución saturada en frío. Generalmente se refiere al alumbre potásico $KAl(SO_4)_3 + 18H_2O$ (o a su equivalente natural, la calinita). El alumbre se utiliza como floculante coloidal en la limpieza de aguas residuales.

Una característica destacable de los alumbres es que son equimoleculares, porque por cada molécula de sulfato de aluminio hay una molécula de sulfato del otro metal y cristalizan hidratados con 12 moléculas de agua en un sistema cúbico. (Productos de laboratorio y acuicultura. Pag.1.4.)

Figura N°3: Sulfato doble de aluminio y potasio



Fuente: Productos de laboratorio y acuicultura

Tabla N°3: Características del tratamiento primario

Equipos	Características	Componentes eliminados	Remoción (%)
Sedimentadores o Decantadores			
Gravedad	Las partículas cambian de tamaño, aumenta de peso, su remoción es de acuerdo al tiempo a sedimentar, requiere regular área dependiendo del volumen, su costo es económico, mano de obra simple.	Arenas, sólidos en suspensión, lodos y efluente.	DBO ₅ 40 % DQO: 50% Sólidos Sedimentales 50 - 65 %, a 40%. Nitrógeno y Fósforo: 10 a 20%.
Coagulación - Flocculación			

Alta disponibilidad, bajo costo, flexibilidad de uso, generación de lodos, el rendimiento depende de la agitación, requiere energía constante, Costo regular por los químicos, alta velocidad de decoloración, alta eficiencia en eliminación de sólidos, y elevado costo para el tratamiento de lodos.	Coloides, Sólidos Suspendidos, Lodos Y Bacterias del 80 al 90 %.	Sólidos: 40% DBO ₅ y DQO: 20-40%
---	---	--

Fuente: FONAM (2010), Metcalf & Eddy (1998).

1.2.5.1.3. Tratamiento secundario

Procesos biológicos

El tratamiento secundario más común es un tratamiento biológico aeróbico seguido de una decantación secundaria. En un tratamiento biológico, las bacterias y otros microorganismos destruyen y metabolizan las materias orgánicas solubles y coloidales, reduciendo la DBO₅ y la DQO a valores inferiores a 100 mg/ℓ. La velocidad de degradación depende de que se hallen presentes los microorganismos adecuados (Rigola, 1989).

- **Los lodos Activos**

Es un proceso de tratamiento secundario, donde los microorganismos están suspendidos en el agua residual, formando lo que se llama licor mezclado. Luego de actuar en el tanque de aireación, la biomasa es casi totalmente separada en un sedimentador secundario, para luego ser reciclado al tanque de aireación. Se llaman lodos activados convencionales, cuando el reactor o tanque de aireación este totalmente mezclado y el proceso se ubica en la parte superior de la fase logarítmica, es decir produce un crecimiento neto de la biomasa y por lo tanto debe extraerse periódicamente el exceso (Rigola, 1989).

Este proceso es el más utilizado dentro de los procesos aeróbicos como tratamiento biológico de las aguas residuales industriales. Las lagunas aerobias son depósitos de poca profundidad, de menos de 1 m, donde se dejan las aguas residuales unos días, (no más de 10) y son de bajo costo (Cabildo, 2012, pág. 25).

- **Procesos anaeróbicos**

Consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Su aplicación principal es la estabilización de lodos concentrados producidos en el tratamiento de aguas residuales y en el tratamiento de desechos orgánicos concentrados industriales.

Algunos tratamientos anaeróbicos son los tanques sépticos y los reactores anaerobios que tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno ni movimiento. Su ventaja es que su instalación es menos costosa, no necesita oxígeno, su proceso es barato y el requerimiento de energía es menor (FONAM, 2010).

Tabla 4. Características del tratamiento secundario

Equipos	Características	Rendimiento	Remoción
Lodos activos			
	Aireación prolongada, bastante área, equipo de inyección de oxígeno, genera gran cantidad de lodos debido al crecimiento de bacterias, energía y mano de obra regular.	Eficiente remoción de materia orgánica y separación de sólidos.	Sólidos Solubles y DBO ₅ : 80- 90%
Procesos anaeróbicos			

Reactores	Admiten aguas residuales de mayor carga orgánica, costo de operación bajo, no necesita aporte de oxígeno, inversión alta, mayor tiempo de residencia en el reactor y genera mal olor de lodos.	Disminución de Materias Volátiles, Materia Orgánica, Concentración De Lodos. Remueve el DBO, DQO y Sólidos Solubles Totales.	DBO ₅ y DQO: 80-90% Sólidos Solubles: 90%
------------------	--	--	---

Fuente: FONAM (2010).

1.2.5.1.4. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario también se conoce como tratamiento avanzado, consiste en una serie de procesos destinados a conseguir una calidad de efluentes superior a la del tratamiento secundario, y los Objetivos de este tratamiento son: eliminación de gérmenes patógenos y de parásitos (desinfección), eliminación de color, eliminación de detergentes, eliminación de fosfatos, para evitar eutrofización de las aguas receptoras, eliminación total o parcial de compuestos nitrogenados (amoníaco, nitratos y nitritos), disminución del contenido en materias disueltas y en suspensión, reducción de la carga orgánica como el DBO₅ y la DQO aún después del tratamiento secundario (Cabildo et al, 2008,96).

- **Eliminación de sólidos en suspensión** Para eliminar los sólidos en suspensión se utiliza los procesos de microtamizados, filtración y coagulación. Los microtamizados se construyen mediante tambores rotativos. Donde el agua residual se elimina de forma continua en la parte inferior de un tambor, fluyendo hasta una cámara de almacenamiento de agua clara en la parte exterior. Con este proceso se consiguen eliminaciones del 70 al 90% de los sólidos en suspensión (SS). La filtración se utiliza para conseguir el rendimiento en la eliminación de

sólidos en suspensión de hasta un 99%, y como medios de filtración se utilizan la arena, grava, antracita y otros. Y para la coagulación se utiliza la alúmina, polielectrolitos, cal y otros reactivos químicos (Ramalho, 2013).

1.2.6. Lavandería de vehículos

La actividad de servicio automotriz comprende varios subsectores, de las cuales el servicio de lavado de vehículos se encuentra inmersa dentro de las actividades de mantenimiento vehicular, perteneciente a actividades de lavado y lustrado de vehículos automotores y de establecimientos de servicio, lavado, engrase y cambio de aceite.

Las máquinas de lavado han evolucionado con el paso del tiempo, antiguamente los lavados de vehículos se efectuaban a mano o con mangueras de agua. La evolución ha llevado al ahorro de agua y a la utilización de agua a presión que hace que arrastre el polvo y arranque mejor la suciedad adherida al vehículo. Se ha pasado de realizar todo el proceso de lavado con un solo tipo de agua a tener la posibilidad de usar diferentes calidades de agua. Actualmente la práctica totalidad de las instalaciones de lavado funcionan con al menos dos tipos de agua (red para la fase de lavado y desmineralizada para las fases de enjuague y encerado) pudiendo utilizarse en otros casos agua descalcificada. Asimismo, debido a las exigencias medioambientales actuales, cada vez más se reutilizan parte de las aguas residuales depuradas como aguas recicladas en algunas fases del lavado, llegando a ahorrar de un 20 hasta un 75% del agua de consumo de estas instalaciones. Por otro lado, las instalaciones de lavado también han evolucionado en su nivel de automatización. La evolución técnica ha llevado a tres tipos de instalaciones de lavado: boxes, puentes y trenes de lavado, cuyas características se describen en la sección correspondiente. (SDA 2010).

1.2.6.1. Tipos de lavanderías vehiculares

El lavado de vehículos puede ser manual o mecánico.

La siguiente figura muestra los diferentes tipos de lavanderías vehiculares.

Figura N° 4: Tipos de lavanderías vehiculares



Fuente: Instalaciones de Lavado de Vehículos, Gob. de España. Capítulo 12.

1.2.6.1.1. Lavado manual

El lavado manual o también llamado “box de lavado” se compone de un compresor que impulsa el agua y una pistola de lavado con la que se debe lavar el vehículo y luego se enjuaga. Se estima que el lavado medio por box puede ser de 7 vehículos /h por pista. En cada lavado se cuenta aproximadamente con que 2,5 min son para el lavado con agua caliente (descalcificada, con jabón), 1,5 min son para el enjuague con agua de red o pozo (agua sin descalcificar) y 1,5 min para el enjuague final con agua desmineralizada. El caudal de las bombas (tanto de agua caliente, red o pozo y desmineralizada) es de aproximadamente 11 ℓ /min.

1.2.6.1.2. Lavado mecánico

El lavado mecánico puede ser de dos tipos:

1.2.6.1.2.1. Puente de lavado

Puente de lavado, en el que una estructura con rodillos de cepillos y boquillas de agua a presión se mueve hacia delante y detrás del vehículo, el cual permanece estático. Se estima que el lavado medio por puente es de unos 10 vehículos/h. En este tipo de instalaciones se consumen aprox.100 ℓ / vehículo en la fase de lavado (con

detergente) con agua de red, pozo o reciclada. En la fase final de enjuague con agua de red o desmineralizada se consumen unos 25 ℓ/ vehículos. Si se enjuaga con agua desmineralizada hay que tener en cuenta que para generar en las membranas de osmosis 25 ℓ de agua desmineralizada hay que verter al desagüe otros 25 ℓ de rechazo (este valor puede variar en función de las características del agua).

1.2.6.1.2.2. Túnel o tren de lavado

Túnel o tren de lavado que en el que el vehículo es transportado automáticamente por el interior de un túnel en el que están dispuestos los rodillos de cepillos y las boquillas de agua a presión. El número de vehículos/h que lava un tren es muy variable según el modelo de máquina, pudiendo ir desde 20 vehículos/h hasta 100 vehículos/h. El consumo de agua también es muy variable debido a la gran variabilidad de configuraciones que pueden darse (más o menos módulos de cepillos, altas presiones, lavados de bajos).

Se necesita de la presencia de personas para introducir el vehículo en la pista de lavado e incluso como paso previo al lavado, para ablandar la suciedad con una pistola de agua a presión.

Este sistema es bastante frecuente, sin embargo, tiene grandes desventajas. Los materiales que se usan para limpiar el auto son deficitarios, la razón es que los túneles cuentan con grandes rodillos que presionan y limpian el exterior del vehículo. Los rodillos sufren un desgaste y utilizan gamuzas que con el tiempo desgastan la pintura del vehículo. Además, también pueden provocar arañazos y romper antenas ya que los rodillos ejercen una gran presión en los vehículos.

Aunque mucha gente opta por lavar sus vehículos en un túnel de lavado por la rapidez y comodidad que genera, lo cierto es que a largo plazo la pintura del vehículo lo acaba sufriendo.

1.2.6.1.2.3. Lavado ecológico

Es un método de lavado vehicular sin desperdiciar agua, una sesión tarda alrededor de 40 min para limpiar tu auto por dentro y por fuera. Los resultados finales serán muy

satisfactorios. Por si fuera poco, el consumo de agua es ínfimo, apenas gasta 0,15 ℓ en todo el proceso. Otro punto positivo, es que los productos utilizados son Eco-Amigables y están elaborados con insumos biodegradables que no generan impacto negativo en el medio ambiente. Este método lava y encera siendo ideal para el mantenimiento de la pintura del vehículo ya que apenas la desgastará y logrará conservar el aspecto nuevo de los vehículos por mucho tiempo.

1.2.7. Las Plantas de tratamiento de lavanderías de vehículos

Se han diseñado para tratar el agua que se genera del lavado de vehículos (Cáceres, 2015).

Elementos que la componen:

- Desarenador.
- Tubería de conducción.
- Trampa de grasas y lodos.
- Bomba de impulsión inicial

1.2.8. Sistema de recirculación de agua.

Recirculación está vinculado con volver a impulsar la circulación de algo que se encuentra dentro de un mismo sistema o circuito. Los sistemas de recirculación de agua son ampliamente conocidos y utilizados en la industria, el agua utilizada es un proceso productivo que no requiere altos estándares de calidad para ser reutilizada, basta con cumplir los lineamientos básicos de la necesidad.

1.2.9. Planta de tratamiento de aguas residuales con recirculación o reutilización.

Es una estación de lavado de vehículos básicamente consiste en que el agua sucia procedente del lavado de vehículos es recogida por el cárcamo y llevada a las trampas de grasas y desarenador luego es almacenada en un tanque del cual se bombea a la Planta de Tratamiento, la cual realiza los procesos de mezcla rápida de floculante,

floculación, sedimentación y filtración y se obtiene agua tratada para reusarse nuevamente en el proceso.

1.2.10. Producción más limpia

Consiste en la aplicación continua de una estrategia de prevención ambiental a los procesos y a los productos con el fin de reducir riesgos tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. Es una estrategia flexible, que permite su aplicación a cualquier actividad económica. En los servicios la producción más limpia reduce el impacto ambiental del servicio durante todo el ciclo de vida, desde el diseño y uso de sistemas, hasta el consumo total de los recursos requeridos para la prestación del servicio. (SDA, 2010).

1.2.11. Diseño en ingeniería

Está definido como el proceso de concepción de un sistema para satisfacer necesidades o resolver problemas presentes en la sociedad mediante toma de decisiones. El diseño como tal debe ser fundamentado en base a establecimientos de objetivos y especificaciones, síntesis, análisis, construcción, pruebas y evaluación. Además, genera destrezas y habilidades, considerando las restricciones reales como: factores económicos, seguridad, estéticos, innovador, confiable y útil. (García, Fundamentos del diseño mecánico)

1.2.11.1 Fases del proceso de diseño.

- ✓ Identificar las necesidades que presenta el problema para brindarle una solución.
- ✓ Definir el problema en función de la necesidad.
- ✓ Plantear el esquema para dar solución a la necesidad.
- ✓ Estudio de factibilidad.
- ✓ Diseñar de forma preliminar el equipo o sistema en relación con características generales de cada elemento.

(Budynas. Richard G, Nisbett. J Keith, (2008)

MARCO LEGAL

1.3.1. Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (CPE).

- **Artículo 33**

Personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado, para permitir un desarrollo de manera normal y permanente.

- **Artículo 342**

Deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y de biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

- **Artículo 345**

Políticas de gestión deben basarse en: planificación y gestiones participativas con control social; aplicación de los sistemas de evaluación de impacto ambiental y el control de calidad ambiental, sin excepción y de manera transversal a toda actividad de producción de bienes y servicios que use, transforme o afecte a los recursos naturales y medio ambiente; y responsabilidad por ejecución de toda actividad que produzca impactos negativos al medio ambiente y su sanción civil, penal y administrativa por incumplimiento de las normas de protección al medio ambiente

- **Artículo 375**

El Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos

1.3.2. Ley del Medio Ambiente (Ley N° 1333, 1992)

- **Artículo 83**

Indica que las universidades autónomas y privadas orientaran programas de estudio en la perspectiva de contribuir al logro de desarrollo sostenible y protección del medio ambiente.

- **Artículo 98**

El control de calidad ambiental tiene como objetivos preservar, mejorar, prevenir y restringir ciertas actividades que causarían daño al medio ambiente y a los pobladores.

CAPITULO V

DEL REUSO DE AGUAS

- **Artículo 67**

El reúso de aguas residuales crudas o tratadas por terceros, será autorizado por el Prefecto cuando el interesado demuestre que estas aguas satisfacen las condiciones de calidad establecidas en el cuadro N° 1 -Anexo A- del presente Reglamento.

- **Artículo 68**

Los fangos o lodos producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales que hayan sido secados en lagunas de evaporación, lechos de secado o por medios mecánicos, serán analizados y en caso de que satisfagan lo establecido para uso agrícola, deberán ser estabilizados antes de su uso o disposición final, todo bajo control de la Prefectura.

1.3.4. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH)

En Título IV, Capítulo V, Del reusó de aguas

Determina los procesos de prevención y control de la contaminación hídrica, y los procedimientos y entidades encargadas del monitoreo y la evaluación de los cuerpos receptores de agua y de las descargas de aguas residuales crudas. Establece una clasificación de los cuerpos de agua, monitoreos periódicos e infracciones y sanciones.

- **Artículo 1**

Referente a la prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco del desarrollo sostenible.

- **Artículo 13**

La Autoridad Ambiental Competente realizará inspecciones sistemáticas de acuerdo con el Reglamento de Prevención y Control Ambiental. Las inspecciones incluirán monitoreo de las descargas de aguas residuales crudas o tratadas para verificar si los informes de caracterización a los que hace referencia el presente Reglamento son representativos de la calidad de las descargas.

- **Artículo 71(fuentes)**

Con el objeto de regular las actividades de las industrias que puedan contaminar el medio hídrico, se consideran de prioritaria atención y control las siguientes fuentes:

- Procesos que generen residuos líquidos
- Procesos térmicos que utilicen agua
- Vertido o derrame de líquidos
- Operaciones de limpieza de materias primas, equipos y ambientes

- **Artículo 72 (Esfuerzos)**

La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que puedan generar sus descargas, debiendo realizar esfuerzos en:

- La segregación de sus diferentes descargas líquidas en origen, con el objeto de reciclar y reutilizar las mismas.
- La optimización de sus operaciones y procesos además del adecuado mantenimiento de sus equipos.
- La captura, conducción y tratamiento de derrames.
- La recirculación de las sustancias utilizadas hasta su agotamiento.
- Uso eficiente del agua en los procesos térmicos.

- La incorporación de sistemas correctivos de la contaminación, después de agotarse las medidas de producción más limpia.
- Los esfuerzos de la industria deberán reflejarse en los Planes de Manejo Ambiental, Informes Ambientales Anuales, renovación del formulario RAI. Los esfuerzos de la industria se evalúan a través del Sistema de Evaluación y Revelación de Información (SERI).

- **Artículo 73. (control priorizado)**

La industria priorizará en el control de sus descargas, los siguientes parámetros: Potencial de hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

- **Artículo 74 (Límites Permisibles)**

La industria debe cumplir con los límites permisibles para descargas en cuerpos de agua.

- **Artículo 75 (Automonitoreo)**

La industria debe realizar automonitoreo de todos los parámetros que puedan ser generados por sus actividades como descargas.

- **Artículo 76 (Disposición De Descargas)**

Las industrias tienen las siguientes posibilidades para disponer sus descargas:

- a) Conectarse a un sistema de alcantarillado autorizado para descargas industriales, de acuerdo a contrato de descarga entre la industria y la Entidad Prestadora de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA).
- b) Transportar a una planta de tratamiento o a un punto de descarga de alcantarillado industrial autorizado, de acuerdo a contrato de descarga entre la industria y EPSA.
- c) Descargar a un cuerpo de agua superficial en un volumen menor o igual a un quinto (1/5) del caudal promedio del río o arroyo en época de estiaje, cuando se cumple con lo establecido en el Anexo 13-A, previa autorización de la IADP. Si, existieran descargas instantáneas mayores a

un quinto (1/5), pero menores a un tercio (1/3) del caudal, la IADP podrá en forma excepcional autorizar las mismas previo estudio justificado.

- d) Transferir a terceros cuando se cumplan con los límites permisibles establecidos en el Anexo 13-A.
- e) Recargar o inyectar a un acuífero, solamente cuando no exista sistema de alcantarillado o cuerpo de agua superficial.

Para optar a las opciones de los incisos c), d) y e), las industrias deberán contar con la caracterización de sus efluentes a través de un auto monitoreo y mantener un registro disponible para las inspecciones de la autoridad.

1.3.5. Reglamento Ambiental Del Sector Industrial Manufacturero -RASIM

- **Artículo 12 (Responsabilidad)**

La industria es responsable de la contaminación ambiental que genere en las fases de implementación, operación, mantenimiento, cierre y abandono de su unidad industrial, de acuerdo con lo establecido en el presente Reglamento.

- **Artículo 13 (Producción Más Limpia)**

La industria será responsable de priorizar sus esfuerzos en la prevención de la generación de contaminantes a través de la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a procesos, productos y servicios, de manera que se aumente la eco-eficiencia y se reduzcan los riesgos para el ser humano y el medio ambiente.

- **Artículo 14 (Integralidad)**

Las acciones de protección al medio ambiente que efectúe la industria deberán ser compatibles con la calidad del ambiente ocupacional y la protección de la salud de sus trabajadores. La reducción de la contaminación de un factor ambiental no deberá afectar negativamente en mayor grado a otros factores ambientales.

1.3.6. SEMAPA. (sf). Reglamento de descarga de aguas residuales industriales.

En Capítulo III, Clasificación de los desechos industriales

Actividades Industriales (I)

El contrato de Concesión SEMAPA – SISAB, 2002, establece que pertenecen a esta categoría los usuarios cuyo predio es utilizado para negocio y el agua para negocio. Comprenden talleres mecánicos, talleres artesanales, fábricas, curtiembres, panaderías.

Las descargas de sus efluentes varían en caudal y características comparadas con las descargas domésticas. Estas actividades requieren de tratamiento primario para hacer sus descargas en el sistema de alcantarillado de SEMAPA

Clasificación de las Actividades Comerciales Especiales (industrias que descargan contaminantes)

Límites permisibles de descarga de aguas residuales no domésticas

A continuación, se establecen los criterios

- Sean de características similares a las aguas residuales domésticas
- No presenten contaminantes inhibidores de crecimiento bacteriano
- No presenten sustancias que causen deterioro al material del alcantarillado
- No causen un impacto negativo en la eficiencia de los procesos de tratamiento de las aguas residuales que utiliza SEMAPA.

El Cuadro 4 presenta los límites máximos permisibles para descargas de actividades Comerciales, Especiales, Industriales, Comerciales y Lodos de las ETRL's al sistema de alcantarillado sanitario.

Tipo de Control

Se dividió el cuadro de acuerdo al tipo de control que se realizará según la actividad y a disposiciones establecidas por SEMAPA, basadas en los criterios señalados en el párrafo anterior.

- **Mínimo:** Son parámetros básicos mínimos que se realizarán para verificar la calidad de las aguas residuales que descargan las Actividades Comerciales Especiales, Industriales, Comerciales y ETRL's.
- **Complementario:** Son parámetros que serán evaluados según las características de la Actividad, pudiendo algunos casos considerarse parámetros mínimos de monitoreo. Podrán ser requeridos por SEMAPA cuando se vea conveniente
- **Especial:** Parámetros que por las Características Especial de la Actividad tienden presentarse en las aguas residuales que descarga la actividad. SEMAPA podrá exigir a la Actividad realizar análisis de laboratorio bajo supervisión de SEMAPA.

Límites Permisibles Empresas Transportadoras, Recolectoras de Lodos (ETRL's)

Se detallan los parámetros de control para los lodos de las Empresas Transportadoras, Recolectoras de Lodos (ETRL's).

Relación DBO5/DQO: Posibilidad de tratamiento Límite permisible

- 0.6 Fácil de tratar biológicamente.
- 0.4 Accesible al tratamiento biológico.
- <0.3 La purificación biológica sola ya no es suficiente: Valores menores a 0.3 Son considerados infracciones leve pasibles a sanción.
- <0.2 Inaccesible al Tratamiento biológico o necesitan adaptación. Constituida fundamentalmente por compuestos no degradables por medios biológicos: Valores menores a 0.2 Son considerados infracciones graves pasibles a sanción.
- Ambiente tóxico que no permite adaptación: Valores menores a 0.1 Son considerados infracciones gravísimas pasible a sanción

* Incumplimiento del límite permisible de uno o más parámetro referente a metales pesados será considerado como infracción gravísima (Límites RMCH de la Ley 1333).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el estado Plurinacional de Bolivia, está situada en el corazón de América del Sur, entre los 57° 26' y 69° 38' de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9° 38' y 22° 53' de latitud sur, abarcando más de 13 grados geográficos. Limita al norte y noreste con Brasil, al noroeste con Perú, al sudeste con Paraguay, al sur con la Argentina y al oeste y sudoeste con Chile. Tiene una superficie de 1.098.581 m². (Embajada de Bolivia en España).

Su división política administrativa resulta que está dividido en:

- 9 Departamentos.
- 112 Provincias..
- 314 Secciones de Provincias.
- 1.384 Cantones.

Figura N°5 :Ubicación geográfica del area de estudio a en el país.



Fuente: World Map

El Departamento de Tarija se encuentra al Sur de Bolivia, entre las coordenadas geográficas latitud: -21.5214 , longitud: -64.7281 $21^{\circ} 31' 17''$ y sur, $64^{\circ} 43' 41''$ oeste a una altura de 1.876 m. Está ubicado en el extremo sur-sureste del país, limitando al norte con Chuquisaca, al este con la República del Paraguay hasta el triffinio Hito Esmeralda donde comienza su frontera sur con la República Argentina, y al oeste con Potosí. Con 37.623 km² es el Departamento menos extenso, con 482.196 es el tercero menos poblado.

Figura N° 6: Ubicación geográfica del área de estudio en el Departamento.

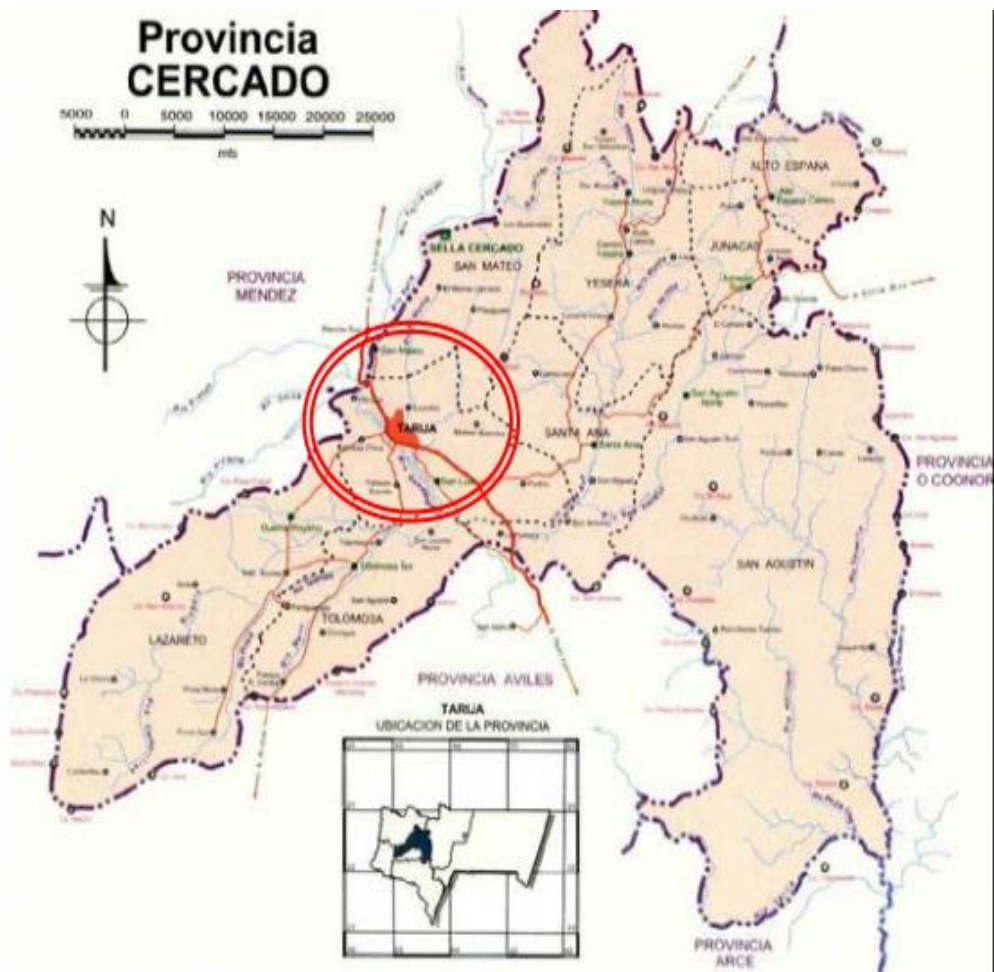


Fuente: Worl Map.

La Provincia Cercado, se encuentra situada en el centro del Departamento de Tarija, este se encuentra ubicado en el continente Sudamericano, entre los paralelos $21^{\circ} 00'$ y $22^{\circ} 50'$ de latitud sur y los meridianos $62^{\circ} 15'$ y $65^{\circ} 20'$ de longitud Oeste de la línea de Greendwich.

Con una superficie de 37.623 km², cubre el 3,42% del territorio nacional, con características geográficas variadas y relieves que van desde los 4.000 msnm hasta los 300 msnm, que determinan la variabilidad de su clima frío y seco en la zona alta, templado y temporalmente húmedo en los valles sub andinos y cálido seco y cálido húmedo en la llanura chaqueña, y sus características fisiográficas, se divide en cuatro grandes unidades: El Altiplano tarijeño, Los valles interandinos, El Valle Central donde se encuentra la Provincia Cercado, y El Chaco Tarijeño. (Plan de Desarrollo Municipal 2010 - 2019).

Figura N°7: Ubicación geográfica del área de estudio en la Provincia.



Fuente: Worl Map.

El presente trabajo se desarrollo en la Lavandería Vehicular Multiservi, se encuentra ubicado en el Distrito 6, sobre la calle Perú y Daniel Zamora dentro del area urbana en el Departamento de Tarija, Provincia Cercado.

- **Coordenadas:**

Latitud: 21°31'18.7"

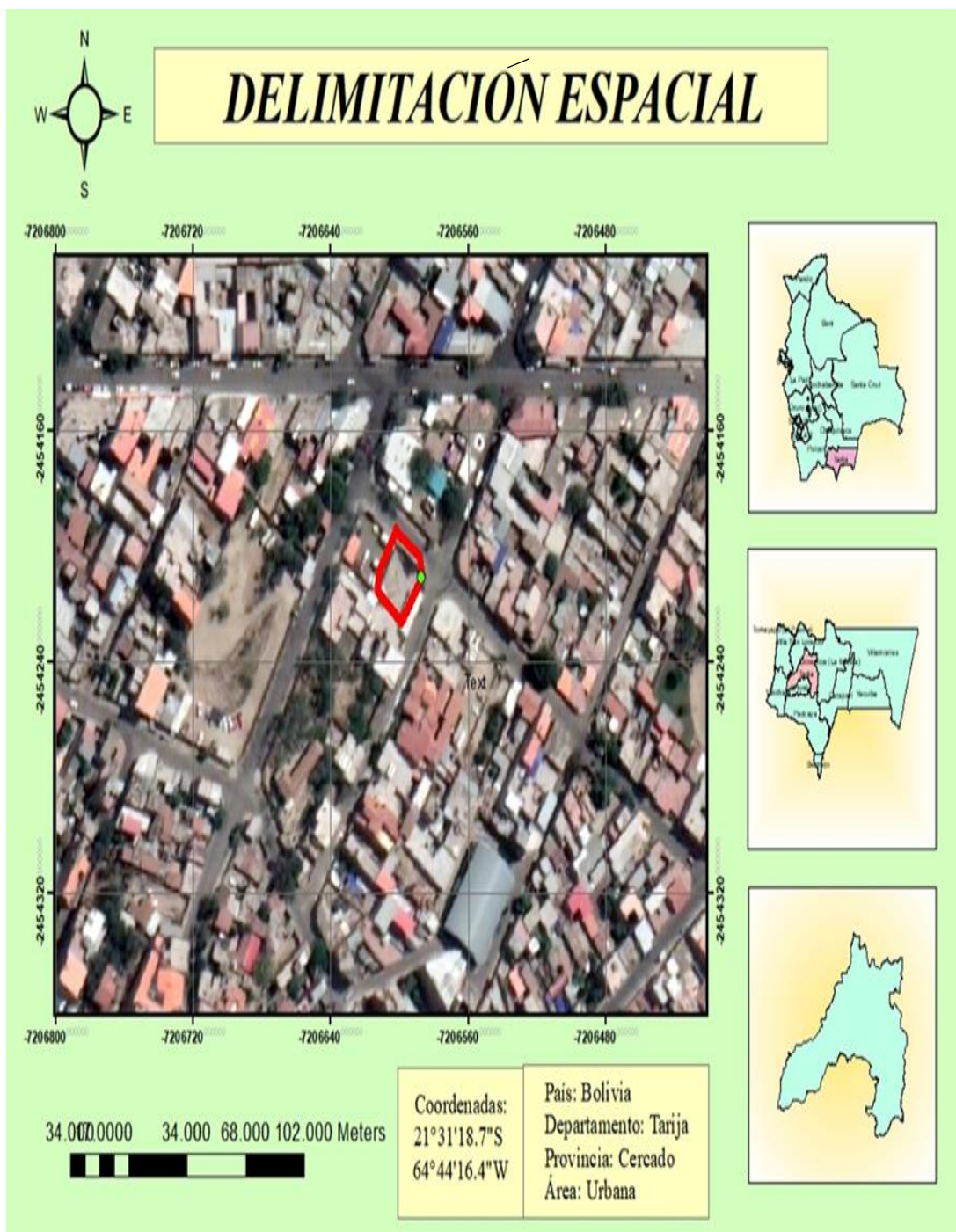
Longitud: 64°44'16.4"

Figura N° 8: Ubicación del área de estudio dentro de la Mancha Urbana del Municipio de Cercado



Fuente: Google Eart, 2021.

Figura N° 9: Ubicación geográfica del área de estudio en el País, Departamento, Provincia y área específica de estudio.



Fuente: SAS PLANET 2021.

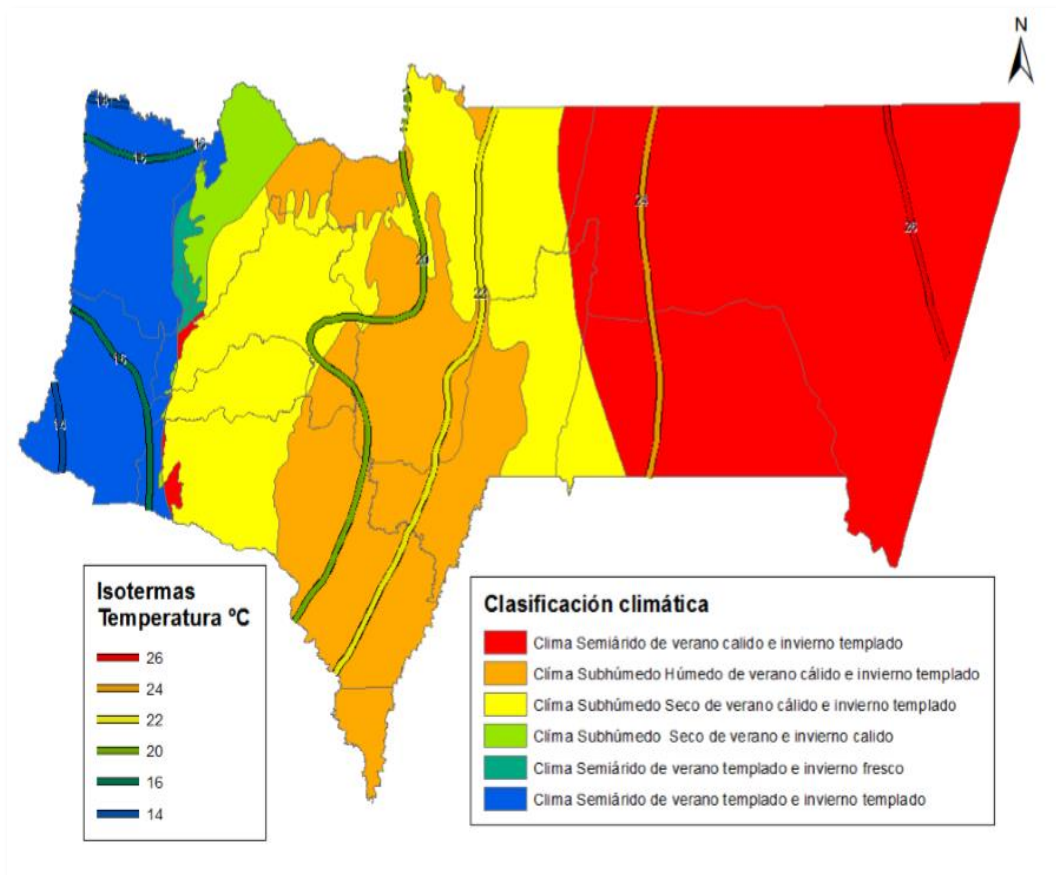
2.2.2. Características físicas del área de estudio

- **Clima**

Según el PTDIT 2016-2020 Tomo I el Departamento de Tarija, Provincia Cercado corresponde a la zona Valle Central y Subandino Norte el cual pertenece al clima subhúmedo seco en verano cálido e invierno templado con una temperatura promedio de 22°, siendo la media anual de 17,4°C, la máxima media de 25,5°C, mínima media de 9, 4°, mientras que la temperatura máxima extrema alcanzo los 39,4°C y la mínima extrema fue de -10,0°C.

Las condiciones macro climáticas se caracterizan por su marcada estacionalidad de las precipitaciones pluviales, determinando dos periodos con alto contraste, el húmedo o lluvioso de Noviembre a abril y el seco de Mayo a Octubre. (Gutiérrez Karen, 2015).

FIGURA N° 10: Clima con Datos de Temperatura



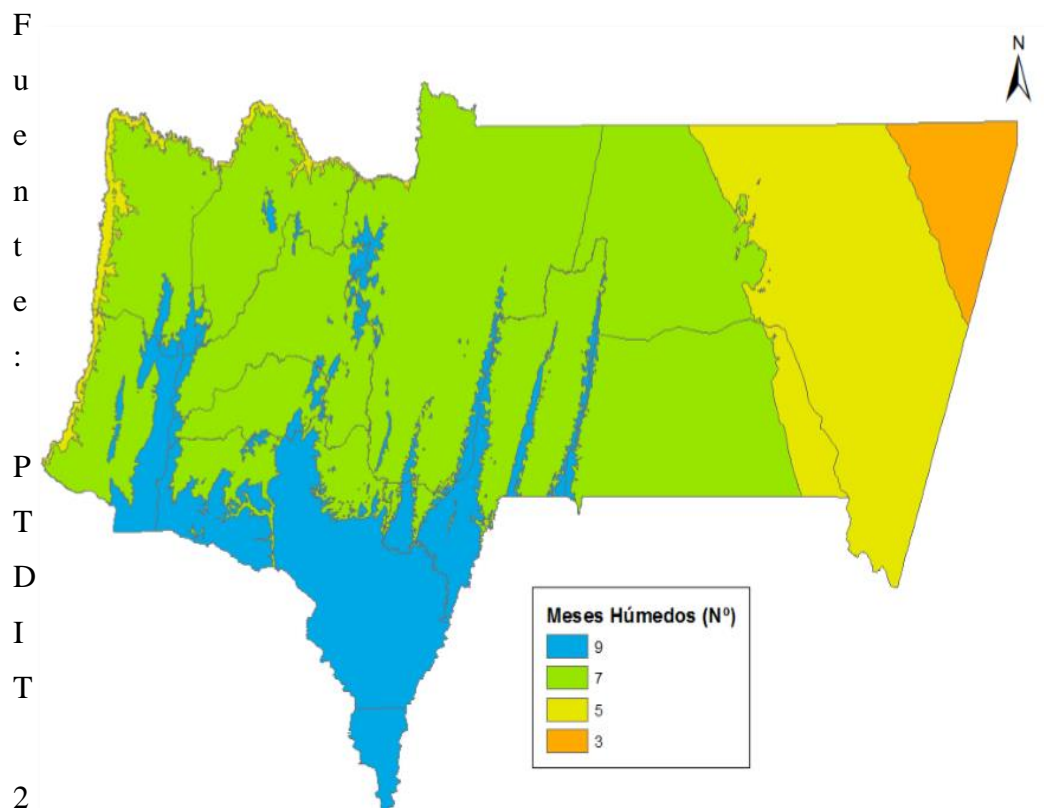
Fuente: PTDIT 2016-2020 Tomo I

- **Precipitación**

La distribución mensual de las precipitaciones de acuerdo a los sistemas de vida en la Provincia Cercado este alrededor de los 7 meses y en partes muy focalizadas con 9 meses. Se alberga en total 18 estaciones pluviométricas, las cuales se utilizaron para determinar la precipitación media anual, dando como resultado una precipitación de 683,8 mm/año. Sin embargo, la precipitación media anual radio urbano es 611,8 mm/año, valor resultado del promedio de dos estaciones ubicadas en la ciudad.

La época lluviosa se da en el periodo de octubre hasta abril, caracterizado por precipitaciones cortas con frecuencia e intensidad variable, mientras en el periodo restante (mayo-septiembre) época de estiaje, el déficit de agua en los acuíferos y los drenajes naturales es muy notorio. (Gutiérrez Karen, 2015).

FIGURA N° 11: Distribución Mensual de la Precipitación



016-2020 Tomo I.

- **Potencial hídrico**

De manera general, se observa diferencias marcadas en el potencial hídrico de los subsistemas hídricos del Departamento, debido a las diferencias de precipitación que existen en las tres provincias fisiográficas. En lo que corresponde al Valle Central, se tienen caudales específicos que van desde 4,51 hasta 10,2 $\ell/s \text{ km}^2$, con valores promedio de aproximadamente 7,54 $\ell/s \text{ km}^2$. Las cuencas que están ubicadas en el sector del Subandino, presentan caudales mayores a 10,5 hasta casi 22 $\ell/s/ \text{ km}^2$. En la cuenca alta los caudales específicos presentan valores de 4,2 - 4,9 $\ell/s/ \text{ km}^2$. El Río Bermejo, de manera general, presenta valores de disponibilidad importantes, con caudales que varían de 7,7 hasta 21,2 $\ell/s/ \text{ km}^2$. El potencial hídrico es importante y suficiente para permitir la construcción de sistemas de riego, asociados a obras de regulación, en la mayoría de los valles con potencial de tierras para ser regadas.

En este marco, los principales ríos del Departamento, desde el punto de vista de su potencial para el aprovechamiento con fines de riego, consumo humano y generación de energía eléctrica, son:

- Río Pilcomayo (sistema del Pilcomayo).
- Río Bermejo (sistema Bermejo).
- Río Tarija (sistema del Bermejo).
- Río Pilaya (sistema del Pilcomayo).
- Río San Juan del Oro (sistema del Pilcomayo).
- Río Guadalquivir (sistema del Bermejo).
- Río Camacho (sistema del Bermejo).
- Río Salinas (sistema del Bermejo).
- Río Yuquirenda (sistema del Pilcomayo y subsistema de la llanura chaqueña).

El consumo humano de agua de acuerdo a las zonas del departamento de Tarija, advierte que la zona de mayor consumo es el Valle Central que representa el 52% del total y al interior asciende a 87% en el área donde habitan las familias

de los municipios de Cercado, San Lorenzo, Uriondo y Padcaya. (PDOT TARIJA 2006 – 2025).

- **Topografía**

La ciudad de Cercado tiene una superficie de 2.638 km², la superficie territorial municipal es predominantemente empinada, un 57% es extremadamente escarpada (> a 60% de pendiente), 18% fuertemente escarpado (30 a 60% de pendiente) y un 5% moderadamente escarpado (15 a 30% de pendiente), es decir que un 80% de su superficie territorial no es apta para la producción agropecuaria y tampoco para ser habitada de forma extensiva. Existen en estas áreas pequeños valles aluviales que albergan poblaciones y parcelas productivas reducidas, que, por las condiciones de difícil acceso, tanto para el transporte como para la dotación de servicios el nivel de productividad es de supervivencia. De manera que la ciudad de Cercado cuenta con aproximadamente un 20% de terreno apto para producir alimentos que garanticen abastecimiento alimentario a la población de la ciudad y sus centros poblados aledaños que representan el 42,5% del total de la población departamental.

El crecimiento de la ciudad de Cercado está ejerciendo mayor presión, hacia el Suroeste es decir en San Andrés y Turumayo, en el que se encuentran las áreas de recarga acuífera, reservas hídricas de la ciudad a futuro y las áreas agropecuarias que al presente abastecen de alimentos a la ciudad, es preciso frenar este eje de crecimiento; otro eje de crecimiento nocivo es el que se produce hacia el Noroeste y que está generando una conurbación inter-municipal con San Lorenzo absorbiendo los centros poblados de Tomatitas y El Rancho eliminando paulatinamente las áreas agrícolas existentes en este municipio, el tercer y último eje de crecimiento es provocado por la dinámica generada por la carretera hacia Bermejo y el Chaco hacia el Sureste, incorporando a El Portillo a la Mancha Urbana de Tarija. (PTDIT 2016-2020 Tomo I).

A nivel de Provincia, el área urbana genera el 65% del PIB del Municipio, y el área rural, el 35%

2.2. MATERIALES

2.2.1. Material de Campo

- **Aforo de caudales método volumétrico caída del desarenador**
 1. Cámara fotográfica digital.
 2. Recipiente de 3ℓ.
 3. cronometro.
 4. Tablero.
 5. Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafo, etc.).
 6. Equipo de protección personal.
- **Toma de muestra**
 1. Guantes.
 2. Neveras de icopor o poliuretano con suficientes bolsas de hielo para mantener una temperatura.
 3. 3 frascos 500 ml para muestras debidamente etiquetados.
 4. 4 botellas (PET) de 2 ℓ debidamente Etiquetados.
 5. Embudo.
 6. Jarra.
 7. Equipo de protección personal.
 8. Formulario de muestreo.
 9. Cámara fotográfica digital.
 10. Tablero.
- **Material de laboratorio**
 1. Balanza analítica.
 2. Agitador.
 3. Equipo Test Jarra (2 ℓ).
 4. pH metro.
 5. Embudo.
 6. Vaso precipitado.
 7. Cronómetro.

8. Papel Filtro.
9. Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafo, etc.).

- **Encuesta y entrevista**

1. Cámara fotográfica digital.
2. Tablero.
3. Material de escritorio (encuestas, libreta de campo, bolígrafo, etc.).
4. computadora.

2.2.2. Material de gabinete

1. Computadora.
2. Memoria USB 8 Gb.
3. Impresora.
4. Software (Word, Excel).
5. Material de escritorio (libreta de campo bolígrafos, lápices, tajador, etc.).

2.3. METODOLOGÍA

El presente trabajo tiene una línea de investigación de carácter descriptivo, cualitativo, cuantitativo y analítico.

2.3.1. Descriptiva

Con el método descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Samperi R.2014).

Esta metodología se utilizó para realizar el diagnóstico del estado actual de la lavandería donde se observará todas operaciones unitarias y posteriormente describir cada proceso con la recopilación de la información de las variables en estudio, sin influenciar en ninguno de ellos.

Se describirá el sistema a implementar, que tendrá la capacidad de recuperar el agua utilizada en el lavado de vehículos. Esto en busca de una solución y evitar el desperdicio de agua potable.

2.3.2. Cualitativa

El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados. Utiliza la recolección y análisis de datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. (Samperi R.2014).

Es una técnica que se apoya en describir hechos, mediante un estudio que los participantes experimentan.

El objetivo de la utilización de esta metodología es lograr identificar como se manifiestan las distintas situaciones a partir de los datos obtenidos con los instrumentos como entrevistas, observación, registros, documentos. Es de esta manera que se llegara a reflexionar y comprobar por los datos recopilados del significado del problema de la investigación, la conveniencia de una tecnología de tratamiento y reutilización de aguas residuales en una lavandería de vehículos.

2.3.3. Cuantitativa

Recoge información empírica (de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir) y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado. (Behar D.2008).

Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamientos y probar teorías y reflejar la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación. (Samperi R.2014).

Con este enfoque metodológico se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio de las muestras que fueron tomadas de la cámara colectora y cámara filtro.

2.3.4. Analítico

Es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (Ruiz, 2007).

Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis) y se analizaran los datos recopilados (Tijuana, Fundamentos de la investigación).

A base de este método se plantea comprobar los diversos datos e información que se obtendrán de la investigación de campo y el análisis de los parámetros físico químicos del agua residual a tratar, con el objetivo de diseñar el sistema de tratamiento acorde para la reutilización del efluente.

2.4. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

Como primera medida se realizará una reunión con la administración del sitio explicando la pretensión del diagnóstico y evaluación de procesos que se están realizando en el establecimiento entorno al recurso hídrico utilizado en el lavado de vehículos, los objetivos a alcanzar y el beneficio que tendría el establecimiento al desarrollar el documento.

Con el aval y colaboración de la administración se realizaron varias visitas a la Lavandería Multiservi y se obtuvo reuniones con representantes de personal de

operación y administración para la aplicación de los siguientes instrumentos de recopilación de datos.

2.4.1. Observación

Es una técnica que se utiliza cuando el investigador corrobora y verifica los datos y la información sobre la situación real del problema, esta se define como el registro visual de lo que ocurre en una situación real consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia. (Canales, 1996).

Según Lidia Diaz San Juan la observación se clasifica en observación científica y observación no científica.

En el presente trabajo de investigación se aplicará la Observar científica que significa observar un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe que es lo que desea observar y para que quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación, así mismo dicha observación tiene una modalidad de observación directa la cual el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar.

Esta técnica de investigación Permitió familiarizarse con los componentes de estudio, anotar y analizar las actividades que realizan los operarios, el proceso y funcionamiento de la planta de tratamiento y recirculación de agua residual.

• Herramientas de la observación

1. Cámara fotográfica.
2. Libreta de registros y observaciones.
3. Ficha de observación.
4. Lista de Chequeo.

2.4.2. Entrevistas

Es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto. (Canales, 1996).

Se realizó una conversación con el personal de acuerdo a la posición que ocupa en el establecimiento con una serie de preguntas abiertas y cerradas que permiten dar mayor claridad de las respuestas dadas por los entrevistados respecto a sus responsabilidades, actividades y conocimiento que tenga sobre la Lavandería Multiservi.

Según Canales Cerón M. la entrevista tiene una clasificación de acuerdo a su planeación corresponde a tres tipos: entrevistas estructuradas o enfocadas, entrevistas semiestructurada y la Entrevistas no estructuradas.

En el presente trabajo se establecerá la entrevista estructurada como guía base para cumplir los objetivos del presente trabajo, ya que la entrevista estructurada realiza preguntas fijas de antemano, con un determinado orden y contiene un conjunto de categorías u opciones para que el sujeto elija. Se aplica en forma rígida a todos los sujetos del estudio. Tiene la ventaja de la sistematización, la cual facilita la clasificación y análisis, asimismo, presenta una alta objetividad y confiabilidad. Su desventaja es la falta de flexibilidad que conlleva la falta de adaptación al sujeto que se entrevista y una menor profundidad en el análisis.

- **Herramientas de la entrevista**

Se realizó cuestionarios con formato de preguntas abiertas y cerradas presentados al personal según corresponda y que fueron devueltos con las respuestas dadas.

Se diseñó un cuestionario que contiene las preguntas o variables de la investigación y en la que registran las respuestas de los encuestados, el diseño del cuestionario es sencillo.

Para la elaboración del cuestionario es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. La forma de las preguntas.
2. Preguntas abiertas.
3. Preguntas categorizadas.
 - a. Preguntas con respuestas en blanco.
 - b. Preguntas de estimación.
4. Métodos de formular preguntas.
5. Claras y precisas de fácil comprensión.
6. Contener una sola idea.
7. Utilizar un lenguaje adecuado y respetando el lenguaje del grupo entrevistado.
8. entrevistado.
9. Deben evitarse los términos vagos (mucho, poco, etc.).

2.2.3. Recopilación bibliográfica

Consiste en la revisión de material bibliográfico existente con respecto al tema a estudiar, permite la elaboración de las bases teóricas de la investigación, en esta fase se acude a todas las fuentes posibles, biblioteca, instituciones a fines, salas de estudio tratando de ubicar información sobre el tema, revisando: libros revistos, periódicos, tesis, guías. (Hurtado,1996).

Se trata de uno de los principales pasos para cualquier investigación e incluye la selección de fuentes de información. Para este trabajo de investigación se usó medios de registros escritos como documentos, facturas del servicio público de acueducto y alcantarillado entre otros.

• Herramientas de la investigación bibliográfica

1. Revisión biográfica.
2. Documentos y guías de buenas prácticas en lavanderías vehiculares.
3. Información de gabinete y páginas web.

2.5. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

La metodología en la realización del presente trabajo de investigación comprende en las siguientes fases y etapas, las mismas que se describen a continuación.

2.5.1. Fase Gabinete

Se procesarán los datos obtenidos y las fuentes de información primaria para determinar la eficiencia de las propuestas.

Se utilizará un procesamiento, sistematización y tabulación de la información obtenida luego de la aplicación de los instrumentos. Los datos se presentan en Tablas y gráficos.

a) Proceso de recolección de datos para el diagnóstico

Para la recolección de datos se solicitará el permiso correspondiente al propietario de la Lavandería Multiservi, a fin de obtener un permiso para el desarrollo de la investigación, proporcionado los propósitos y su importancia. Además, se utilizó la información bibliográfica publicadas en páginas web, proyectos de investigación y artículos científicos relacionados al diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en el lavado de vehículos.

- **Plan de análisis e interpretación de datos**

Se procederá de la siguiente manera: tabulación y clasificación de los datos recogidos, procediendo a la elaboración de Tablas estadísticas de las muestras a tomar y gráficos de las operaciones unitarias. Se utilizarán el programa Word, Excel 2016.

- **Elaboración del cuestionario para la entrevista**

La elaboración del cuestionario se realizó en base a los siguientes puntos:

1. El cuestionario se planteó a realizar las preguntas cerradas por la facilidad de comprensión y su facilidad en el respectivo análisis.
2. Se delimitará las preguntas a realizar, así como también la fecha a realizarse siendo ésta el 29 de septiembre del 2022.
3. Posteriormente se procederá a elaborar el análisis estadístico a cerca de la información colectada del cuestionario.

4. Se delimitará el tamaño de muestra para la realización del cuestionario.

La muestra será el mismo número de población (personal de la lavandería vehicular), ya que se tendrá menos error, dada la cantidad de personal que son 7 trabajadores. En este caso la fórmula a aplicar es la siguiente:

$$\text{Población} = \text{Muestra}$$

- **Elaboración de las listas de Chequeo**

Para dar cumplimiento a los objetivos del presente trabajo de investigación se realizará una lista de chequeo, debidamente diligenciada para cada proceso seleccionado con el fin de facilitar el análisis de la información obtenida, estas listas permitirán verificar diferentes elementos importantes a considerar en la determinación del estado actual de la Lavandería Multiservi.

b) Identificación de puntos para muestreo

Se tomará tantas muestras como punto de descarga existan, La elección del número necesario de muestras a ser tomados durante cada periodo de control debe ser decidido en base a la complejidad del proceso productivo.

– **Criterio de los puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo tuvieron las siguientes características:

- ✓ El lugar de muestreo corresponde al punto final de la descarga de aguas residuales de origen industrial.
- ✓ Que el punto de muestreo permita que la muestra tomada sea representativa del proceso que se genera en cada unidad que conforma el sistema de tratamiento.
- ✓ Que el punto de muestreo sea de fácil acceso para determinar su ubicación posterior; que se ubique, estratégicamente cerca de las unidades del proceso.

En base a estos criterios se tomó como referencia dos puntos de muestreos:

Punto N° 1: Desarenador.

Punto N° 2: Filtro.

• **Tipo De Muestra**

Se realizo un análisis del tipo de muestra que corresponde a muestra compuesta.

– **Tipo compuesta**

Es un término genérico que se le otorga a la mezcla de un número de muestras simples, tomadas durante un cierto periodo de tiempo. Se la usa para conocer las condiciones promedio del agua, con el fin de controlar la eficiencia de una PTAR. En general, las muestras compuestas son aptas para indicar el promedio de las variaciones de la contaminación en el agua.

Muestra Compuesta proporcional al caudal

$$V_i = \left(\frac{Q_i}{\sum Q_i} \right) \times V_o$$

Donde:

V_i : Volumen de muestra correspondiente al i-écimo muestra puntual.

Q_i : Caudal correspondido a las condiciones de toma de muestra i-estima.

V_o : Mínimo volumen de muestra para la determinación.

$\sum Q_i$: Suma de caudales correspondientes a las n tomas de muestras puntuales tomadas.

• **Parámetros**

La selección de los parámetros depende de los objetivos programados. Los parámetros a muestrear se mencionan en la NB 64002 vinculado al Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero RASIM (caso priorizado) y en el Anexo 13 B y C, se encuentra un listado de parámetros por actividad Industrial. En el caso de vehículos y partes automotores menciona los siguientes parámetros.

- Sólidos Disueltos.
- Sólidos Suspendidos.
- Sólidos Sedimentables.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO_5 .

- Demanda Química de Oxígeno – DQO.
- Aceites y Grasas (d).
- Potencial de hidrógeno – pH.
- Temperatura.

- **Etiquetado de muestras**

Se debe tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se emplea etiquetas pegadas, anotando la información en una hoja de registro.

Estas etiquetas cuentan con la siguiente información:

- ✓ Nombre de la empresa.
- ✓ Ubicación (coordenadas Norte y Este).
- ✓ Fecha y hora de recolección.
- ✓ Tipo de muestra (simple o compuesta).
- ✓ Especificar ensayo a realizar (físico, químico, microbiológico).
- ✓ Resultados de mediciones in situ.

- **Equipo manual de muestreo**

- Se emplean botellas PET de 2 ℓ estos deben estar hechos de un material inerte que no influya sobre la concentración de los parámetros a analizar. Cuando se emplean estos recipientes para la preparación de muestras compuestas, el volumen del recipiente debe estar bien determinado, con una precisión de más o menos 5 %. NB 64002.
- Embudo.
- Guantes.
- Tablero de anotaciones.

2.5.1.1.Fase Campo

Las técnicas que se utilizarán para la fase de campo son la entrevista, observación directa para el llenado de la lista de chequeo, toma de muestras y medición de caudales.

a) Encuesta

Se realizará una visita evaluativa de la lavandería en fecha 10/09/2022 y se recopiló datos con preguntas ya establecida en el anexo N°1 del presente trabajo de investigación, mismo que se realizó con una recopilación de información primaria, a través de documentos proporcionados por el dueño de la Lavandería Multiservi.

b) Muestreo

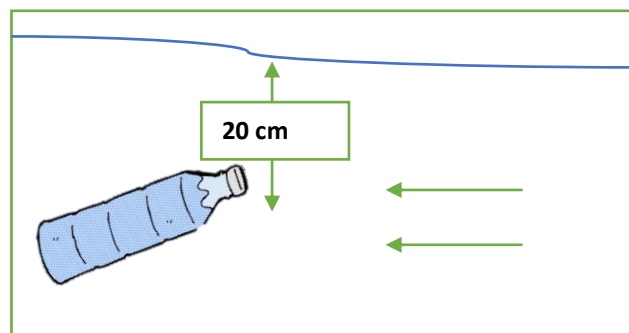
- **Técnica De Recolección**

Se considero para la toma de muestra la NB 64002 de Calidad del Agua Muestreo de Efluentes Industriales, Anexo 13 B y C.

- **Toma De Muestras**

Las muestras deben ser recogidas del centro de la corriente (en puntos alejados de los bordes del conducto), con la boca del frasco orientado hacia la corriente.

Figura N°12: Toma de muestra



Fuente: NB 64002.

Procedimiento:

1. Sostener la jarra desde la parte del mango con la boca del mismo e introducirla al agua residual apuntando a la corriente, dejando que la jarra se llene completamente. No permitir, posteriormente depositar esta muestra en la botella PET con ayuda de un embudo.
2. Tapar la botella PET cuidadosamente.
3. Etiquetar la botella PET inmediatamente.

- **Preservación de las muestras**

Preservar la muestra durante el transporte por medio de un baño del hilo en una conservadora y conservarlas en refrigeración a 4°C (277°K).

- **Transporte de las muestras**

El transporte de los envases debe hacerse en cajas térmicas aislantes contienen hielo o material refrigerante. Cabe mencionar, que el uso de la materia esponjosa ayudara en la prevención de rupturas.

c) **Medición de caudal**

El caudal es necesario para la proyección de una planta de tratamiento. Para la medición de caudal se analizó el tipo de método a utilizar, de acuerdo a la naturaleza y tamaño de la fuente se determina que en la Lavandería Multiservi corresponde al método volumétrico captando toda el agua del lavado de los vehículos, mediante un balde de 3 ℓ.

- **Método Volumétrico**

Este método permite medir pequeños caudales de agua menores a 20 ℓ/s, como son los canales de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito de volumen conocido en el cual se recogerá el agua que en este trabajo es de 3 ℓ, se debe anotar el tiempo que de decantación. Para determinar el tiempo de llenado del recipiente se consideró como medición cinco mediciones a fin de determinar un tiempo promedio.

Este método se basa puntualmente en controlar el tiempo que tarda en llegar el agua al recipiente

Fórmula a emplear:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = Volumen (m^3).

t = tiempo (s)

2.4.1.3. Fase Post Campo

- a) **Análisis y discusión de los datos obtenidos en el laboratorio, entrevista y lista de chequeo.**
- b) **sistematización de información**
- c) **Diseño y Diagrama General de proceso**

El diseño se efectuará acorde a las necesidades del tratamiento y la reutilización del efluente generado por el proceso de lavado de vehículos. El proceso da en marcha con el planteamiento de una serie de alternativas perteneciente al subsistema de la planta, dicha alternativas se estudiarán para determinar la opción más conveniente, las alternativas pertenecen al sistema coagulación, floculación y cloración, se evaluarán teniendo en cuenta su aplicabilidad y capacidad de solución frente a los problemas que presenta el análisis del agua residual industrial proveniente de la Lavandería Multiservi.

El diseño del sistema de tratamiento de agua residual industrial propuesto considera las siguientes condiciones:

- Fácil construcción.
- Equipo y provisiones disponibles localmente.
- Nivel básico de habilidad del personal.
- Costo bajo de tratamiento.

- Cumplimiento de consideraciones ambientales.
- Reutilización.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE LAS LAVANDERÍAS VEHICULARES DE LA CIUDAD CERCADO

3.1.1.- Descripción del Sector “Servicios de Lavado Vehicular” en la Provincia de Cercado.

El Instituto Nacional de Estadística (INE) reportó que cada día, diez vehículos más ingresan al registro de vehículos de Tarija, donde hasta enero de 2020 se alcanzó un total de 118.439 vehículos en Cercado. Si se compara esa cifra con el total de habitantes, el 34% de la población en el municipio tiene un vehículo.

En la siguiente tabla se tiene el registro del año 2021 de todas las lavanderías de vehículos: Donde se especifica la razón social, coordenadas, descarga a sanitarios, zona, Licencia Ambiental, Distrito y convenio con COSAALT Ltda.

Tabla N° 5: Registro de Lavanderías Gestión 2021

N°	RAZON SOCIAL	COORDENADAS		DESCARGA A SANITARIOS	ZONA	LICENCIA AMBIENTAL	DISTRITO	CONVENIO COSAALT
		A	Y					
1	Lavandería y Lubricentro Autoespacio	324699	7615800	Alcantarillado Sanitario	San Jorge II	NO	10	NO
2	Estación de Servicio Manantial I	321291	7618968	Alcantarillado Sanitario	San Marcos	SI	8	SI
3	Manantial II	321308	7618938	Alcantarillado Sanitario	San Marcos	SI	8	SI
4	Park & Wash-Auto Limpio	321173	7617305	Alcantarillado Sanitario	Virgen de Fátima	NO	5	NO
5	Juan Pablo (antes Barrio Pedro Antonio Flores)	322312	7618353	Alcantarillado Sanitario	Pedro Antonio Flores	NO	9	NO
6	La Estación	318556,15	7617161,61	Alcantarillado Sanitario	Senac	NO	13	NO
7	El Gringo	318799	7620480	Alcantarillado Sanitario	Av. Panamericana	NO	6	NO
8	Guzmán	321964	7617500	Alcantarillado Sanitario	La Pampa	SI	4	SI

9	H2O	322157	7616588	Alcantarillado Sanitario	San Jerónimo	SI	11	NO
10	Más Brillo	322481.16	7617268.31	Alcantarillado Sanitario	JUAN XXIII	SI	10	NO
11	Albornoz	324686	7616014	Alcantarillado Sanitario	Simón Bolívar	SI	10	SI
12	La Entreriana	325183.88	7615571.70	Red Hídrica	Torrecillas	SI	10	NO
13	Urkupiña	324744	7615907	Alcantarillado Sanitario	Simón Bolívar	SI	10	SI
14	Brillo Car	319422.78	7620217.23	Alcantarillado Sanitario	15 de Junio	SI	6	SI
15	Tarixa	319387	7620228	Alcantarillado Sanitario	15 de Junio	NO	6	NO
16	Lavadero (Ex Hansa)	318722.11	7620759.79	Alcantarillado Sanitario	Av. Panamericana	NO	7	NO
17	Rivero	321015	7617845	Alcantarillado Sanitario	La Pampa	NO	4	NO
18	Subia	318502	7621244	Reutiliza	Cruce a San Mateo	NO	6	NO
19	Al Instante	318577	7620754	Alcantarillado Sanitario (10%)	Carlos Wagner	NO	6	NO
20	Blamar	319864	7619267	Alcantarillado Sanitario	Defensores del Chaco	NO	7	NO
21	Paypa	318624	7619565	Alcantarillado Sanitario	Libertad	NO	6	NO
22	Multiservi	319988	7619099	Alcantarillado Sanitario	La Loma	NO	6	NO
23	Shalon	319933	7619088	Alcantarillado Sanitario	La Loma	NO	6	NO
24	La Florida	321255	7619303	Alcantarillado Sanitario	San Bernardo	NO	8	NO
25	El Muñeco	321586.87	7618552.64	Alcantarillado Sanitario	Aeropuerto	NO	9	NO
26	Aqua	323596.06	7616596.10	Alcantarillado Sanitario	Aeropuerto	NO	10	NO
27	Witman Internacional	324471.15	7616077		Simón Bolívar	NO	10	NO
28	Baldiviezo Leonardo Lav W. B. - Actualmente Nicolás	322610.35	7616963.25	Red Hídrica	Juan XXIII	NO	10	NO

29	Wasser	322584.80	7617036.52	Alcantarillado Sanitario	Juan XXIII	NO	10	NO
30	Más Brillo	322481.35	7617265.45	Alcantarillado Sanitario	Juan XXIII	NO	10	NO
31	Sama	322673.69	7617090.07	Alcantarillado Sanitario	San Jorge II	NO	10	NO
32	SAN JORGE II	324926.61	7615491.57		San Jorge II	SI	10	NO
33	La Perla del Valle	327939.51	7614420.34	Red Hídrica	El Portillo	NO	FUERA DE DISTRITOS	NO
34	Rosmeri Flores	327504	7613438	Red Hídrica	El Portillo	NO	FUERA DE DISTRITOS	NO
35	Javier Terán	321226	7616637	Alcantarillado Sanitario	El Tejar	NO	11	NO
36	Titi	322001,27	7616673,01		San Jerónimo	NO	11	NO
37	Gonzalo Montaña	322134,98	7616767,85	Red Hídrica	San Jerónimo	NO	11	NO
38	Las Gemelas	322367.94	7616110.65	Red Hídrica o cuerpo de agua	San Jerónimo	NO	11	NO
39	Catalá	318189.35	7617198.40	Alcantarillado Sanitario	Tabladita I	NO	13	NO
40	Super Limpio	317720.01	7617261.77	Red Hídrica	Tabladita I	NO	13	NO
41	Loco Vel	320699	7618788.67	Alcantarillado Sanitario	Avaroa	NO	8	NO
42	Car Wash	321289.06	7618850.40	Red Hídrica	San Marcos	NO	8	NO
43	M&M	321797.27	7617845.79	Alcantarillado Sanitario	La Pampa	SI	4	SI
44	Eco Wash	321509.45	7616978.59	Alcantarillado Sanitario	Virgen de Fátima	NO	5	NO
45	Belgrano	321764.75	7617233.58	Alcantarillado Sanitario	Virgen de Fátima	NO	5	NO
46	Bollo Brillo	322336.55	7617334.17	Alcantarillado Sanitario	Juan XXIII	NO	10	NO
47	Tornado Wash	319568.46	7617589.20	Alcantarillado Sanitario	San Martín	NO	12	NO
48	Lourdes	321537	7619895	Alcantarillado Sanitario	Lourdes	NO	8	NO
49	Spa Vilte	322549.01	7618509.25	Alcantarillado Sanitario	Pedro Antonio Flores	NO	9	NO
50	Chocho Mocho	320159	7620225	Alcantarillado Sanitario	Las Pascuas	NO	7	NO
51	Sin nombre	322428.24	7617602	Alcantarillado Sanitario	Juan XXIII	NO	10	NO

52	Sin nombre	321703.37	7619463.44	Alcantarillado Sanitario	San Bernardo	NO	9	NO
53	Sin nombre	318034.71	7621478.35	Alcantarillado Sanitario	Los Olivos	NO	6	NO
54	Lavadero tuauto club			Alcantarillado Sanitario	juan XXIII	SI	10	SI

Fuente: Gobierno autónomo Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado.

El municipio de Tarija tiene registrado 54 lavanderías activas, las cuales 2 de ellas se encuentran fuera de la Mancha Urbana y siendo los Distritos 10 y 11 encontrándose en estos Distritos un porcentaje de los que más aportes hacen a las lagunas de estabilización de COSAALT Ltda al encontrarse mayores números de lavanderías en estos Distritos.

De acuerdo a la los resultados de la Tabla N° 6 se evidencia que las 54 lavanderías registradas solo el 22, 2 % cuenta con Licencia Ambiental y el 77, 78 % no cuenta con Licencia Ambiental y el 11,1 % si cuanta con el Convenio con COSAALT Ltda y el 88,9 % no cuanta con el Convenio con COSAALT Ltda.

El Gobierno Autónomo del Departamento de Tarija exige que para obtener la licencia ambiental las lavanderías deben tener un certificado de la Autoridad Ambiental Competente Departamental certifica que dando cumplimiento al Art,17°, 18° y 19° de la Ley N°1333 de Medio Ambiente D.S N 24176 y D.S N° 28592, con ajuste al procedimiento de Control de Calidad Ambiental y con su Representante Legal de la AOP debe presentar el Manifiesto Ambiental N°490, correspondiente a la Actividad especificando el nombre, ubicación, departamento y provincia, elaborado según los requisitos exigidos en los Art. 103 y 104 del Reglamento de Prevención y Control Ambiental, aprobado de acuerdo a lo establecido en el Informe Técnico SRRNNyMA/DGA EIA-MA e Informe Legal 091 SDRNyMA/DGAYB/EIA-MA por lo cual se da paso a la autorización del funcionamiento en cumplimiento al Plan de Adecuación Ambiental y el Plan de aplicación y Seguimiento Ambiental Aprobado.

La Declaratoria de Adecuación Ambiental se constituirá conjuntamente con el Plan de Adecuación Ambiental, así como también con el Plan y Seguimiento Ambiental en la referencia técnica – jurídica para la realización de los procedimientos de Control de Calidad Ambiental establecidos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

En caso de no darse estricto cumplimiento a lo previsto en el Plan de Adecuación Ambiental aplicará las sanciones previstas en la Ley 1333 D.S 2476 y el D.S 28592

El gobierno autónomo Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado, en su Reglamento de Licencias Ambientales y el Decreto Edil 014/2014, especifica que las lavanderías para vehículos y cambios de aceites deben contar con los siguientes requisitos para prestar servicios a la población:

- a) Formula de declaración jurada de inspección.
- b) Fotocopia de la cédula de identidad del propietarios o representante legal.
- c) Fotocopia del NIT.
- d) Autorización del departamento de tráfico y transporte del municipio (señalización entrada y salida de vehículos).
- e) Licencia ambiental.
- f) Certificado de FUNDEMPRESA (en los casos correspondientes).

Por otra parte, la Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, COSAALT Ltda correspondiente a la provincia de Cercado esta permite que las lavanderías para vehículos descarguen sus aguas residuales al alcantarillado siempre y cuando tengan el Convenio de Operaciones Procedimientos Técnicos y Administrativos Transitorios para Descargas Industriales Especiales y Lodos al Alcantarillado Sanitario que contempla, capacidad de tratamiento utilizada en la PTAR, condiciones básicas para la operación y mantenimiento de la PTAR, gestión de mantenimiento de la PTAR, eficiencia de tratamiento de la PTAR y el tratamiento de los dos generados por la PTAR. Tan solo el 11,1 % de las 54 lavanderías cumple con este convenio el resto de 88,9 % de las 54 lavanderías no cumple sin embargo

vierten sus aguas al alcantarillado sin ningún control por parte de la EPSA, las aguas de estas lavanderías al ser vertidas al alcantarillado pueden llegar a contener productos contaminantes que pueden llegar a matar las bacterias de las lagunas de oxidación.

3.1.2. Diagnóstico de la Lavandería Multiservi

En este capítulo se presenta a detalle la situación actual de la empresa y negocio “Lavandería Multiservi”, la cual presta sus servicios como lavandería de automóviles livianos. Para lograr este objetivo se entrevistó al gerente de la empresa, el Licenciado Noe de la Cruz Gómez quien identificó la misión y visión de su negocio, además de brindar la información necesaria para identificar las actividades, procedimientos y servicios que ofrece. Se realiza también un análisis interno y externo de la misma.

3.1.2.1. Análisis Administrativo

La Lavandería Multiservi con Licencia de Funcionamiento 33011, con NIT 5008165018, es una empresa individual de responsabilidad limitada, dedicada al lavado, que se encuentra ubicado en el Distrito 6, sobre la calle Perú y Daniel Zamora en la ciudad de Cercado, departamento de Tarija, comprende un área de 400m².

La empresa comenzó sus actividades el 26 de octubre de 2016 y desde ese momento el propietario Licenciado Noe de la Cruz Gómez se ha dedicado a trabajar arduamente.

3.1.2.1.1. Misión y visión de la Lavandería Multiservi

la Lavandería Multiservi a través de su eslogan “Limpio y seguro” busca transmitir la siguiente misión y visión:

MISIÓN

Brindar el mejor servicio de lavado y embellecimiento de automóviles, por medio del trabajo en equipo, utilización de personal capacitado con un trato amable para un mayor grado de satisfacción de nuestros clientes.

VISIÓN

Llegar a ser una empresa líder en el mercado del lavado de vehículos, en la ciudad de Cercado en el Departamento de Tarija, brindando un servicio de calidad, confiabilidad y a precios razonables.

3.1.2.1.2. Objetivos de la empresa

La Lavandería Multiservi busca cumplir la visión plasmada dentro de un horizonte de 6 años a través de los siguientes objetivos:

- Obtener rentabilidad económica y social a través de una estructura financiera sólida.
- Lograr un alto nivel de calidad en cada uno de los servicios ofrecidos, contando con equipos modernos que mejoran la productividad y optimiza tiempos.
- Atraer y desarrollar nuevo mercado para un mayor alcance del servicio; asimismo aprovechar las oportunidades que le brinda el mismo mercado para una expansión en el sur del país.
- Aumentar la investigación en innovación y desarrollo de nuevos servicios adicionales que permitan brindar un servicio completo de lavado y amigable con el medio ambiente.
- Alcanzar el mejor desempeño de los operarios, orientados siempre a la satisfacción del cliente.

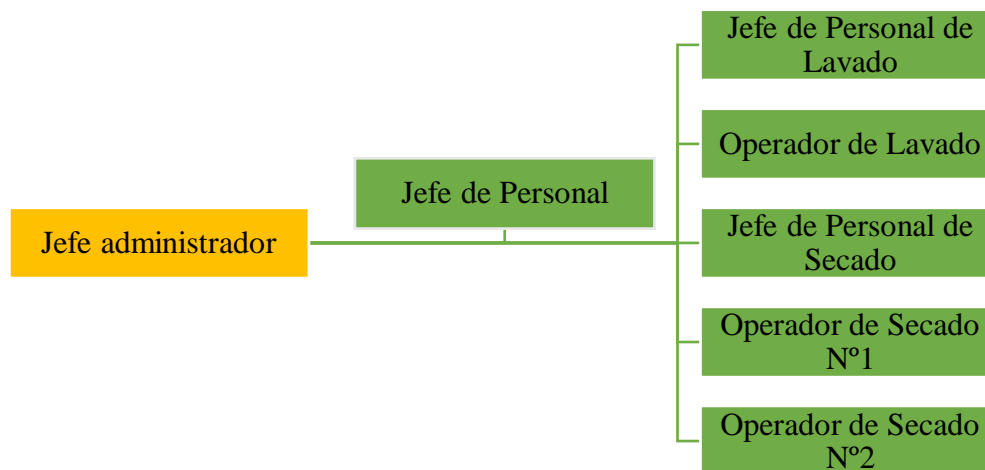
3.1.2.1.3 Descripción de la estructura organizacional

La estructura organizacional es el modelo jerárquico que una empresa usa para facilitar la dirección y administración de sus actividades. A través de la estructura organizacional la empresa fija roles, funciones y responsabilidades, establece

objetivos, crea procesos, define protocolos, diseña estrategias de mejoramiento, genera orden en una empresa identificando y clasificando las actividades de la empresa, agrupando en divisiones o departamentos, asignando autoridades para la toma de decisiones y seguimiento.

En el siguiente mapa esquemático de estructura organizacional, muestra de forma jerárquica el personal con el cual cuenta la Lavandería Multiservi, siendo un total de siete trabajadores, cabe especificar que dependiendo de la temporada este número varía entre siete a ocho trabajadores, siendo ocho su máximo cuando la temporada tiene mayor demanda en el lavado de vehículos.

Figura N° 13: Descripción jerarquía de la estructura organizacional



Fuente: Elaboración Propia.

- **Jefe administrativo:** Ejerce las funciones de liderazgo y dirección de la operación de la empresa. Este cargo constituye la máxima autoridad en la organización, además son los encargados de transmitir la filosofía y contagiar la visión del modelo de negocio. En este rol además se encargará de la búsqueda, atracción y mantenimiento de clientes, así como también de la promoción y

posicionamiento de la marca, compra de insumos, realización de cronogramas de servicios, entre otras funciones que requiera la continuidad de la operación.

- **Jefes de Personal:** Es la persona que soporta las actividades de los jefes administrativos. Dentro de sus funciones esta las labores de soporte, control de inventarios de insumos, seguimiento atención a los clientes.
- **Operarios – Lavados – Secado:** Los operarios son la cara de la empresa frente al cliente, son los que ejecutan el servicio, previo a una capacitación por parte del jefe de personal incentivándoles el buen servicio al cliente y las buenas prácticas de lavado.
- **Horarios**

Los horarios de atención varían según la estación del año (Clima) y el día, llegando a poder cerrarse más temprano o iniciar las jornadas laborales más tarde.

En la siguiente tabla se describen los horarios de atención.

Tabla N° 6: Descripción del Horarios de atención

HORARIO DE ATENCIÓN		
Lunes – sábado	7:30 am	12:20 pm
Lunes – sábado	14:00 pm	18:20 pm

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2.2. Análisis Técnico

Se evalúa los recursos, habilidades y competencias de la Lavandería Multiservi.

3.1.2.2.1. Tecnología

La Lavandería Multiservi cuenta con equipamiento moderno y diverso, con tecnología que ayudan a brindar el mejor servicio a clientela.

En la siguiente tabla se especifica las maquinas con las que cuenta la Lavandería Multiservi para emplear su técnica de lavado.

Tabla N° 7: Descripción de la tecnología utilizada en la Lavandería Multiservi

Maquina	Cantidad (u.)	Marca	Características del equipo	Función
Hidro lavadoras	4	Kranzle	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia absorbida: 3,2 kW • Potencia nominal: 2,5 kW • Potencia eléctrica conectada: 230 V – 14 A • Revoluciones: 1.400 rpm. • Presión de trabajo, regulación continua: 30 – 140 bar. • Sobrepresión admisible máxima: 160 bar. 	<p>Se encargan de toda la suciedad: Con una presión de trabajo de hasta 250 bar estas máquinas profesionales van a todas partes, incluso en funcionamiento continuo poderosamente para trabajar.</p> <p>Las poderosas bombas de alta presión están montadas horizontalmente y la robusta carcasa asegura una gran estabilidad. También expulsan agua caliente hasta una</p>

				temperatura y presión que alcanzan los 80/180 bar sin que el agua sea vaporizada, y expulsa vapor de agua que alcanza una temperatura cercana a los 150°C.
Compresora de aire	1	Hechizo	<ul style="list-style-type: none"> • Un tanque de mínimo 30 ℓ • La presión de aire debe ser mínimo de 10.5 Psig. • Por su parte la potencia debe ser mínimo de un hp. • Y finalmente, el volumen de aire no debe ser menor a 60 PSig. 	Es una máquina diseñada para tomar el aire/gas del ambiente, almacenarlo y comprimirlo dentro de un depósito, una vez almacenado, lo podemos utilizar para darle potencia a herramientas que se usan en la lavandería, además que para apoyarte con la limpieza de chasis y suspensión. El aire comprimido necesario está por el orden entre 4 y 6 bar de presión.
Champuseadora	1	Hechizo	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad del tanque: 11 ℓ. • Ancho de trabajo: 35 cm. • Consumo nominal: 700 W. • Dimensiones: Longitud: 710 mm. Ancho: 420 mm. 	Son máquinas que ayudan a la limpieza profunda de alfombras, llantas entre otros.

			Alto:510 mm. • Longitud del cable: 15 m. • Diámetro de la rueda: 200 mm.	
	1	Hechizo	• Nivel de sonoridad: 59-61 dB A. • Peso: 28 kg. • Acoplamiento del cepillo de mano.	
Aspiradora	4	NeuHaus	• Motor: 1400 W. • Potencia: 4 hp 220 V. • Capacidad almacenaje:30 ℓ. • Manguera: Ancho: 2.5 plg de ancho. Largo: 2.13m.	Son maquinas que ayudan a la recolección rápida de partículas sólidas o liquidas que se encuentran dentro del vehículo con un cable de 4m.

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2.2.2. Insumos

- **Detergentes**

El detergente que utiliza la empresa en el proceso de lavado es líquido y granular, el cual junto con la grasa y el aceite dificultan el paso del agua en las tuberías. Como se sabe el uso de detergente es toda sustancia o mezcla que contenga jabón u otros tensoactivos, y que se utiliza en procesos de lavado y limpieza, de los lavaderos. Según el proyecto del Consorcio Life MinAqua (2016) el principio activo de los detergentes son los tensoactivos, sustancias

orgánicas o mezclas que presentan ciertas propiedades como: detergentes, espumantes, capacidad soluble, emulsionantes (partículas de grasas que estas pierdan adherencia entre sí y con la superficie metálica, facilitando que la suciedad pueda ser eliminada fácilmente), humectantes y dispersantes.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta que los insumos que se usan en el proceso de lavado sean productos mínimamente nocivos y, a ser posible, que dispongan de fichas técnicas y de seguridad.

En la siguiente tabla se especifica los tipos de insumos, marca, cantidad y el tiempo en el cual se emplea en la Lavandería Multiservi para una mayor eficiencia al emplear su técnica de lavado.

Tabla N° 8: Descripción de insumos

Marca	Tipo de detergente	Cantidad	Tiempo
Rabí	Champú especial para lavar vehículo	5 ℓ	2 semanas
Surf, Zorro	Detergente en Polvo	3 kg	1 semana
STP – Son Of A Gun	Silicona para tablero	500ml	2 semanas
STP – Son Of A Gun	Abrillantador de llantas	500 ml	2 semanas
Fresh	Ambientador	300 ml	2 semanas

Fuente: Elaboración propia.

- Energía:** El consumo de energía en la empresa se debe al encendido del motor, la compresora de airea, las bombas y los focos del alumbrado, cabe destacar que la red energética a la que pertenece es industrial. La Lavandería Multiservi tiene gastos de energía que van desde los 750 Bs a los 800 Bs, cifra que varía según la temporada de demanda del lavado de automóviles en el municipio, en la cual la lavandería paga mayormente 800 Bs lo cual es un gasto de 566 kW. En la siguiente tabla se especifica el tipo de gasto y la cantidad.

Tabla N°9: Gastos de energía eléctrica

Gasto en Efectivo	Gasto de energía eléctrica en (kW)
800 Bs	566

Fuente: Factura del mes de septiembre del 2021. Emitido por SETAR.

3.1.2.2.3. Mano de Obra - Funciones

Actualmente se posee un total de siete trabajadores los cuales cada uno cumplen con roles y funciones importantes dentro de la Lavandería Multiservi.

En la siguiente tabla se especifica la distribución del personal en función al número de operarios y la función que realizan.

Tabla Nª 10: Distribución de personal en la empresa según su función

Numero de operarios	Función que realizan
1	Jefe Administrador
1	Jefe de Personal
1	Jefe de Personal de Lavado
1	Operador de Lavado
1	Jefe de Personal de Secado
2	Operador de Secado

Fuente: Elaboración propia.

Se destaca que los jefes de Personal de lavado y secado también ayudan en el trabajo de cada área correspondiendo asumiendo dos roles. A continuación, describiremos con mayor detalle, cada una de las funciones que realizan los trabajadores:

- **Lavado y cepillado**

Una vez dentro de la lavandería y de ya haberse anunciado en la administración se procede hacer el ingreso del vehículo hacia las rampas, los vehículos pasan a ser lavados y cepillados, esta operación es manual y generalmente lo realizan dos operarios, una se encarga de lavar y otra cepilla para remover la tierra, impurezas y suciedad que estos contienen. Luego de haberse removido las impurezas con la presión del agua y la escobilla, se procede a pasar detergente con escobas y trapos que permita remover toda la impureza, de la parte externa del tracto y la parte interna y externa de los automóviles generando residuos sólidos, efluentes contaminados de grasa, aceite.

- **Enjuague**

Luego de haber pasado el detergente, se procede a eliminar el detergente, las espumas y los restos que se genera en el cepillado, por medio del agua expulsada por la presión de las mangueras.

- **Secado externo**

Al finalizar el proceso de lavado y enjuagado, un operario lleva el auto a la zona de secado, en donde uno o dos operarios, empieza a secar por fuera.

- **Secado y aspirado interno**

Una vez que termina el secado externo, le pasa con una franela silicona negra. Así mismo, el operario cuatro, se dedica a aspirar, mientras que el operario cinco limpia la parte interior del carro (asientos, puertas, etc.) Luego de esto, el operario seis, se asegura de que la parte externa del carro, esté totalmente seca, pasándole un paño. Por otro lado, el operario cinco aplicadas siliconas (38 blanca) al plástico de adentro del auto y después lava los tapices del carro, les hecha silicona negra empleando un trapo y los vuelve a introducir en el auto. Posteriormente, el operario seis, echa cera negra a las llantas y el operario dos limpia las ventanas por dentro y por fuera.

3.1.2.2.4. Espacio

- **Área y espacio Superficial**

El establecimiento cuenta con un área de aproximadamente 400 m², donde 207m² corresponde a el espacio construido y cubierto.

Por otra parte 87 m² son utilizados para oficinas del área administrativa, depósito y baño, área de espera ocupa 20 m², área de lavado y secado ocupa 100 m² y por último los tanques de agua ocupa 10 m².

En la siguiente Figura se presenta el área que ocupa cada etapa del lavado de vehículos, siendo estos de la parte superficial de la lavandería.

Figura N°14: Área y espacio de la Lavandería Multiservi superficie



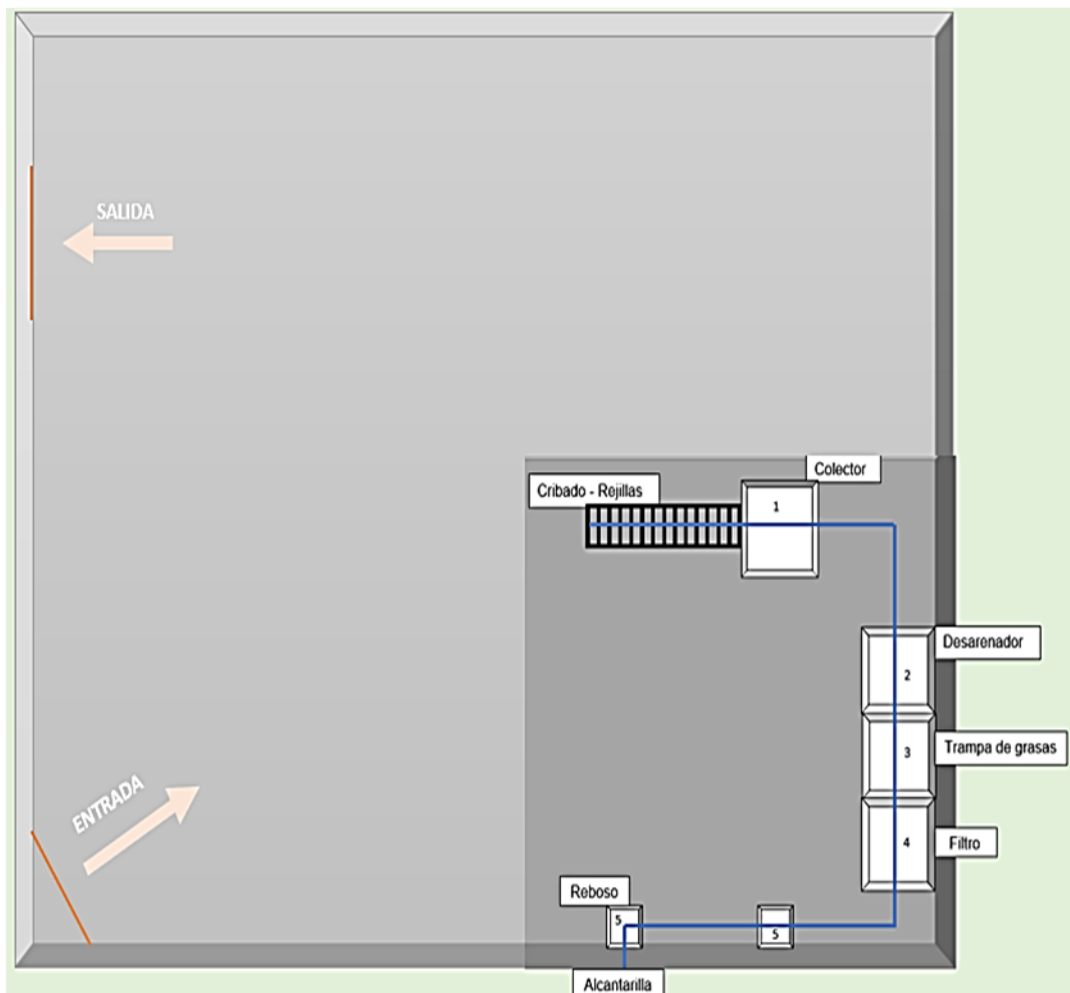
Fuente: Elaboración propia.

- **Área y espacio subterránea:**

Lavandería Multiservi desde el comienzo de sus actividades, tuvieron las intenciones de ser una lavandería innovadora y amigable con el medio ambiente por lo cual en sus inicios implemento una planta de tratamiento de sus aguas residuales provenientes de los vehículos lavados, la cual, desde sus orígenes hasta la fecha, ha tenido cambios favorables.

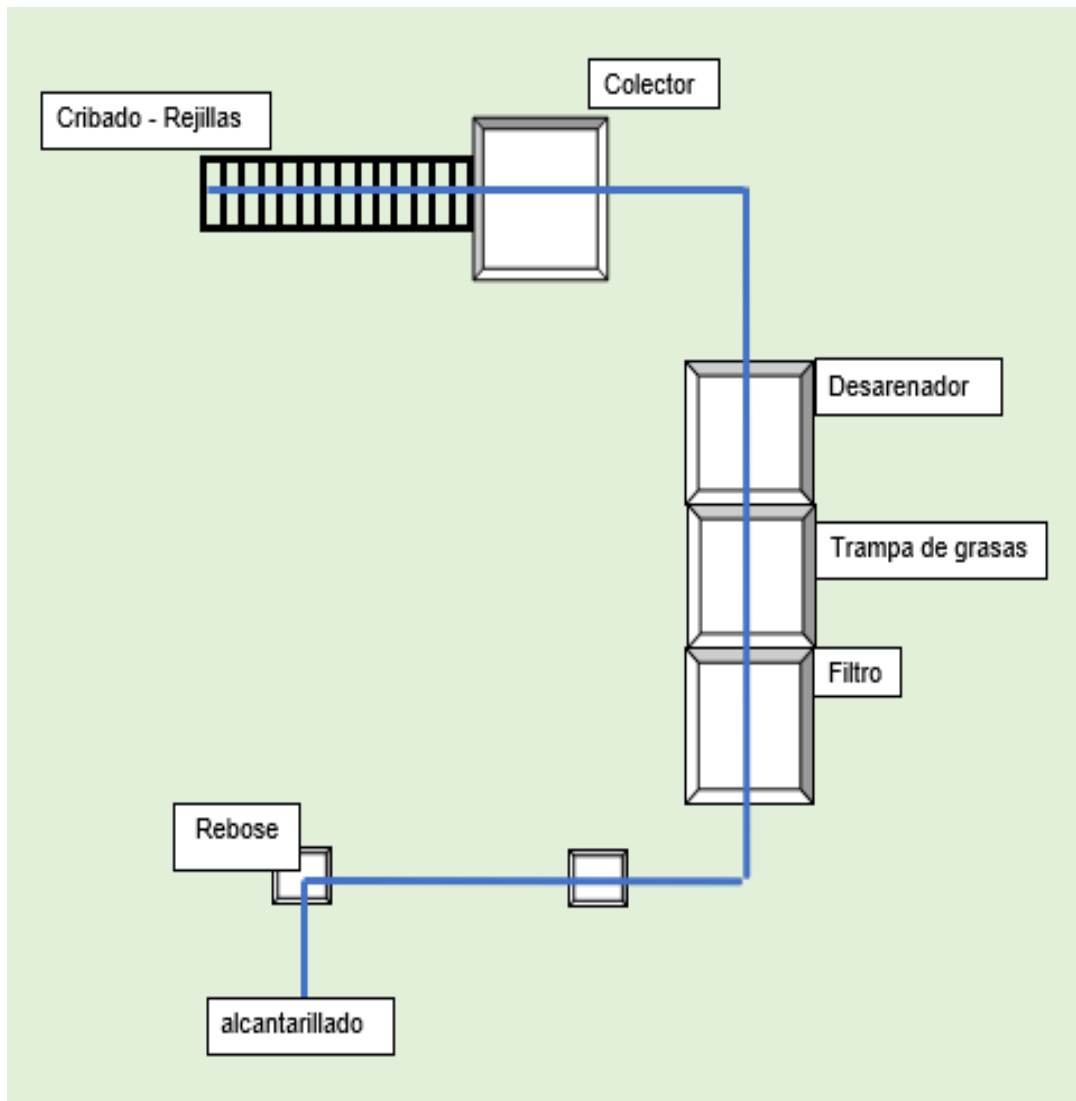
A continuación, se presenta en la siguiente gráfica la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Lavandería Multiservi, la cual difiere de su plano original.

Figura N°15: Área subterránea de la Lavandería Multiservi



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°16: Especificaciones generales del área subterránea



Fuente: Elaboración propia.

Especificaciones de la Figura:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1.- Colector (1,75 m x 1,1m) | 4.-Filtro (1,75 m x 1,1m) |
| 2.- Desarenador (1,75 m x 1,1m) | 5.- Rebose (60cm x 50cm) |
| 3.- Trampa de Grasa (1,75 m x 1,1m) | |

3.1.2.2.5. Situación financiera

a) Ingresos

Es la entrada monetaria, que se juntan y generan en consecuencia de un centro de consumo-ganancia, representa el recurso que recibe el negocio por el servicio o producto prestado podemos diferenciarlos entre los que se consiguen por la venta de un producto o por un servicio.

La Lavandería Multiservi tiene como ingresos monetarios el servicio que prestan del lavado de vehículos, el cual varía respecto al tipo de vehículo.

También se cuenta con un libro de ingresos el cual hace el control el jefe administrativo de la Lavandería Multiservi para un mejor control de sus ganancias.

En la siguiente tabla se especifica el tipo de vehículo y el precio que corresponde a cada uno.

Tabla N°11: Descripción de tipo de vehículo y tarifa

Tipo de vehículo	Tarifa solo lavada
Vagoneta	25 Bs
Vehículos livianos	20 Bs
Motocicletas	10 Bs

Fuente: Elaboración Propia.

Su precio varía respecto a los precios de los paquetes que contemplan en el cual se va aumentando 10 Bs por cada paquete

La Lavandería Multiservi maneja cuatro paquetes/tarifas. La siguiente tabla especifica el tipo de servicio y la tarifa de cada uno.

Tabla N°12: Descripción de servicio y tarifa

Paquete	P1	P2	P3	P4
Servicio	Lavado	Aspirado	Fumigado	Siliconado
Tarifa Bs	25 Bs	10bs	10Bs	10Bs

Fuente: Elaboración Propia.

b) Egresos

Son las partidas de descargo que hace lavandería, estos representan los gastos e inversiones que se hacen para el servicio que realiza. Al igual que los ingresos, los egresos cuentan con su libro de egresos donde se lleva la contabilidad de la Lavandería Multiservi.

Tabla N°13: Descripción de egresos

CONCEPTO	Tipo de Concepto	Tiempo de renovación	Cantidad (u.)	Precio unitario (Bs)	Precio total (Bs)
Materiales e insumos para el lavado	Franelas (Trapos)	2 semana	8	10	80
	Brochas	1 mes	8	5	40
	Esponjas	2 semanas	1	20	20
Mensualidad del Agua (Categoría Industrial 1)	Agua Potable	1 mes	1.425m ³	30 Bs > 50 m ³	780
	alcantarillado	1 mes	1	20	20
Mensualidad de energía eléctrica (Categoría General menor 1)	Electricidad	1 mes	596	27, 52	800
Total					1.740 Bs

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2.3. Análisis Operacionales

El análisis de las operaciones son las acciones necesarias de transporte, adecuación y/o transformación que ocurren dentro de la Lavandera a Multiservi y su proceso de lavado.

3.1.2.3.1. Flujo de Movimiento de Vehículos

Es el movimiento y trayectoria descrita por la cantidad de vehículos que asisten a la Lavandería Multiservi. Los vehículos que asisten a la Lavandería Multiservi, varía según los días, estación del año (clima).

En la siguiente Tabla se describe los días de mayor asistencia de vehículos en la lavandera y el de menor asistencia de vehículos y el total de vehículos a los que se les brinda el servicio.

Tabla N°14: Movimiento de asistencia de automóviles

Descripción		Cantidad (u.)
Días con más Movimiento	Sábado y lunes	45
Días con menos movimiento	Jueves	10

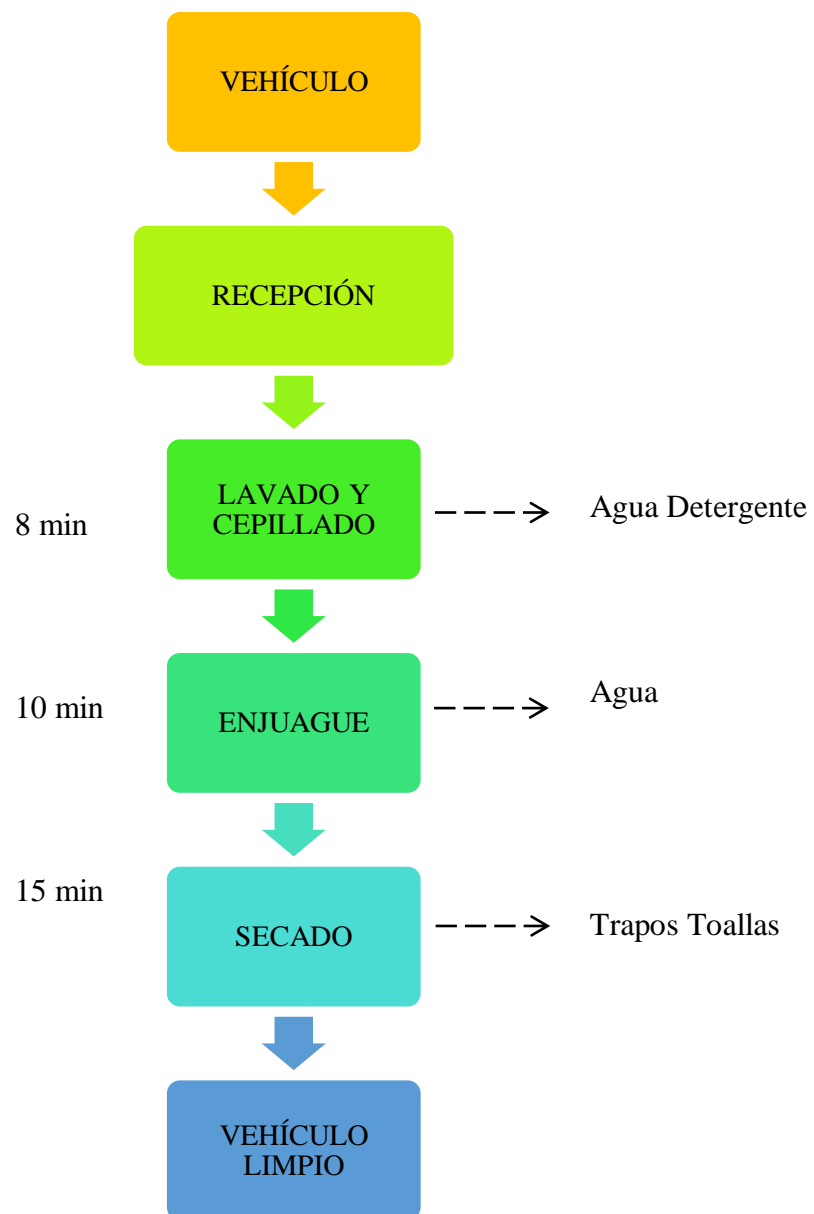
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.3.2. Flujo de operaciones

El flujo de operación comienza cuando el vehículo ingresa al negocio y solicita el servicio este requerimiento puede ser in situ o mediante llamado telefónico (programar lavado). En recepción se le brindara la información necesaria para el ingreso del vehículo donde se indicarán los distintos tipos de lavado, cuando el cliente tome la opción de tomar el servicio se le dirigirá a la zona de lavado y se le indicara el tiempo de espera y de ejecución del servicio. El lavado del vehículo variara según el tamaño del vehículo.

En la siguiente Figura se muestra los distintos procesos de operaciones unitarias, por las cuales pasa un vehículo hacer lavado, los residuos que genera, así como también el tiempo en el cual lo realizan.

Figura N°17: Diagrama de flujo del proceso de lavado



Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.4 Medición de Caudal de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi.

Todo sistema de tratamiento trabaja con un requisito principal como lo es el caudal. Para el análisis y estudio de la medición de los caudales de dicha lavandería se tomó como el más accesible y debido a las condiciones de la lavandería se usará el método volumétrico.

- **Método Volumétrico**

La Lavandería Multiservi cuenta con un canal de 6 m de largo y 17 cm de ancho donde hacen su paso las aguas caídas del lavado de los automóviles, estas aguas van a caer al desarenador que se encuentra cubierto por la parte superior por una rejilla, la cual se procedió a levantar y tomar la medición del caudal en la caída con un lavador de 3 ℓ de capacidad.

Formula:

$$Q = \frac{\text{Volumen de agua capturado } (\ell)}{\text{tiempo de llenado del balde } (s)}$$

Donde:

Q: Caudal ℓ/s

Volumen: ℓ

tiempo: s

- **Resultados de la Medición del Caudal**

A continuación, se presentan los cálculos realizados para obtener el caudal de la Lavandería Multiservi.

Tabla N°15: Primera semana de medición de caudal

Datos de la Primera Semana de Medición de Caudal 20,22 y 25 de Septiembre del 2021					
Días	Lunes	N° Medición	tiempo (s)	Caudal	Caudal Promedio
		1	48	$Q = 3/51,2 = 0,058 \text{ l/s}$	0,058 l/s
		2	50		0,050 l/s
		3	48		0,065 l/s
		4	51		$\sum Q/N^{\circ}Q = 0,173/3$
		5	59		$Q \text{ Promedio} = 0,058 \text{ l/s}$
		Suma Total de t	256		
	$\sum t / N^{\circ} t$	$256/5 = 51,2$			
	Miércoles	1	55	$Q = 3/59,4 = 0,050 \text{ l/s}$	$Q \text{ Promedio} = 0,058 \text{ l/s}$
		2	57		
		3	53		
		4	49		
		5	65		
		Suma Total de t	279		
		$\sum t / N^{\circ} t$	$279/5 = 59,4$		
	Sábado	1	47	$Q = 3/45,8 = 0,065 \text{ l/s}$	
		2	43		
		3	45		
		4	43		
		5	51		
		Suma Total de t	229		
$\sum t / N^{\circ} t$		$229/5 = 45,8$			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°16: Segunda semana de medición de caudal

Datos de la Segunda Semana de medición de Caudal 04, 06 y 09 de Octubre 2021					
Días	Lunes	N° Medición	Tiempo (s)	Caudal	Caudal Promedio
		1	64	$Q = 3/55,6 = 0,053 \ell/s$	0,053 ℓ/s
		2	49		0,054 ℓ/s
		3	53		0,076 ℓ/s
		4	57		$\sum Q/N^{\circ}Q = 0,183/3$
		5	55		Q Promedio = 0,061 ℓ/s
		Suma Total de t	278		
	$\sum t / N^{\circ}t$	$278/5 = 55,6$			
	Miércoles	1	52	$Q = 3/55,4 = 0,054 \ell/s$	Q Promedio = 0,061 ℓ/s
		2	55		
		3	56		
		4	56		
		5	58		
		Suma Total de t	277		
		$\sum t / N^{\circ}t$	$277/5 = 55,4$		
	Sábado	1	35	$Q = 3/39,2 = 0,076 \ell/s$	Q Promedio = 0,061 ℓ/s
		2	32		
		3	42		
4		43			
5		44			
Suma Total de t		196			
$\sum t / N^{\circ}t$		$196/5 = 39,2$			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°17: Tercera semana de medición de caudales

Datos de la Tercera Semana de medición de Caudal 18, 20 y 23 de Octubre del 2021					
Días	Lunes	N° Medición	Tiempo (s)	Caudal	Caudal Promedio
		1	56	$Q = 3/61,8 = 0,048 \ell/s$	0,048 ℓ/s
		2	65		0,063 ℓ/s
		3	65		0,06 ℓ/s
		4	69		$\sum Q/N^{\circ}Q = 0,171/3$
		5	54		Q Promedio = 0,057 ℓ/s
		Suma Total de t	309		
	$\sum t / N^{\circ} t$	$309/5 = 61,8$			
	Miércoles	1	45	$Q = 3/47 = 0.063 \ell/s$	Q Promedio = 0,057 ℓ/s
	2	44			
	3	56			
	4	48			
	5	42			
	Suma Total de t	235			
	$\sum t / N^{\circ} t$	$235/5 = 47$			
	Sábado	1	56	$Q = 3/50 = 0,06 \ell/s$	Q Promedio = 0,057 ℓ/s
	2	43			
	3	44			
	4	48			
	5	59			
	Suma Total de t	250			
$\sum t / N^{\circ} t$	$250/5 = 50$				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 18: Caudal promedio final

Caudal Promedio final	
Primera semana	0,058
Segunda semana	0,061
Tercera semana	0,057
$\Sigma Q / N^{\circ} Q$	0,169

Fuente: Elaboración propia.

Para medir el caudal se procedió a realizarlo cada media semana desde la fecha 20 de septiembre hasta el 23 de octubre, cabe recalcar que se realizó la medición de los caudales los días Lunes, Martes y sábados.

De acuerdo al volumen de agua y la unidad de tiempo se obtuvo que la Lavandería Multiservi tiene un caudal de 0,169 ℓ/s . Sin embargo, es necesario llevar los resultados a m^3/h ya que la tarifa de precio que pagan los usuarios o consumidores de la provincia Cercado es de 0 a $10m^3$ y lavandería trabaja en un tiempo de 8h.

$$0,169 \frac{\ell}{s} * \left(\frac{1m^3}{1000\ell} \right) * \left(\frac{3600s}{1h} \right) =$$

Se determina que en 8 h se genera $0,60840 m^3 \times 8h = 4,8672m^3/h$

3.1.2.4. Capacidad del sistema actual

La capacidad del sistema actual se determina mediante la ecuación en la cual se multiplica el caudal de lavado por el tiempo de lavado promedio. Para medir dicha capacidad se usarán unidades de ℓ/s por su fácil interpretación.

Siendo el tiempo de lavado promedio de 8 min.

Donde:

Q = Expresada en ℓ/min

t = tiempo de utilización promedio en segundos

$$Cant = Q * T_{prom}$$

$$Cant = 0,169 \ell/s * 480 \text{ s}$$

$$Cant = 81,12 \ell$$

Obteniendo la cantidad de agua utilizada por los vehículos que están entre el intervalo de tiempo de los 8 min de dos ejes, se determina la capacidad de agua que la planta debe suministrar por ciclo de lavado por lo cual esta lavandería cuenta con dos espacios para realizar la limpieza del automotor se tiene.

$$Capacidad = 81,12 \ell * 2 \text{ veh iculos}$$

$$Capacidad = 162,24 \ell = 16,2 \text{ m}^3$$

3.1.2.5. Descripción del sistema actual de tratamiento de aguas residuales

Lavandería Multiservi cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que consta en una etapa preliminar la cual realiza el trabajo de eliminación de los sólidos más gruesos que pueden sedimentar, tales como arenas y limos, y las partes flotantes, tales como grasas, aceites e hidrocarburos (gasolina). Para la eliminación de arenas y limos pasa a un cámara colector, posteriormente a una cámara de desarenador, trampa de grasas (clarificadores del agua), para aumentar la eficiencia después de pasar por la trampa de grasas el agua residual industrial pasa a un filtro de arena y grava.

3.1.2.6.1. Tratamiento preliminar

El sistema de pretratamiento es una estructura auxiliar que preceder a cualquier sistema de tratamiento. Esta estructura persigue principalmente los objetivos de reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que traen consigo, la Lavandería Multiservi brinda la capacidad de lavar dos vehículos al mismo tiempo, el

sistema cuenta ya con su correspondiente rejilla de cribado en donde sus dimensiones y geometría ya fueron establecidos en el momento de su construcción, luego el agua pasa por la trampa de grasas en esta parte se efectúa la eliminación de las grasas por medio de flotación, finalmente el efluente sigue su recorrido hasta ser almacenado en el la cámara filtro.

- **Cribado**

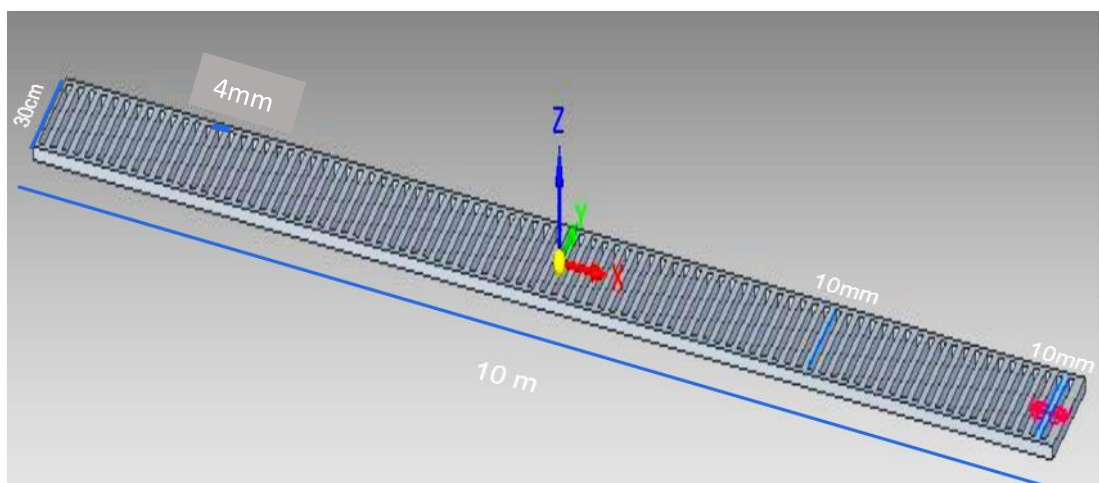
La Lavandería Multiservi anteriormente ya cuenta con un cribado el cual cumple la función como primer filtro de residuos ya que este permitirá retener botellas, trapos, entre otros, que pueden taponar tuberías o afectar el funcionamiento del sistema siguiente.

Dimensionamiento de la rejilla se toma que el sistema de cribado abarcar una distancia total de 10m de largo y ancho de 30 cm.

Las rejillas se encuentran en una canal de concreto que posee una profundidad de 40 cm, donde el agua proveniente del proceso de lavado del automotor se recolecta y será distribuida por gravedad hacia la trampa de grasas.

El espacio entre barras es de 40 mm ya que son rejillas limpiadas manualmente con una velocidad de aproximación mínima del fluido entre 0,3 m/s a 0,6 m/s.

Figura N°18: Dimensionamiento de la rejilla



Fuente: Elaboración Propia.

Para calcular la pérdida de carga en rejilla se emplea la ecuación.

$$k = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{1.33} \sin \alpha$$

$$k = 0,75 \left(\frac{10\text{mm}}{15\text{mm}} \right)^{1.33} \sin \alpha$$

$$k = 0.0609$$

- **Donde:**

S = Ancho de la barra.

b = Espaciamiento entre barras.

α = Ángulo de aproximación determinado en 10°, este valor se determina mediante construcciones existentes en sitios de lavado vehicular.

Esta ecuación se realiza para una rejilla limpia en la que no se acepta una pérdida de mayor a 75 cm. Donde β depende de la forma geométrica de la barra.

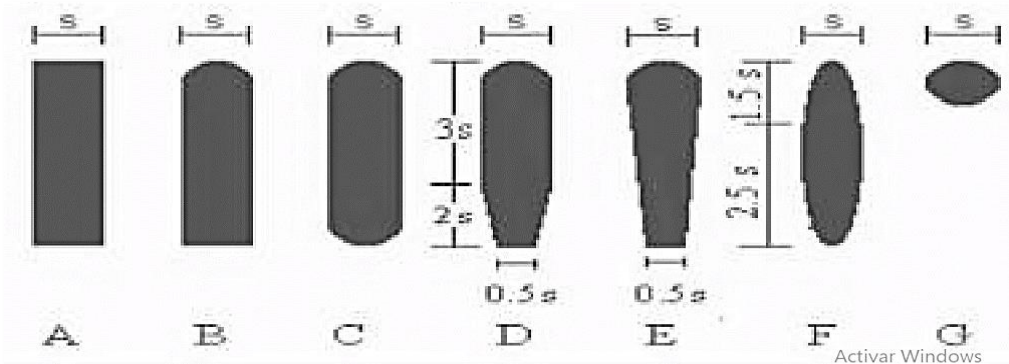
La siguiente tabla muestra la clasificación del coeficiente transversal según su geometría.

Tabla N° 19: Coeficiente de pérdida en rejillas

Sección Transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: RAS 200- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento

Figura N° 19: Diferentes Formas De Rejillas



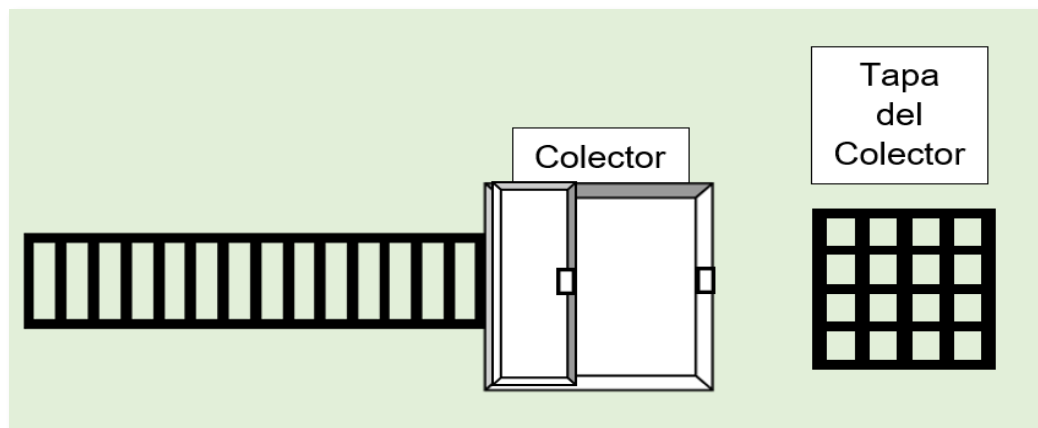
Fuente: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento-Colombia.

- **Colector**

El colector es aquel que se encuentra en la caída del agua del cribado este mide 1m^2 el cual cumple la misión mixta de desarenador y trampa de grasas anterior al desarenador y trampa de grasas haciendo que los sólidos pesados se sedimenten y parte de las grasas y aceites queden estancadas en una subdivisión que posee de 10 cm de ancho, esta misma cuenta con una tapa de 1m^2 con rejillas de 5 x 5 cm.

En la siguiente figura se muestra el colector con el que cuenta la Lavandería Multiservi

Figura N°20: Colector



Fuente: Elaboración propia.

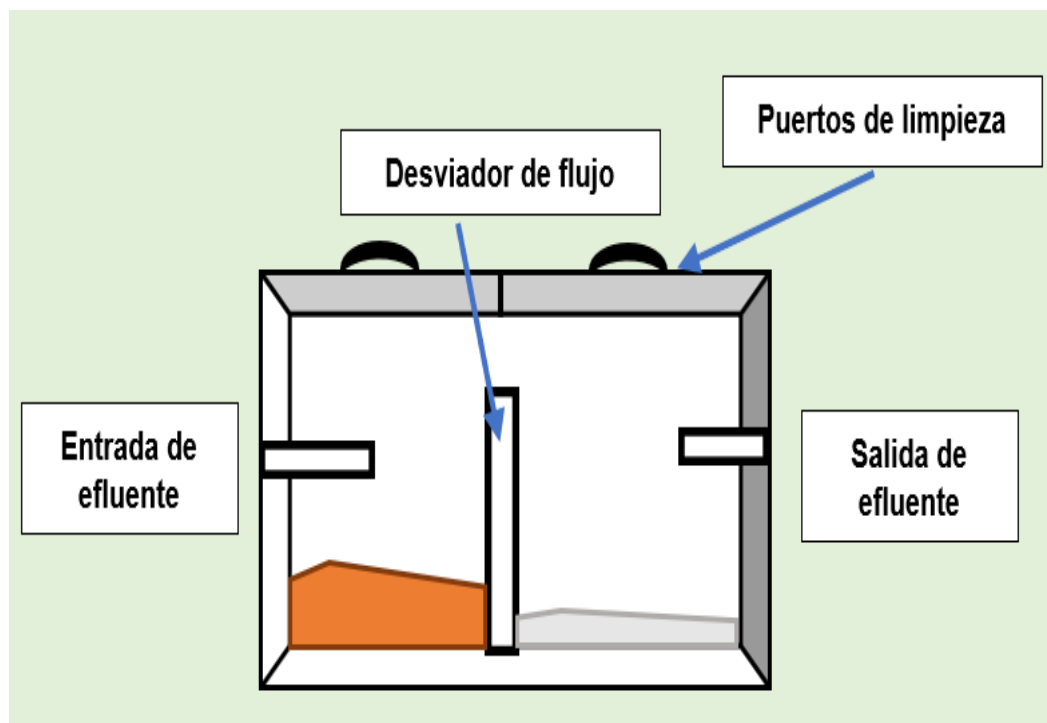
- **Desarenador**

Tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm. Mediante el proceso de desarenado se previenen posibles interrupciones del funcionamiento y daños materiales a causa del desgaste u obstrucciones.

La Lavandería Multiservi cuenta con un desarenador de 1,75 m x 1,1m la cual a su vez funciona como en una especie de trampa de grasas, teniendo así un desviador de flujo y dos puertos de limpieza de concreto en la superficie.

En la siguiente figura se muestra el Desarenador con el que cuenta la Lavandería Multiservi

Figura N° 21: Desarenador de la Lavandería Multiservi



Fuente: Elaboración propia.

- **Trampa de grasas**

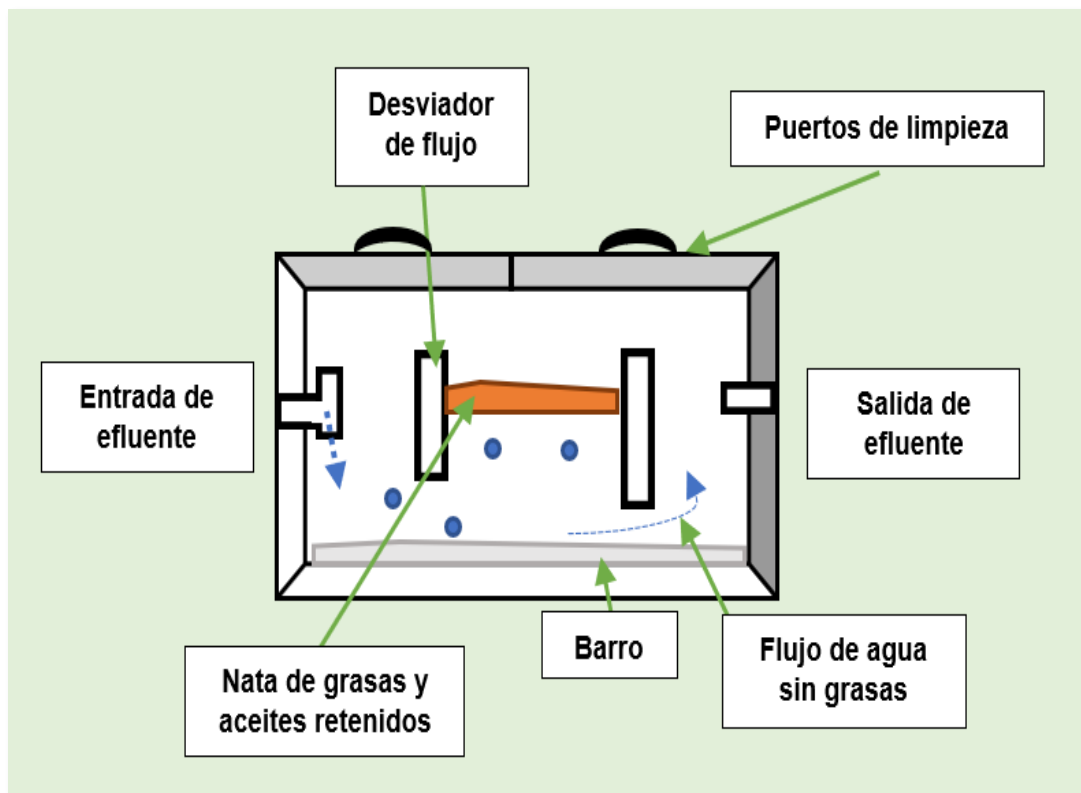
Permite la remoción de grasas y aceites por lo que es de gran importancia, debido a que estos elementos contaminantes presentes en el agua por el lavado de los vehículos pueden ocasionar problemas a futuro, uno de estos es el taponamiento de las tuberías debido al aglutinamiento de grasas.

La Lavandería Multiservi cuenta ya con su trampa de grasas la cual tiene una dimensión de 1,75 m x 1,1 m.

Poseyendo dos desviadores de flujo y dos puertos de limpieza de concreto.

En la siguiente figura se muestra la trampa de grasas con el que cuenta la Lavandería Multiservi

Figura N° 22: Trampa de grasas de la Lavandería Multiservi



Fuente: Elaboración propia.

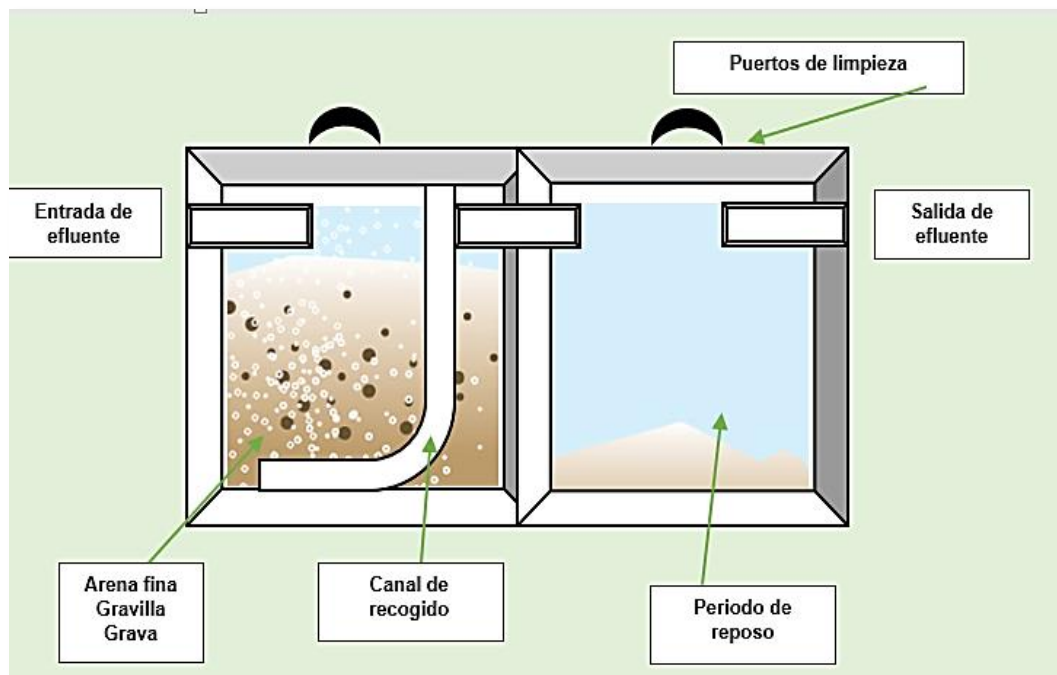
- **Filtro**

El filtro con el que cuenta la Lavandería Multiservi es un filtro de gravedad o filtros lentos es aquel que tiene un lecho filtrante y el agua luye a través de este lecho gracias al efecto que produce la gravedad por este motivo se le conoce de esta manera, posee una velocidad de filtración bastante lenta por cual requiere un área de filtración bastante amplia para un flujo determinado. Tiene una dimensión de 1,75 m x 1,1 m.

- **Criterios**

- El sistema de filtrado posee la facilidad de su mantenimiento cuando sea necesario.
- El sistema de filtrado no proporciona una carga de filtrado constante y de la misma calidad.
- El sistema de filtrado posee una velocidad considerable, que permita a la planta hacer la recirculación del agua según sus necesidades de operación.

Figura N° 23: Filtro de la Lavandería Multiservi



Fuente: Fuente: Elaboración propia.

3.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO, SÓLIDOS DISUELTOS, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, SÓLIDOS SEDIMENTABLES, ACEITES Y GRASAS (d), pH, TEMPERATURA, COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA VEHICULAR MULTISERVI APLICANDO LA NB 64002.

La técnica de muestreo adoptada es la que proporciona NB 64002 para Muestreo de Efluentes Industriales y la guía Ministerio del Medio Ambiente y Agua para aguas residuales, también se consideró, las recomendaciones proporcionadas por el encargado del laboratorio, en el cual se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de aguas residuales.

Para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua residual industrial provenientes de la Lavandería Multiservi los laboratorios seleccionados fueron el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), unidad dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y el laboratorio de la Cooperativa de Servicio de Agua y Alcantarillado (COAALT Ltda), dichos laboratorio cuenta con acreditación del Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) de forma conjunta con la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), que se fundamenta en el cumplimiento de las Normativas Internacionales ISO 9001, ISO/IEC 17025, ISO 17034 e ISO/IEC 17020, lo que permite cumplir con el Reglamento especial de aguas residuales y garantizar la confiabilidad de los resultados entregados.

De dichos laboratorios se solicitó los análisis de los parámetros: físico - químicos (sólidos precipitables, sólidos en suspensión, sustancia, sólidos disueltos, Aceites y Grasas (d), pH, DBO₅, temperatura, DQO) y microbiológicos (coliformes fecales, y escherichia coli). Se realizaron dos puntos de muestreos establecidos en la Lavandería Multiservi, la primera toma de muestra fue hecha a principios del mes de Septiembre y la última muestra se realizó a finales del mes de Octubre.

En la siguiente tabla muestra el cronograma de la toma de muestras:

Tabla N°20: Cronograma de muestras

MUESTRAS	FECHAS
Muestras N°1	10 de septiembre del 2021
Muestras N°2	27 de septiembre del 2021
Muestras N°3	12 de octubre del 2021
Muestras N°4	25 de octubre del 2021

Fuente: Elaboración Propia.

Los puntos de monitoreo se dividieron en dos:

Punto N° 1: Se tomo la muestra N° 1, 2 y 3 en la cámara colectora por su fácil acceso y por su carga representativa para los parámetros.

Punto N° 2: Se tomo la muestra N° 4 en la cámara filtro al ser esta la última cámara la cual dispone sus efluentes al sistema del alcantarillado, de esta última cámara se tomará el agua para reciclar y por ende a partir de este punto se propondrá aplicar un tratamiento físico químico.

3.2.1. Resultados e interpretación de datos

La interpretación de los resultados obtenidos del laboratorio CEANID y COSAALT Ltda se tomará tomando en cuenta la NB 64002 vinculada al RASIM ANEXO B - C Industria de Vehículos y partes automotoras. Sin embargo, de los parámetros evaluados solo ocho de ellos se encuentran estipulados dentro de los Anexos (DBO₅, DQO, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas (d), Ph, Temperatura) y el restante que son Escherichia Coli y Coliformes Fecales se encuentran en la NB 512.

A continuación, se detalla los resultados de cada uno de los parámetros de análisis físicos, químico y microbiológico, realizado en los dos puntos de muestreo.

Tabla N° 21: Resultado de análisis, punto N°1, Muestras 1,2, y 3

Punto	Parámetros	Técnica o método	Unidad	Muestra N° 1	Muestra N° 2	Muestra N° 3
Punto N°1	DBO ₅	SM 5210-B	mg/ℓ	4720	5960	2985
	DQO	USEPA 410.4	mg/ℓ	50614	8820	218150
	Sólidos disueltos	SM 2540-C	mg/ℓ	321	370	1051
	Sólidos suspendidos	SM 2540-D	mg/ℓ	7257	5006	1419
	Sólidos Sedimentables	Volumétrico	mg/ℓ	21,00	27,00	58,00
	Aceites y Grasas (d)	SM-5220-B	mg/ℓ	20545	415865	50079
	pH	SM 4500 -H-B	-	6,72	5,50	6,60
	Temperatura	SM 2550-B	°C	22,34	23,50	21,0
	Coliformes Fecales	Tubos múltiples	NMP/100ml	4,60	2,40	1,1

(*) 95 % de las muestras, con la serie de cinco (5) tubos

Fuente: Laboratorios CEANID y COSAALT Ltda.

La Tabla N° 21, son los resultados obtenidos por el laboratorio de CEANID y COSAALT Ltda, el cual refleja que siete de los parámetros estudiados se encuentran por encima de los límites máximos permisibles en los tres muestreos realizados, se llega a la conclusión que existe contaminación por parte de los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas (d) y Coliformes Fecales.

Tabla N° 22: Resultado de análisis, punto N°2, Muestreo 4

Puntos	Parámetros	Técnica o método	Unidad	Muestra N° 4
Punto N°2	DBO ₅	SM 5210-B	mg/l	51,0
	DQO	USEPA 410.4	mg/l	261,0
	Sólidos disueltos	SM 2540-C	mg/l	851
	Sólidos suspendidos	SM 2540-D	mg/l	391,0
	Aceites y Grasas (d)	SM 5220-B	mg/l	69,25
	pH	SM 4500 -H-B	-	7,8
	Temperatura	SM 2550-B	°C	21,0
	Coliformes Fecales	Tubos múltiples	NMP/100ml	<2,0
	Escherichia Colis	NB 31005:07	UFC100ml	<1(*)

(*) 95 % de las muestras, con la serie de cinco (5) tubos

Fuente: Laboratorios CEANID y COSAALT Ltda.

La Tabla N° 22, son los resultados obtenidos por el laboratorio de CEANID y COSAALT Ltda, el cual refleja que ocho de los parámetros estudiados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, este cuarto muestreo fue realizado en la cámara filtro ya que de esta última será tomada el agua a reutilizar, la cual fue llevada a laboratorio para la correspondiente coagulación, floculación y cloración a esta muestra de agua residual industrial para, posteriormente poder reutilizarla, sin embargo el parámetro de Aceite y Grasas (d) demostró un descenso, pero no fue suficiente por lo cual este parámetro se seguiría encontrando por encima de los límites permisibles.

3.2.1.1. Resultados Físico - Químicos

A continuación, se detalla los resultados y análisis de cada parámetro obtenido en las diferentes muestras, los resultados se muestran a través de Tablas y gráficos con su respectiva interpretación dentro del marco de la NB 64002 vinculada al RASIM

ANEXO 13 B - C Industria de Vehículos y partes automotoras en relación a los resultados obtenidos de los análisis.

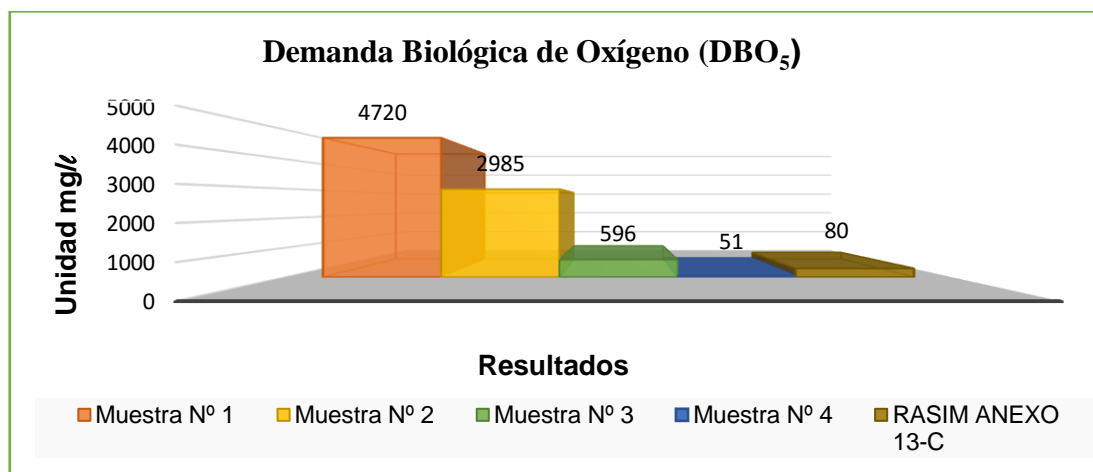
3.2.1.1.1.- Resultados del parámetro Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Tabla N° 23: Resultados de análisis del parámetro Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y comparación con RASIM ANEXO 13-C

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Muestra N° 4	Máx.	
DBO ₅	SM 5210-B	mg/ℓ	4720	2985	596,0	51,0	80	RASIM ANEXO 13-C
SM: Standard Methods								

Fuente: CEANID

Gráfica N°1: Resultados del análisis del Parámetro Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅ y comparación con RASIM ANEXO 13-C



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID.

La Tabla N° 23 son los resultados de DBO₅ de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID

La Gráfica N°1 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 4720 mg/ℓ, el segundo 27/09/2021 con datos de 2985 mg/ ℓ, el tercero el 12/10/2021 con datos de 596,0 mg/ℓ se puede evidenciar que el parámetro de DBO₅ de los tres muestreos se encuentran por encima de los límites permisibles de 80 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que esta agua está contaminada y demanda un alto consumo de oxígeno impidiendo su generación normal, matando así la vida acuática por asfixia.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan un descenso hasta 51,0 mg/ℓ, dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de 80 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que no está contaminada esta disminución se debe a que en esta última muestra se le realizó un trabajo experimental de coagulación, floculación y cloración, especificado a detalle en el punto 3.3.5.1.7. del presente capítulo.

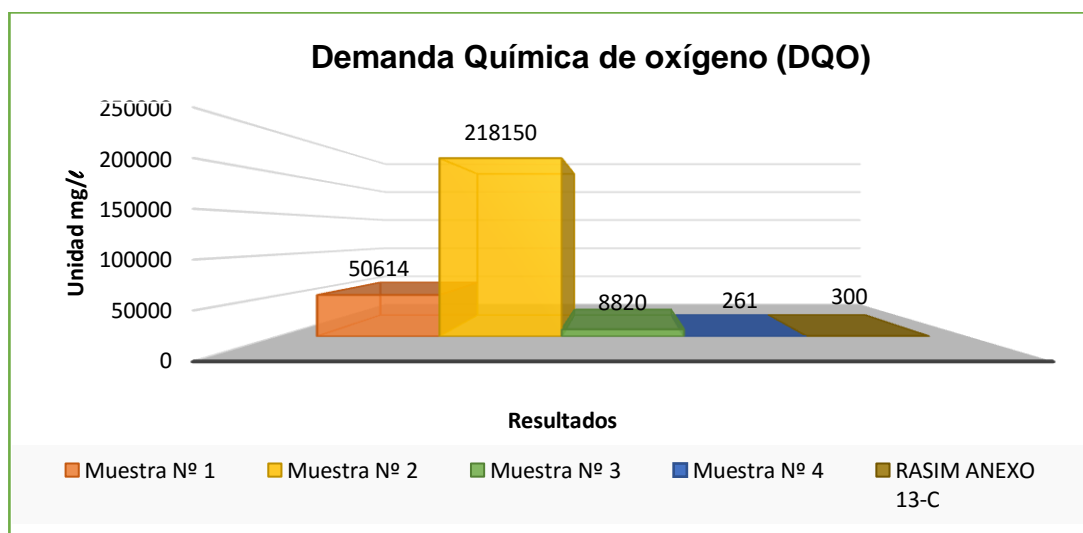
3.2.1.1.2. Resultado del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla N°24: Resultado del análisis del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) y comparación con RASIM ANEXO 13-C

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Muestra N° 4	Máx.	
DQO	USEPA 410.4	mg/ℓ	50614	218150	8200	261,0	300	RASIM ANEXO 13-C
USEPA: Agencia de Protección Ambiental								

Fuente: CEANID

Gráfica N° 2: Resultado del análisis del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) y comparación con RASIM ANEXO 13-C.



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID.

La Tabla N° 24 son los resultados de DQO de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID

La Gráfica N°2 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 50614 mg/ℓ, el segundo 27/09/2021 con datos de 218150 mg/ℓ, el tercero el 12/10/2021 con datos de 8820 mg/ℓ se puede evidenciar que el parámetro de DQO de los tres muestreos se encuentran por encima de los límites permisibles de 300 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C. por lo que se puede concluir que esta agua está en un nivel alto de contaminación.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan un descenso hasta 261mg/ℓ, dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de 300 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que no se encuentra contaminada esta disminución se debe a que en esta última muestra se le realizó un trabajo experimental de coagulación, floculación y cloración, especificado a detalle en el punto 3.3.5.1.7. del presente capítulo.

Al realizar la coagulación, floculación y cloración, del parámetro DQO se observa que baja con respecto a los límites permisibles, pero en un 13 % en cambio el DBO₅ baja en un 36,25 % con respecto a su límite permisible,

3.2.1.1.3. Resultado del parámetro Sólidos Disueltos

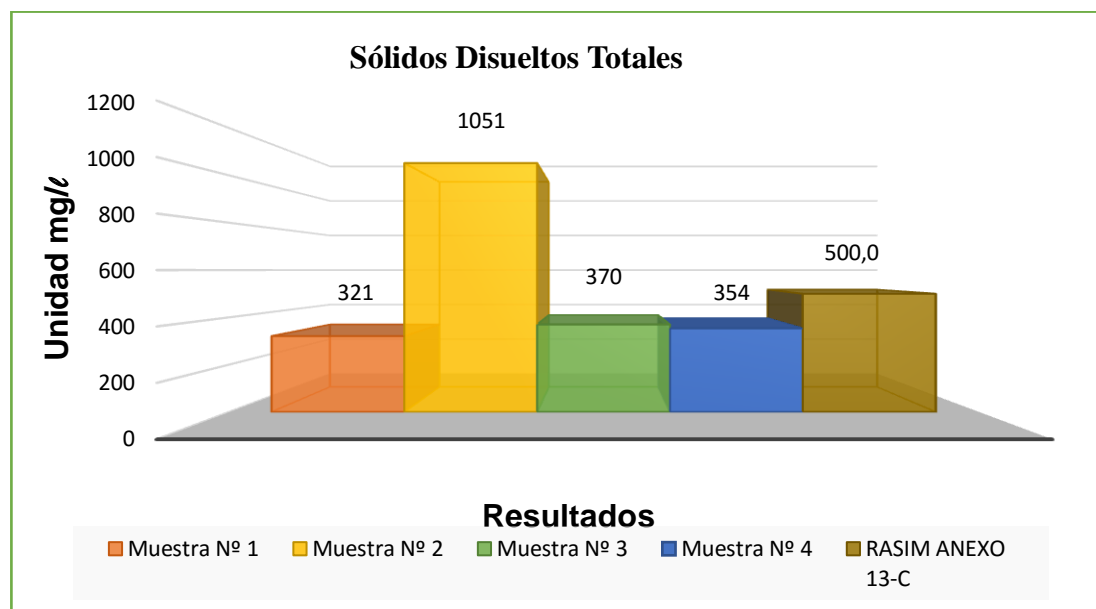
Tala N°25: Resultado del análisis del Sólidos Disueltos y comparación con RASIM
ANEXO 13-C

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Muestra N° 4	Máx.	
Sólidos disueltos totales	SM 2540-C	mg/ℓ	321	1051	370,0	354	500,0	RASIM ANEXO 13-C

SM: Standard Methods

Fuente: CEANID.

Gráfica N°3: Resultado del análisis del Sólidos Disueltos y comparación con RASIM ANEXO 13-C



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID.

La Tabla N° 25 son los resultados de Sólidos Disueltos de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID

La Gráfica N°5 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 321 mg/ℓ, el segundo 27/09/2021 con datos de 1051 mg/ℓ, el tercero el 12/10/2021 con datos de 370 mg/ℓ se puede evidenciar que el parámetro de Sólidos Disueltos del primer y tercer muestreo se encuentran dentro de los límites permisibles, sin embargo el segundo muestreo se encuentran por encima de los límites permisibles, realizando un media aritmética de los tres muestreos, tenemos un resultado de 580,7 mg/ℓ demostrando así que el parámetro de Sólidos Disueltos se encuentran por encima de los límites permisibles 500,0 mg/ℓ del RASIM anexo 13 - C, por lo que se puede concluir que esta agua está en un nivel alto de contaminación.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan un descenso hasta 354 mg/ℓ, dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de 500,0 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que no se encuentra contaminada esta disminución se debe a que en esta última muestra se le realizó un trabajo experimental de coagulación, floculación y cloración, especificado a detalle en el punto 3.3.5.1.7. del presente capítulo.

Al realizar la coagulación, floculación y cloración, del parámetro Sólidos Disueltos se observa que baja con respecto a los límites permisibles en un 29,2 %.

3.2.1.1.4. Resultado del parámetro Sólidos Suspendidos

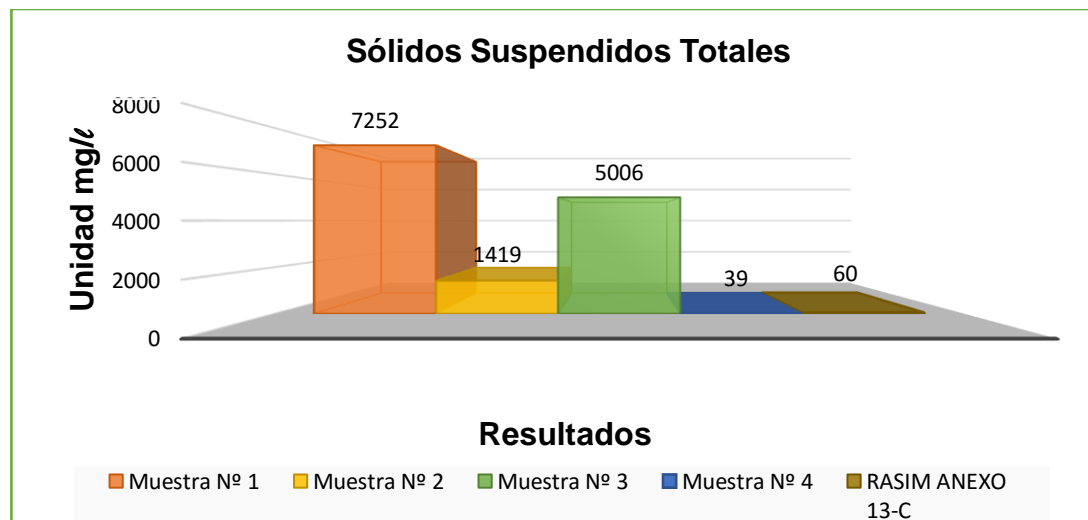
Tabla N°26: Resultado del análisis del Sólidos Suspendidos y comparación con RASIM ANEXO 13-C

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Muestra N° 4	Máx.	
Sólidos suspendidos totales	SM 2540-D	mg/ℓ	7252	1419	5006,0	39	60,0	RASIM ANEXO 13-C

SM: Standard Methods

Fuente: CEANID.

Gráfica N°4: Resultado del análisis del Sólidos Suspendidos y comparación con RASIM ANEXO 13-C



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID.

La Tabla N° 26 son los resultados de Sólidos Suspendidos de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID

La Gráfica N°4 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 7252 mg/ℓ, el segundo 27/09/2021 con datos de 1419 mg/ℓ, el tercero el 12/10/2021 con datos de 5006 mg/ℓ se puede evidenciar que el parámetro de Sólidos Suspendidos de los tres muestreos realizados se encuentran por encima de los límites permisibles 60,0mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que esta agua está en un nivel alto de contaminación.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan un descenso hasta 34 mg/ℓ, dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de 60,0 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que no se encuentra contaminada esta disminución se debe a que en esta última muestra se le realizó un trabajo experimental de coagulación, floculación y cloración, especificado a detalle en el punto 3.3.5.1.7.del presente capítulo.

Al realizar la coagulación, floculación y cloración, del parámetro Sólidos Suspendidos se observa que baja con respecto a los límites permisibles en un 43,3%.

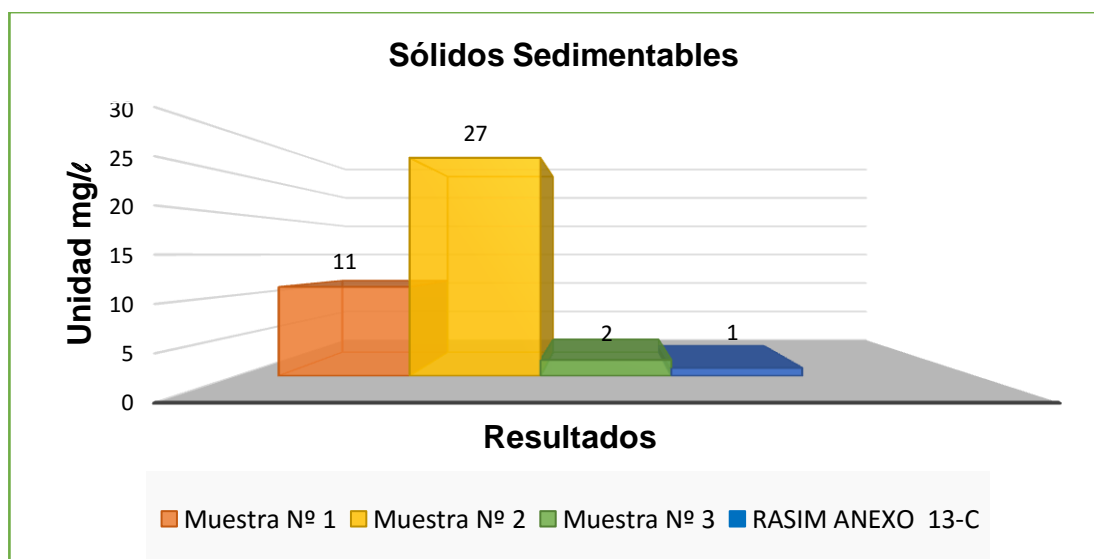
3.2.1.1.4. Resultado del parámetro Sólidos Sedimentables

Tabla N°27: Resultado del análisis del Sólidos Sedimentables y comparación con RASIM ANEXO 13-C

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados			LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Máx.	
Sólidos sedimentables	Volumétrico	ml/ℓ	11,00	27,00	2,00	<1 ml/ℓ	RASIM ANEXO 13-C

Fuente: COSAALT Ltda.

Gráfica N°5: Resultado del análisis del Sólidos Sedimentables y comparación con RASIM ANEXO 13-C



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del COSAALT Ltda.

La Tabla N° 27 son los resultados de Sólidos Sedimentables de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID

La Gráfica N°5 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras.

El muestreo para este parámetro se realizó en la caída del agua al desarenador es decir antes del desarenador, ya que en esta etapa es donde se retienen, Es en este sentido que no se vio la necesidad de realizar este parámetro en el Punto N°2, ya que la muestras no sería representativa.

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 11 mg/ℓ, el segundo 27/09/2021 con datos de 27 mg/ℓ, el tercero el 12/10/2021 con datos de 2 mg/ℓ se puede evidenciar que el parámetro de Sólidos Sedimentables de los tres muestreos realizados se encuentran por encima de los límites permisibles 1 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que esta agua está en un nivel alto de contaminación y puede llegar a causar problemas en la planta de tratamiento al acumularse en los cárcamos colectores o generar obstrucción en canales y tuberías

3.2.1.1.5. Resultado del parámetro Aceites y Grasas (d)

El parámetro Aceites y Grasas corresponde al tipo d ya que este parámetro es para Aceites y Grasas corresponde a descargas con hidrocarburos.

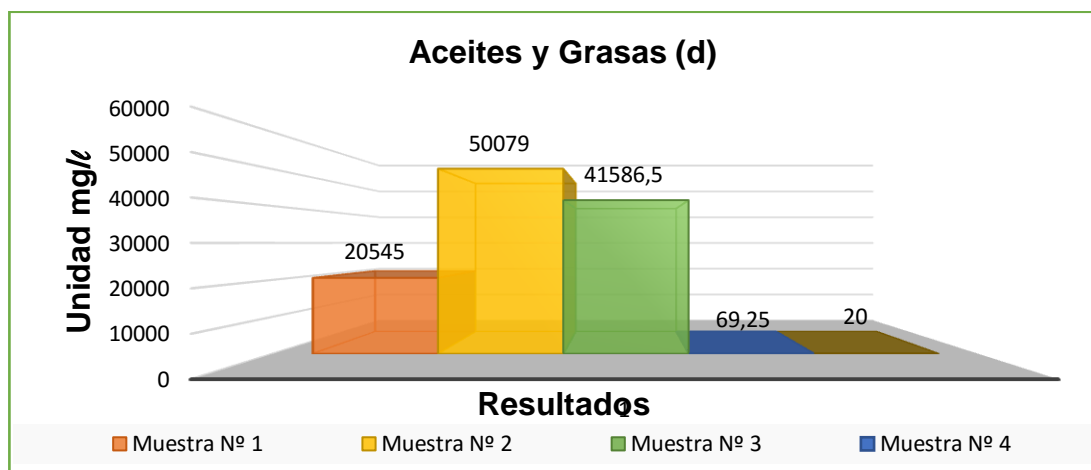
Tabla N°28: Resultado del análisis del Aceites y Grasas (d) y comparación con RASIM ANEXO 13-C

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	N° 4	Máx.	
(Aceites y Grasas d)	SM 5220-B	mg/ℓ	20545	50079	41586,5	69,25	20,0	RASIM ANEXO 13-C

SM: Standard Methods

Fuente: CEANID.

Gráfica N°6: Resultado del análisis del Aceites y Grasas (d) y comparación con RASIM ANEXO 13-C



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID.

Los Aceites y Grasas (d) son sustancias solubles en éter en general son sustancias no polares por lo que los compuestos polares se disuelven.

La Tabla N° 28 son los resultados de Aceites y Grasas (d) de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID.

La Gráfica N°5 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro con una sola muestra, especificado a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 20545mg/ℓ, el segundo 27/09/2021 con datos de 50079mg/ℓ, el tercero el 12/10/2021 con datos de 41586,5mg/ℓ se puede evidenciar que el parámetro de Aceites y Grasas (d) de los tres muestreos realizados se encuentran por encima de los límites permisibles 20,0mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que esta agua puede llegar a provocar impactos negativos en el medio ambiente.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan un dato de 69,25mg/ℓ, dato que se encuentra por encima de los límites permisibles de 20,0 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que aún sigue provocando impactos negativos en el medio ambiente, sin embargo esto puede ser tratado de manera fácil ya que los aceites y grasas al ser solubles en agua son fáciles de retirar a través de flotación o con trampas de Grasas y Aceites y no son contaminantes representativos.

Al realizar la coagulación, floculación y cloración, del parámetro de Aceites y Grasas se observa que baja en un 35 %, con respecto a las muestras uno, dos y

tres, estos compuestos que son polares y que están contenidos en el agua residual industrial de la lavandería, salen en forma de lodo productos de la coagulación y floculación (Cal apagada y el Alumbre) estos lodos son sustancias solubles en éter que pueden llegar hacer tóxicos además que se pueden introducirse en las aguas superficiales y filtrarse a las aguas subterráneas, es necesaria realizar una disposición especial de los lodos que se generan en esta etapa.

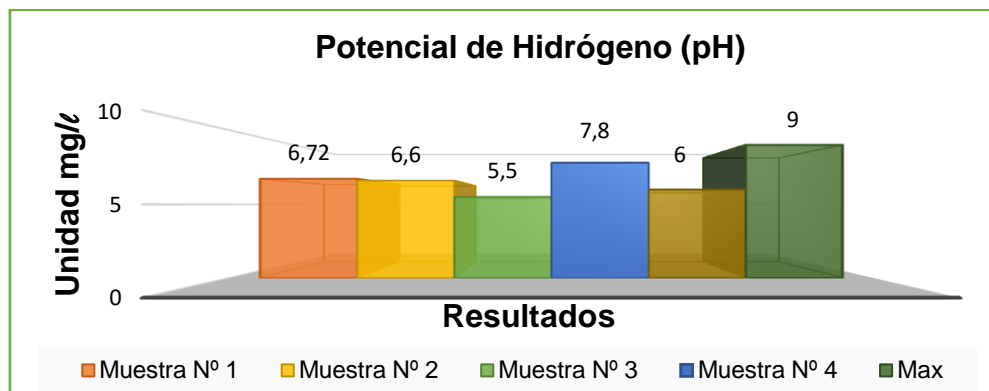
3.2.1.1.5. Resultado del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla N° 29: Resultado del análisis del Potencial de Hidrógeno (pH)

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Muestra N° 4	Min / Máx.	
Ph	SM 4500-H-B	mg/ℓ	6,72	6,60	5,50	7,80	6/9	RASIM ANEXO 13-C
SM: Standard Methods								

Fuente: La muestra N°1 elaborada por COSAALT Ltda, la muestras N°2, 3 elaborada por CEANID y la muestra N° 4 tratada con Alumbre elaborados por CEANID.

Gráfica N°7: Resultado del análisis del Potencial de Hidrógeno (pH) y comparación con RASIM ANEXO 13-C



Fuente: La muestra N°1 elaborada por COSAALT Ltda, la muestras N°2, 3 elaborada por CEANID y la muestra N° 4 tratada con Alumbre elaborados por CEANID.

La Tabla N° 29 son los resultados de pH de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID

La Gráfica N°6 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro con una sola muestra, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, y 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 de con datos de 6,72, el segundo 27/09/2021 con datos de 6,6, el tercero el 12/10/2021 con datos de 5,5 se puede evidenciar que el parámetro de pH de los dos primeros muestreos se encuentran dentro de los límites permisibles, sin embargo el tercer muestreo se encuentran por encima de los límites permisibles, realizando un media aritmética de los tres muestreos, tenemos un resultado de 6,27 demostrando así que el parámetro de pH se encuentran dentro de los límites permisibles 6/9 min/máx del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que esta agua es óptima para su reutilización.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan un aumento hasta 7,8 dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de 6/9 min/máx. del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que no se encuentra en un óptima para su recirculación en la lavandería.

Al realizar la coagulación, floculación y cloración, del parámetro de pH se observar un aumento, sin embargo, este se encuentra dentro de los límites permisible.

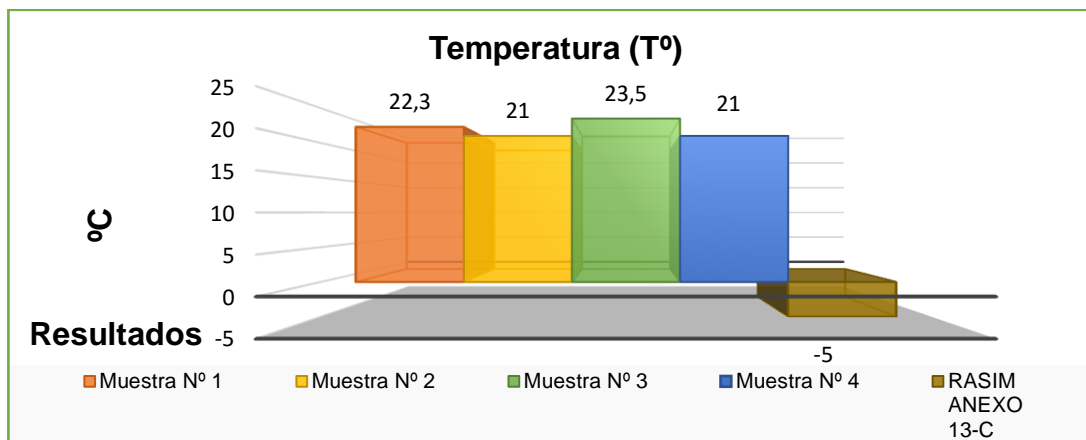
3.2.1.1.6. Resultado del parámetro Temperatura (T°)

Tabla N° 30: Resultado del análisis de la Temperatura (N°) y comparación con RASIM ANEXO 13-C.

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°4	Min / Máx	
Temperatura	SM 2550 - B	°C	22,34	21,0	23,50	21,0	+/- 5°C	RASIM ANEXO 13-C
SM: Standard Methods								

Fuente: La muestras N°1 y 4 elaboración Propia, la muestra N°2 elaboradas por COSAALT Ltda, la muestra N° 3 elaboradas por CEANID.

Gráfica N°8: Resultado del análisis de la Temperatura (T°) y comparación con RASIM ANEXO 13-C.



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID y COSAALT Ltda.

La temperatura es una magnitud que pone en evidencia la energía térmica de un cuerpo. La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro. El aumento de la temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas, de manera que se resalta que en la Lavandería Multiservi el lavado se realiza con agua fría.

La Tabla N° 30 son los resultados de Temperatura de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID.

La Gráfica N°8 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro con una sola muestra, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de 22,3 el segundo 27/09/2021 con datos de 21 el tercero el 12/10/2021 con datos de 23,5 se puede evidenciar que el parámetro de T° de los dos primeros muestreos se encuentran dentro de los límites permisibles de

+/- 5°C del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que la temperatura es óptima para el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan resultado de 21,0 dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de +/- 5°C min/máx. del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que se encuentra óptimo para su recirculación en la lavandería.

3.2.1.2. Resultados Microbiológicos

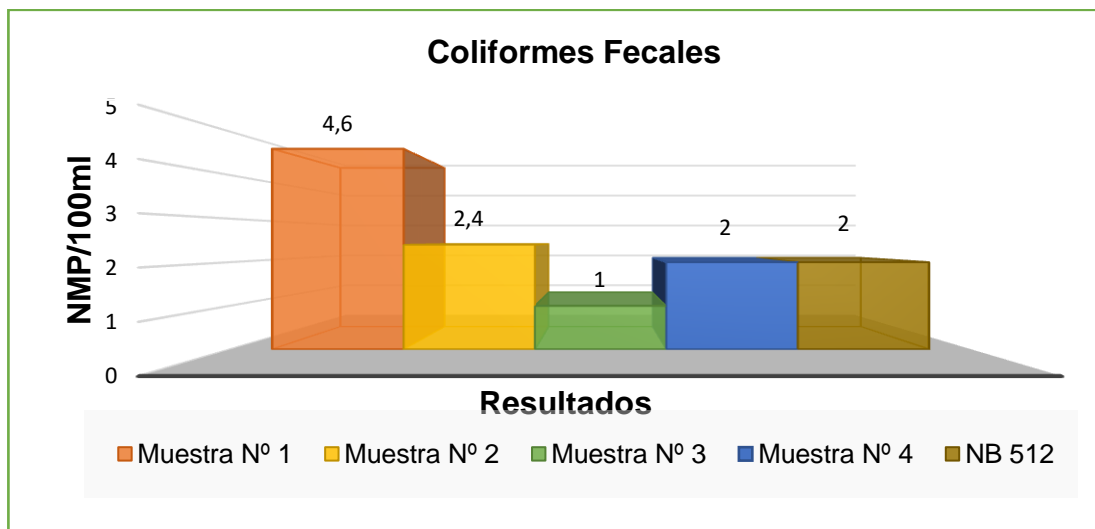
3.2.1.2.1. Resultado del parámetro Coliformes Fecales

Tabla N°31: Resultado del análisis de la coliformes fecales y comparación con la NB 512

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados				LMP	Referencia de límites
			Muestra N°1	Muestra N° 2	Muestra N°3	Muestra N° 4	Máx.	
Coliformes Fecales	Tubos Múltiples	NMP/100 ml	4,60E+07	2,40E+08	1,0E+09	<2,0	<2	NB 512
NMP: Numero Mas Probables								
NMP/100ml; Numero Mas Probables por cien mililitros /Serie de 5								

Fuente: COSAALT Ltda.

Gráfica N°9: Resultado del análisis de Coliformes Fecales, comparación con la NB 512



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del COSAALT Ltda.

La Tabla N° 31 son los resultados de Coliformes Fecales de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de COSAALT Ltda.

La Gráfica N°9 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y en el Punto N°2 en la cámara filtro con una sola muestra, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 1: Muestras N° 1, 2, 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar los tres muestreos realizados a la Lavandería Multiservi, el primero muestreo realizado el 10/09/2021 con datos de $4,60E+07$ el segundo 27/09/2021 con datos de $2,40E+08$ el tercero el 12/10/2021 con datos de $2,40E+08$ se puede evidenciar que el parámetro Coliformes Fecales se encuentra por encima de los límites permisibles de <2 de la NB 512, que maneja el laboratorio de COSAALT Ltda por lo que se puede concluir que existe un alto nivel de contaminación.

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan resultado de <2 dato que se encuentra

dentro de los límites permisibles de <2 de la NB 512, por lo que se puede concluir que no está contaminada esta disminución drástica se debe a que en esta última muestra se le realizó un trabajo experimental de coagulación, floculación y cloración, especificado a detalle en el punto 3.3.5.1.7. del presente capítulo.

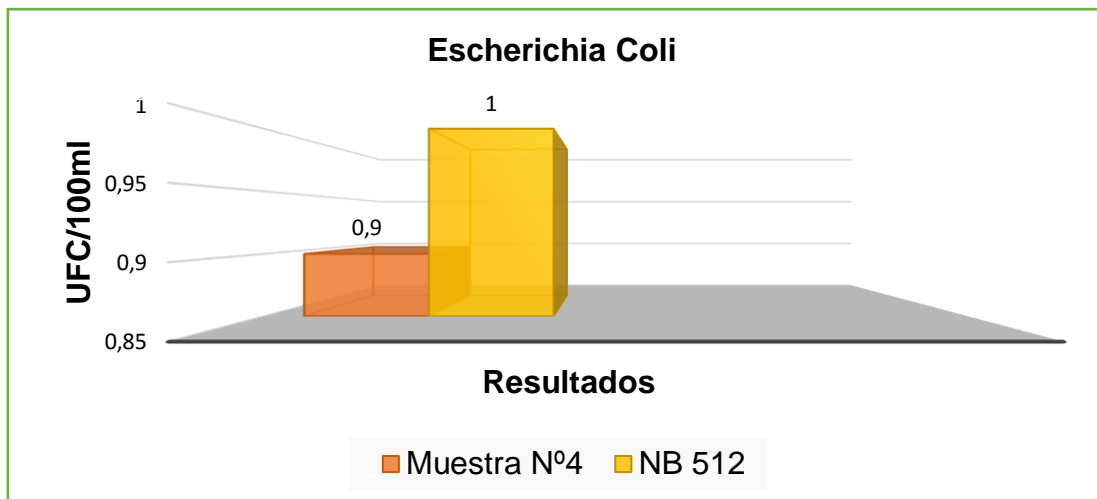
3.2.1.2.2. Resultado del parámetro Escherichia Colis

Tabla N° 32: Resultado del análisis de la Escherichia Coli NB 512

Parámetro	Técnica	Unidad	Resultados	LMP	Referencia de límites
			Muestra N°4	Máx.	
Escherichia Colis	NP 31005:07	UFC/100ml	<1 (*)	<1	NB 512
NP: Número más probable UFC:/100ml: Unidad Formadores de colonias por cien mililitros (*):95 % de las muestras, con la serie de cinco (5) tubos					

Fuente CEANID.

Gráfica N°10: Resultado del análisis de la Escherichia Coli y comparación con la NB 512



Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a los resultados obtenidos del CEANID.

La presencia de E. coli en el agua, es un indicador específico de Escherichia Colis en la contaminación fecal humana, animal o de aguas residuales sin tratar.

La Tabla N° 32 son los resultados de las muestras de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, que posteriormente fueron llevadas a ser analizadas en el Laboratorio de CEANID.

La Gráfica N°8 muestra la comparación gráfica de los parámetros del Punto N°1 en la cámara colectora con tres muestras y el Punto N°2 en la cámara filtro con una sola muestra, especificada a continuación:

- **PUNTO N° 2: Muestra N° 4**

Se realizó una sola muestra de E. Coli resultado que de acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que el cuarto muestreo realizado el 25/10/2021, reflejan resultado de <1 dato que se encuentra dentro de los límites permisibles de <1 de la NB 512 que maneja el Laboratorio de CEANID por lo que se puede concluir que no está contaminada esta disminución drástica se debe a que en esta última muestra se le realizó un trabajo experimental de coagulación, floculación y cloración, especificado a detalle en el punto 3.3.5.1.7. del presente capítulo.

En este punto de muestreo el Cloro realizó un papel importante siendo este el que mayor influencia tuvo para la eliminación de E. Coli y la desinfección correspondiente rompiendo las uniones químicas moleculares. impidiendo así la transmisión de enfermedades transmitidas por el agua que contiene E. Coli (como el cólera, la tifoidea, la disentería y la hepatitis A).

Se concluye que realizando la coagulación, floculación y coloración la E. Coli disminuye drásticamente.

3.3. PROPUESTA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LAVANDERÍA MULTISERVI.

3.3.1. Introducción

Al momento de realizar este trabajo de investigación tomamos como referencia la situación actual por la que está pasando el planeta debido al desperdicio de los recursos naturales por parte de los seres humanos y al no darse cuenta que estos recursos cada vez se van agotando y que la mayoría no hace conciencia de ello y uno de estos recursos que más se está desperdiciando es el agua siendo este un recurso indispensable para los seres vivos.

Este diseño traerá tres tipos de beneficios, primero es que las aguas en su disposición final puedan ser vertidas al alcantarillado con un grado de contaminación disminuido, la reutilización de estas aguas en las lavanderías y que también puedan ser usadas en actividades que no requieran el manejo de aguas potables estrictamente, como es el caso del riego en áreas verdes, limpieza de zonas recreativas como canchas de distintos usos, dentro de la urbanización y finalmente un último beneficio de evitar problemas jurídicos con las entidades competentes.

El contenido de esta propuesta pretende desarrollar un documento que complemente de manera organizada toda la información referente a un manejo adecuado del recurso agua en los centros de lavado de vehículos con la adopción de tecnologías ahorradoras y la incorporación de buenos hábitos en la Lavandería Multiservi podemos reducir las facturas de suministro, mejorar la calidad de los vertidos y proteger el medio ambiente.

3.3.2.- Objetivo de la Propuesta

Diseñar una cámara de coagulación, floculación con sus respectivas dimensiones, procesos y mantenimiento con la finalidad de que se construya y de esta forma reducir facturas de suministro de agua y vertir esta agua con niveles aceptables para su respectiva recirculación y vertido al alcantarillado.

3.3.3 Justificación

El proceso de tratamiento de aguas residuales ayudará a resolver un problema de cultura ambientalista que se presenta en el país el de no tener una iniciativa para evitar la contaminación de aguas y dar a la sociedad una educación ambiental, al enseñarles que existen alternativas ecológicas que pueden implementar en sus centros de lavado de vehículos. Las lavanderías vehiculares son factibles a reciclar gran parte del agua que se emplea en el lavado, reduciendo de esta manera su consumo, lo cual representa una mayor certidumbre en la disponibilidad del agua, y un ahorro que en el transcurso del tiempo amortizará el costo de inversión de la planta y reducirá los costos de consumo de agua.

El sistema de tratamiento de la Lavandería Multiservi no aplica la recirculación de sus aguas en la misma. Es por eso que se vio la necesidad de realizar una propuesta y diseño de un sistema de tratamiento con reutilización de aguas residuales acorde a las necesidades de la Lavandería Multiservi.

Con la construcción de esta cámara y la aplicación de la coagulante, floculante y cloro se logrará bajar la contaminación que estas aguas residuales provocan.

3.3.4. Desarrollo de la propuesta

La propuesta diseñada, tiene la característica de ser una planta tipo Batch, es decir que va a poseer un flujo discontinuo, este será regulado por el operario de la planta teniendo en cuenta la utilización de la misma y la cantidad de agua que ha utilizado durante el día de operación, los procesos de tratamiento.

En la Figura N°24 se muestra el diseño finalizado del sistema de tratamiento a aplicar, el cual muestra el sistema actual de color verde y el sistema a aplicar de color naranja.

Figura N° 24: Diagrama de la propuesta del sistema de tratamiento



Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Fase de diseño

La fase de diseño corresponde a toda la etapa primaria, en este tratamiento se busca la disminución de los parámetros establecidos por la NB 64002 vinculada al RASIM Anexo 13 B-C, la cual se realizó por un proceso fisicoquímico en los cuales están la sedimentación, flotación y coagulación, también se busca la reutilización de las aguas residuales generadas por la lavandería.

3.3.5.1.1. Sistema de aplicación de tratamiento.

Como parte del diseño de la planta de tratamiento de agua residual industrial de la Lavandería Multiservi se procedió a realizar un análisis químico-físicos obteniendo resultados importantes de DBO_5 y DQO que determinan el tipo de tratamiento aplicar tanto para el diseño.

- **Relación DBO_5/DQO**

Como describe el concepto de sistema de recirculación de agua, para desarrollar el diseño de un sistema de tratamiento de agua, se debe considerar el tipo de tratamiento a desarrollar sea este físico químico o biológico por lo que:

- Si la relación (DBO_5/DQO) es $> 0,6$ indica compuestos fácilmente degradables en el agua residual, puede ser tratado mediante tratamientos biológicos.
- Si la relación (DBO_5/DQO) es < 0.6 indica compuesto pocos degradables en el agua residual, puede ser tratado mediante tratamiento físico - químicos. (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Entonces para el respectivo cálculo se debe emplear la siguiente ecuación de relación (DBO_5/DQO).

$$(DBO_5/DQO) = \left(\frac{2.767}{92.321}\right) = 0,029$$

Análisis: El resultado calculado entre la DBO_5/DQO equivale a 0,029 lo que indica que el agua residual contiene compuestos pocos degradables, esto significa que el diseño del sistema consiste en la aplicación del tratamiento físico - químico.

3.3.5.1.2. Diseño del sistema de reutilización de agua residual industrial

En la siguiente figura se presenta el sistema de tratamiento a emplear en la Lavandería Multiservi.

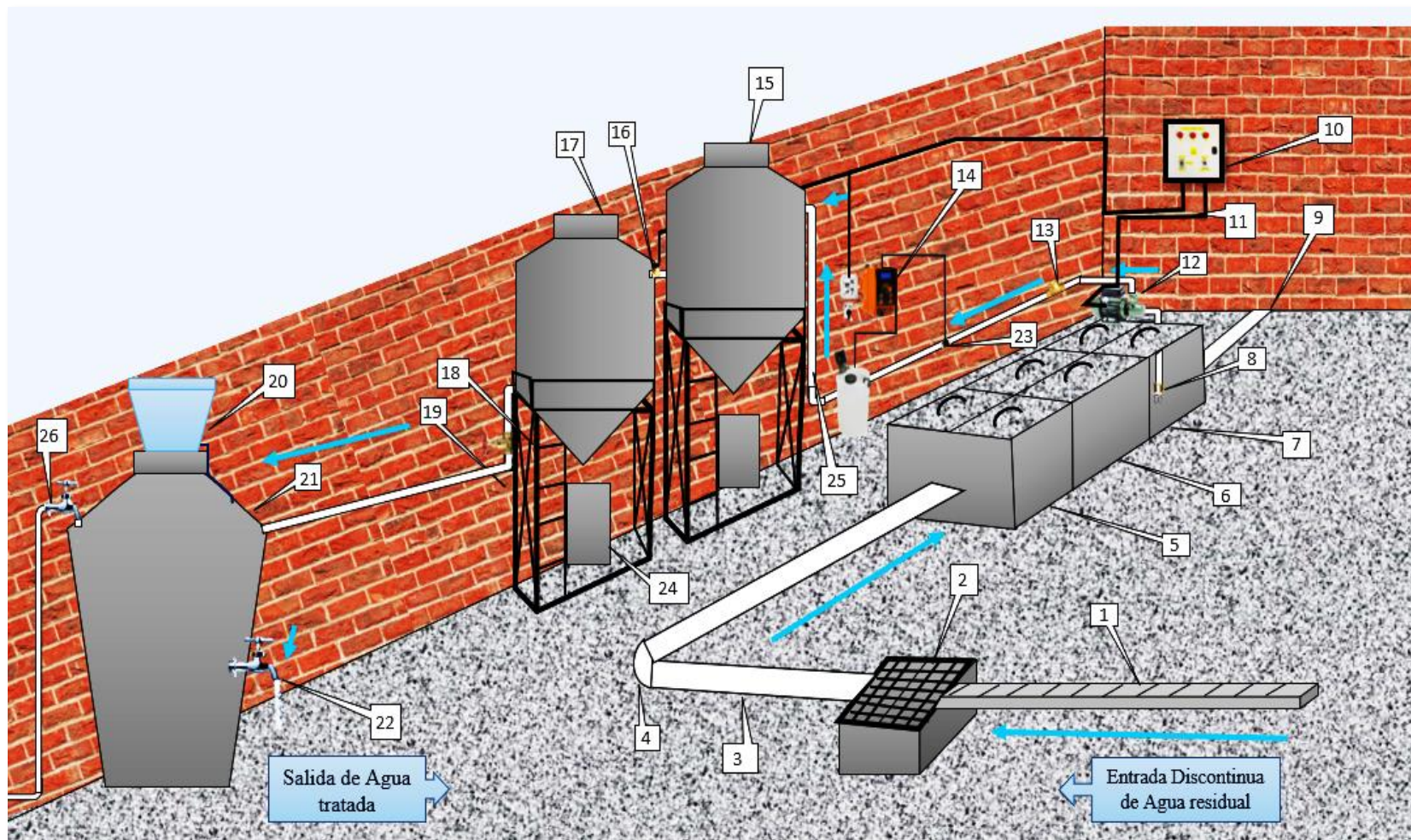


Figura N° 25: Diagrama del proceso de reutilización de agua residual industrial

- **Especificaciones Técnicas de la figura N°13**

1. Cribado.
2. Cámara colectora.
3. Tubería de PBV de 4 plg.
4. Codo de PVC 90 °.
5. Cámara desarenadora.
6. Cámara de Trampa de Grasas.
7. Cámara Filtro.
8. Válvula de pie.
9. Tubería PVC (Alcantarillado).
10. Tablero de Control.
11. Cable eléctrico.
12. Bomba de alimentación.
13. Válvula de retención.
14. Sistema de dosificación (BALDE) Alumbre.
15. Tanque de Coagulación y Floculación.
16. Válvula de solenoide.
17. Tanque de estabilización.
18. Estructura de Tanques de Coagulación y Floculación.
19. Llave de paso.
20. Sistema de dosificación (Balde) Hipoclorito de Sodio.
21. Tanque Reservorio de Agua tratada.
22. Grifo.
23. Abrazadera.
24. Contenedor de Lodos Tubería PVC de 1 plg.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N^a 15 se observa el sistema actual y el sistema propuesto para la Lavandería Multiservi el cual tiene como sistema actual un punto de entrada de agua residual industrial hacia al cribado, luego estas aguas pasan a la cámara

colectora la cual retiene los residuos más grandes, luego pasa a la cámara desarenadora en el cual el material sólido transportado en suspensión se deposita en el fondo, de donde es retirado cada tres meses en forma de lodo, luego pasa a una cámara de trampa de grasas que separa físicamente aquellas grasas libres (que flotan y no están emulsionadas), posteriormente pasa a la cámara filtro donde se elimina todas aquellas partículas coloidales en el agua, finalmente estas aguas pasan a una tubería de alcantarillado es el último paso en la remoción del material suspendido de la etapa preliminar, existente en la Lavandería Multiservi . El sistema a aplicar parte desde este punto donde se instalara una tubería para la reutilización de las aguas residuales donde a la entrada de la tubería se encuentra la válvula de pie donde el agua hace contracción para entrar hacia la bomba de alimentación y esta mandar el agua hacia el tanque de coagulación y floculación esta misma siendo conectada hacia el sistema de dosificación del alumbre la cual está compuesta por su depósito de dosificación, bomba dosificadora y tablero de control, para luego pasar a un tanque de coagulación y floculación del agua residual industrial, posteriormente esta agua pasa hacia el tanque de estabilización, para luego llegar al tanque reservorio de agua tratada en el cual se encuentra en la parte superior de la tapa un balde dosificador de cloro por goteo, finalmente el tanque reservorio de agua es también alimentado con agua potable de COSAALT Ltda esto para bajar el nivel de DQO, en el cual el agua tratada y el agua potable tienen un 50% de participación respectiva.

Todo este sistema se encuentra conectado a tuberías PVC de 1 plg, con codos estándar de 90 ° con un calibre de 1 plg, y con abrazaderas para la unión del sistema de dosificación con el agua residual industrial.

También cuenta con accesorios como la válvula de pie que evita que la tubería succione partículas sólidas y ayuda a la retención de las mismas con un filtro, se sitúa colocarla en la abertura de la línea de succión para la bomba de alimentación, otro accesorio es la válvula de retención autónoma y otra de tipo eléctrica que ayuda a evitar la inversión del flujo en un conducto, finalmente se cuenta con un

llave de paso para dar paso o cortar el flujo cuando nuestro sistema eléctrico o cualquier otro llegue a fallar.

El sistema de dosificación de Alumbre, la bomba de alimentación y la válvula de solenoide se encuentran conectados a un tablero de control, el cual tiene la función de comandar las funciones de los ya mencionados equipos a emplear.

3.3.5.1.3. Cálculos operativos de sistema propuesto

Para el determinar el sistema de bombeo se tiene que trabajar en un sistema de ℓ/h ya que nuestro sistema será discontinuo realizaremos conversiones de nuestro dato de $0,169 \ell/s$ a la siguiente ecuación:

$$0,169 \frac{\ell}{s} * \left(\frac{3600s}{1h} \right) = 608,4 \ell/h$$

Se tiene que la lavandería genera $608,4 \ell/h$ este cálculo nos es útil para determinar el cálculo de la capacidad de los tanques floculadores el cual se pretende cotizar en el mercado nacional y en caso de que no se tuviese la capacidad de tanques floculadores requeridos, se usaran más de uno para la finalidad propuesta para retirar los sólidos suspendidos respectivos. por lo cual se toma las siguientes consideraciones.

- Se tiene estimado usar un tanque comercial menor a 300ℓ por el poco espacio que se tiene en la lavandería, el cual por seguridad se usará al 70% por consiguiente se realiza la siguiente ecuación:

$$0,7 \times 250 \ell = 175 \ell$$

Se determina que la capacidad a usar de los tanques es de 175ℓ

- Se debe calcular el sistema de bombeo para 175ℓ en 1 h sabiendo que el caudal es de $608,4 \ell/h$, para lo cual se realiza la siguiente ecuación:

$$608,4 \ell/h \rightarrow 60 \text{min}$$

$$175 \ell \rightarrow x$$

$$x = 17,3 \text{min}$$

Se determina que el tiempo del bombeo hacia los tanques es de 17,3min.

Los siguientes cálculos para la coagulación se realizan en base a los resultados de laboratorio y los 20 bombeos por día especificado en el Anexo N° 12.

- Se debe determinar la cantidad de Cal apagada a dosificar cada 17 min por bombeo, para lo cual se realiza la siguiente ecuación:

$$2 \ell \rightarrow 0,2 \text{ Ca (OH)}_2 \text{ gr}$$

$$170 \ell \rightarrow X$$

$$X \rightarrow 17,5\text{gr}$$

Se determina utilizar 17,5 gr de Ca (OH)_2 por bombeo, sabiendo esto y las veces que se bombeará por día según el Anexo N° 12 será:

$$X = 17,5 \text{ gr} \times 20 \text{ bombeos día} = 350 \text{ gr/ día de Ca (OH)}_2$$

Se concluye que se necesita 350 gr/día de Ca (OH)_2

Para una buena gestión es necesario realizar la compra de Ca (OH)_2 por semana, para la cual se realiza la siguiente ecuación:

$$X = 350 \text{ gr/ día de Ca (OH)}_2 \times 6 \text{ día} = 2100 \text{ gr}$$

Se concluye que se necesita 2100 gr de Ca (OH)_2 en una semana de 6 días de trabajo.

- Se debe determinar la cantidad de $\text{K Al (SO}_4)_3$ a dosificar cada 17 min por bombeo, para lo cual se realiza la siguiente ecuación:

$$2 \ell \rightarrow 1 \text{ gr K Al (SO}_4)_3$$

$$175 \ell \rightarrow X$$

$$X \rightarrow 87,5 \text{ gr}$$

Se determina utilizar 87,5 gr de $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$ por bombeo, sabiendo esto y las veces que se bombeará por día según el Anexo N° 12 será:

$$x = 87,5 \text{ gr} \times 20 = 1750 \text{ gr/ día de } \text{KAl}(\text{SO}_4)_3$$

Se concluye que se necesita 1.750gr/ día de $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$

Para una buena gestión es necesario realizar la compra de $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$ por semana, para la cual se realiza la siguiente ecuación:

$$X = 1750 \text{ gr/ día de } \text{KAl}(\text{SO}_4)_3 \times 6 \text{ día} = 10.500 \text{ gr de } (\text{SO}_4)_3$$

Se concluye que se necesita 10.500 gr de $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$ en una semana de 6 días de trabajo.

- Se debe terminar la cantidad de Lodos generados por el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$. Sabiendo que en el laboratorio se generó 5 gr de lodo por la coagulación, floculación en 2 ℓ de agua residual industrial y se bombeara en la lavandería 3.500 ℓ/día en 20 bombeos.

$$2 \text{ ℓ} \rightarrow 5 \text{ gr de } \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ y el } \text{KAl}(\text{SO}_4)_3$$

$$3.500 \text{ ℓ/día} \rightarrow X$$

$$X \rightarrow 8.750 \text{ gr } \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ y el } \text{KAl}(\text{SO}_4)_3 \text{ /día}$$

Se concluye que se genera 8.750 gr $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$ /día de lodo

Para una buena gestión es necesario realizar un cálculo por semana para la disposición de los lodos generados por este sistema, para la cual se realiza la siguiente ecuación:

$$X = 8.750 \text{ gr/día de lodo} \times 6 \text{ día} = 52.500 \text{ gr}$$

Se concluye que se genera 52.500 gr o 52,5 kg de lodo en una semana de 6 días de trabajo.

3.3.5.1.4. Diseño del Tanque

El tanque a diseñar será de forma cilíndrica con un final de tanque tipo cono, que se ha comercial con una capacidad menor a 300 ℓ debido al poco espacio que se tiene en la lavandería.

- **Cálculos para el diseño del tanque floculador- estabilización**

Se realizarán los cálculos según dos volúmenes de las relaciones geométricas que debe tener el tanque:

- Se requieren los siguientes datos:

$$D = 0,58\text{m}$$

$$h = 76\text{cm} = 0,76\text{m}$$

$$r = 0,29\text{m}$$

$$h = (0,56\text{m})$$

- Donde:

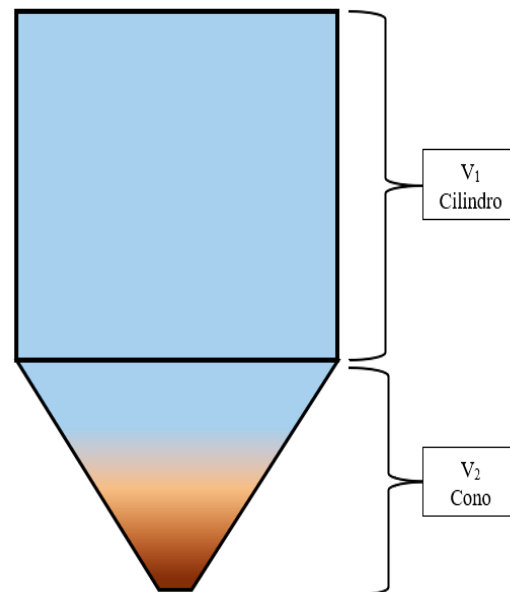
V: volumen

b: base

D: diámetro

h = altura

r: radio



- **Volumen de cilindro:**

Se aplica la siguiente formula:

$$b = \frac{\pi (D^2)}{4}$$

$$b = \frac{\pi (D^2)}{4} = 0,2642m^2$$

$$V_1 = b \times h$$

$$V_1 = 0,2642m^2 \times 0,76m = 0,2008 m^3$$

- **Volumen de cono:**

$$V_2 = \frac{\pi \times r^2 \times h}{3}$$

$$V_2 = \frac{\pi \times 0,29^2 \times 0,56}{3} = 0,0493m^3$$

- **Volumen total:**

$$V_{\text{total}} \text{ del tanque} = V_1 + V_2$$

$$V_{\text{total}} \text{ del tanque} = 0,2008 m^3 + 0,0493 m^3 = 0,2501 m^3 = 250,1 \ell$$

Análisis: según los cálculos realizados se necesita un tanque de 250,1 ℓ con una altura cilíndrica de 0,76m, una altura cónica de 0,56 m con un radio de 0,20 m y por último un diámetro de 0,58m

Se ha cotizado un tanque tipo cono de la marca Rotoplas de 250 ℓ el cual cuenta con las mismas medidas específicas de nuestros cálculos, dicho tanque nos servirá para una buena sedimentación de los lodos generados por el coagulante y floculante, y facilitará el retiro lodos generados por el coagulante y floculante, el cual se muestra en la figura 23 del presente capítulo.

3.3.5.1.5. Diseño del clorador

Se debe calcular la dosificación adecuada de hipoclorito de calcio que se debe agregar, de acuerdo al caudal de agua que llega al tanque de almacenamiento, para que esta sea apta para su reutilización.

Este equipo constará de un balde de 20 ℓ debido a que esta ira ubicada en la cabeza del tanque reservorio de agua tratada, por lo cual se determina que debe ser un balde

pequeño, en el cual se agregará la solución de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, esta solución será preparada con una concentración de 3,5 %.

- **Cálculo de dosificación de solución preparada para clorar con Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$**

Con la finalidad de encontrar un caudal adecuado para la dosificación de Hipoclorito de Calcio se tomó como referencia la relación de caudal de entrada al colector y el caudal de recirculación del agua tratada

Se realizó una relación entre ambos caudales de caudal de entrada al colector y el caudal de recirculación del agua tratada el cual debe ser menor a 0,169 del caudal inicial, por lo cual el caudal de recirculación es el 30% de pérdida, debido a que en los lodos se retienen aguas en los tanques de estabilización por lo cual se tiene los siguientes cálculos:

Perdidas= 30% de 0,169 ℓ/s

$0,169 \times 0,3 = 0,0507 \ell/s$

$0,0507 - 0,169 = 0,118 \ell/s$

- **Relación de caudales**

$$RQ = \frac{QI}{QR}$$

$$RQ = \frac{0,169}{0,118} = 1,432 \ell/s$$

Donde:

RQ: Relación de caudales-

QR: Caudal de recirculación de agua tratada

Análisis: El caudal a desinfectar es de 1,432 ℓ/s

- **Dosificación de Hipoclorito de calcio**

Se tiene como dato principal que en laboratorio se agregó 1,5 ml de Hipoclorito de Calcio a 2 ℓ de agua residual industrial, por lo cual para saber la dosificación de Hipoclorito de Calcio en para un tanque de 600 ℓ se realiza la siguiente regla de tres:

$$\begin{aligned}
 2\ell &\rightarrow 1,5 \text{ ml de Hipoclorito de calcio al } 3,5\% \\
 600 \ell &\rightarrow X \\
 X &\rightarrow 450 \text{ ml/de Hipoclorito de calcio al } 3,5\% \\
 600 \ell &\rightarrow 450 \text{ ml de Hipoclorito de calcio al } 3,5\% \\
 1,432 \ell/s &\rightarrow X \\
 X &\rightarrow 1,074 \text{ ml/s de Hipoclorito de calcio al } 3,5\%
 \end{aligned}$$

Análisis: El resultado refleja la cantidad de dosis de cloro aplicado de 1,074 ml/s en un tanque de 600 ℓ.

- **Cálculo de solución clorada**

Para un caudal de 1,432 ℓ/s que es el caudal final que llegará al tanque reservorio de agua se debe agregar de Ca (ClO)₂ al 3,5% será:

– Se tiene los siguientes datos:

$$Q \text{ dosificación al tanque reservorio} = 1,074 \text{ ml/s} \times \frac{1\ell}{1000\text{ml}} = 0,001074 \ell /s$$

$$RQ = 1,432 \ell /s$$

– Donde:

Qsc: Caudal de la solución clorada (l/s)

Q dosificación al tanque reservorio

RQ: Relación de caudal (ℓ /s)

Se realiza la siguiente ecuación:

$$Q_{sc} = \frac{Q \text{ dosificación al tanque reservorio}}{\text{relación de caudal}}$$

$$Q_{sc} = \frac{0,001074 \ell/s}{1,432 \ell/s} = 0.00075$$

$$Q_{sc} = 0.00075 \ell/s \frac{1000ml}{1 \ell} = 0,75 \text{ ml/s}$$

Caudal de dosificador ml/min

$$Q_{sc} = 0,75 \text{ m/s} \times \frac{60s}{1min} = 45 \text{ ml/min}$$

Análisis: Para un caudal de 1,432 ℓ /s se necesita agregar una solución de hipoclorito de calcio al 3,5 % de 0,75 ml/s, y 45ml/min.

Cantidad de hipoclorito de calcio que se necesita en un día de 8 horas de trabajo

$$= 0.00075 \frac{\ell}{s} \times \frac{3600s}{1h} \times 8h = 21,6 \ell$$

Se concluye que se necesita 21,6 ℓ de hipoclorito de calcio en 8 horas de trabajo

Si un litro de agua pesa 1000 gr en 21,6 ℓ se realiza la siguiente conversión:

$$X = \frac{21,6 \ell \times 1000gr}{1 \ell} = 21.600 \text{ gr}$$

Pasamos de gr a Kg/día atreves de la siguiente conversión:

$$X = 21.600 \text{ gr/día de trabajo} \times \frac{1Kg}{1000gr} = 21,6 \text{ Kg/día}$$

Por lo tanto, la cantidad de hipoclorito de calcio en estado sólido que se necesita para clorar el agua con ese caudal de llegada al tanque reservorio es de 21,6 kg/día.

- **Cálculo de gotas por min**

Se determina usar una boya dentro del recipiente de cloración la cual cumplirá la de mantenerse a flote con un pequeño orificio para la entrada de la solución, la cual su vez estará conectado con su regulador de goteo y manguera conectando así la solución de hipoclorito con el tanque de almacenamiento.

Se realiza la siguiente ecuación para determinar la cantidad de gotas por minuto a disolver al tanque reservorio.

– Se tiene los siguientes datos:

$$V = 45 \text{ ml/min}$$

$$\text{Constante} = 3$$

$$T = 8$$

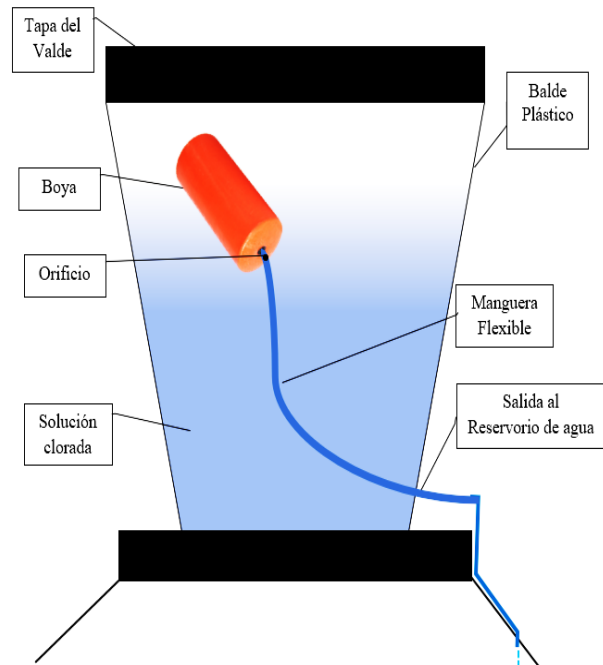
– Donde:

V: Volumen milímetros

3: Constante

Tiempo en horas:

$$\text{Goteo por minuto} = \frac{V}{3 \times T}$$



$$\text{Goteo por minuto} = \frac{45 \text{ ml}}{3 \times 8 \text{ h}} = 1,875$$

Análisis: Se debe regular el Kit de bolsa de suero a 2 gotas por min.

3.3.5.1.6. Determinación de cantidad de agua trata a mezclar con agua potable de COSAALT Ltda

Teniendo los resultados de DQO de laboratorio que reflejan un descenso hasta 261 mg/ℓ, dato que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de 300 mg/ℓ del RASIM anexo 13-C, por lo que se puede concluir que no se encuentra contaminada, sin embargo el porcentaje de concentración es del 87% por lo cual hay indicios que estas aguas de la lavandería contienen otras sustancias solubles, que podrían ser Hidrocarburos Totales y otros por lo cual es necesario que esta agua trata sea mezclada con agua potable de COSAALT Ltda para que no aumente los niveles de DQO del agua que se va recirculando el agua en el transcurso del día, por seguridad.

- Se debe aumentar 2 ℓ de agua potable de COSAALT Ltda por cada caudal final que llega al tanque reservorio 0,118 ℓ /s, con el fin que este se diluya y baje el nivel del DQO, por lo cual se tiene que:

$$\text{DQO del trabajo} = 261 \text{ mg/ℓ} + 2 \text{ ℓ de H}_2\text{O (COSAALT Ltda)} = 130,5 \text{ mg/ℓ}$$

Análisis: Se tendrá 130,5 mg/ de disolución en 2 ℓ de H₂O para bajar el DQO

3.3.5.1.7. Cálculos de laboratorio (Coagulación, Floculación y cloración)

Para aumentar la eficiencia de separación se puede utilizar algún tipo de agente químico (coagulantes floculantes y cloración).

La sedimentación de los sólidos en suspensión tiene un mejor efecto con la ayuda de coagulantes y floculantes.

- **Método de Jarras**

Es necesario aditivos químicos, que permitan desestabilizar las partículas coloidales que se encontraban en suspensión. Por lo tanto, como coagulante se utilizará el sulfato de aluminio, siendo uno de los más utilizados, de fácil adquisición en el mercado y a un precio de 20 Bs/kg. Además, según Andia Cárdenas (2000), menciona que para las sales de aluminio el rango del pH es de 6,5 a 9.

Para este proceso, se utilizó 2 jarra de 2000 ml con muestras de agua residual industrial de 2000 ml, y como reactivo químico se usó el Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el sulfato el aluminio $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$.

- **Procedimiento de coagulación y floculación.**

Se realizan ensayos de jarras empleando la dosis de coagulante y floculante previamente calculada.

1. Se toma 2000 ml de muestra de agua residual industrial y se transfiere a la jarra test.
2. Se toma los datos del pH de la muestra inicial.
Datos obtenidos: 5,3.
3. Se ajusta el pH del agua residual industrial con la solución de Cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
4. Se empieza a dosificar para la estabilización del pH,
5. Se realizo la dosificación en cantidades crecientes y simultáneamente. de 0,2gr y 0,3gr siendo 0, 2 gr con un pH 8 siendo este optimo ya que contiene con 0,3 sobre pasa el pH hasta 9,3 en la jarra test N°2.
6. Se inicia la coagulación haciendo la mezcla rápida durante 5 min.
7. Terminado el tiempo de coagulación se baja la velocidad de agitación.
8. Se levanta el agitador y se deja sedimentar.
9. Se determina el pH con el equipo de pH metro.
Datos obtenidos: 7,6 óptimos
10. Se realizó la dosificación con el $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$, en cantidades crecientes y simultáneamente a la jarra test N°1, se dosifico en cantidades ascendentes desde 0,5gr a 1gr siendo el óptimo 1gr.
11. Mantener la velocidad de agitación durante 5 minuto y luego bajar la velocidad de agitación.
12. Mantener en reposo por 10 minutos.
13. Se filtro la muestra hacia la botella PET para su análisis con un embudo y papel filtro.

14. Se realizó la desinfección concentrada de 1,5 ml de Hipoclorito de calcio al 3,5%, de la marca Clorox.

Resultados de la coagulación y floculación

Como resultado se obtuvo que la muestra de mayor rendimiento fue la jarra N°1 con un rendimiento de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de 0,2 gr en 2000 ml y 10gr de $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3$ en 2000 ml.

3.3.6. Fase de instalación

Los equipos para la instalación son los requeridos según el caudal y el sistema de tratamiento de reutilización que se determinó.

Se debe utilizar materiales de construcción resistentes a productos químicos que se aditiven, fáciles de operar y con dimensiones de acuerdo al espacio existente en la lavandería.

3.3.6.1. Tipo de tanque floculador

De acuerdo a sus características y fácil montaje se eligió el Floculador vertical con los cuales son aquellos que requieren energía externa que es impulsado por la entrada de agua residual industrial floculada en un tanque, en donde el agua permanece un tiempo teórica de detención de movimiento agitador giratorio que está impulsado por un motor desplazando el agua y produciendo un trabajo.

3.3.6.1.1. Tanque floculador vertical

Teniendo en cuenta el consumo promedio diario y que el sistema debe ser tipo Bach para economizar costos, se decide licitar dos tanques comerciales de tipo vertical cónico, con una capacidad de 250 ℓ/h , con las siguientes características:

- ✓ Higiénico: No produce olor ni sabor
- ✓ Tapa negra: El color negro bloquea los rayos del sol, lo cual evita que crezcan bacterias y algas.
- ✓ Capa Blanca: Regula la temperatura permitiendo que el agua se mantenga fresca.
- ✓ Liviano: Fácil de instalar, fácil de transportar, fácil de trasladar.

- ✓ **Mantenimiento:** A comparación de otros tanques no necesita mantenimiento periódico.
- ✓ **Ahorro:** Ahorre hasta 7 veces el valor del tanque gracias a que no necesita mantenimientos.
- ✓ **Tapa rosca:** Su tapa previene la entrada de suciedad, insectos, etc., evita que el viento la levante.
- ✓ **Larga vida:** La fábrica garantiza por 15 años con certificado, duración de 40 años.
- ✓ **Incluye Accesorios:** 3/4" de entrada y salida. Se puede colocar hasta 4" a pedido.
- ✓ **Durable:** Alta resistencia a roturas e impactos, reparable.

Capacidad:

Tabla N° 33: Especificaciones técnicas del tanque de almacenamiento

Capacidad (ℓ)	PESO (Kg)	ANCHO	ALTO	ALTO con tapa (cm)	Tapa (cm)	ESPESOR (+/- 10%)
250	8	0,58 m	0,76 m	0,83	7	6

Fuente: Plásticos Rotoplas

Figura N°26: Tanque de 450 ℓ marca Rotoplas



Fuente: Rotoplas más y mejor agua catálogo 2010

En la figura N° 16 se observan los componentes del tanque de Coagulación-Floculación:

Esta unidad se divide en tres:

- **Zona de entrada:** Conformada por una válvula, la zona de salida tiene como función el conseguir una distribución uniforme la línea de flujo dentro de la unidad, uniformando a su vez la velocidad.
- **Zona interior:** Es donde se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de gravedad donde los floc se sedimentan en la parte más baja del tanque.
- **Zona de salida:** Conformada por una válvula abarcar un plan de contingencia por si llegase a fallar el sistema.

3.3.6.2.2.1. Estructura de soporte

La estructura debe soportar todo el peso del tanque, el cual se debe considerar como si estuviera lleno de agua de, más la suma de la cantidad de lodos generados por la coagulación y floculación, por lo cual se hace un estimado de 300 ℓ.

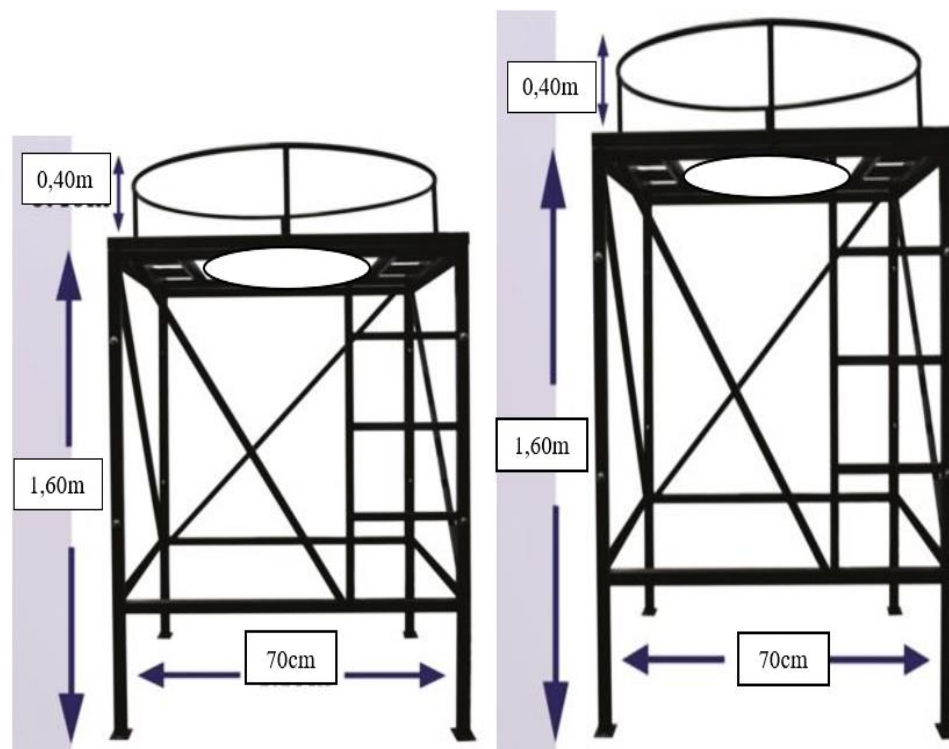
La empresa metalúrgica VERA tiene a la venta estructuras para tanques cónicos de 300 ℓ a un precio de 400 Bs, con las siguientes características:

- ✓ Tubo cuadrado 2plg x 1,80 mm
- ✓ Tubo redondo 1/2 plg
- ✓ Escalera metálica 1,40 m x 40cm

Se requieren dos estructuras con las mismas características de resistencia, pero con diferentes medidas esto se debe al sistema de gravedad que se requiere para la conducción del agua residual industrial.

- ✓ Estructura N°1: 1,90m x 70cm
- ✓ Estructura N°2: 1,60m x 70cm

Figura N° 27: Descripción de estructura de soporte



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 17 se observa a la izquierda la estructura N° 1 y al lado derecho se observa la estructura N° 2 con sus respectivas medidas.

3.3.6.2. Inyección de coagulante y floculante

Para esta parte se necesitará una bomba de alimentación que se encarga de transportar el agua residual industrial desde la cámara filtro y hacerlo circular hacia la bomba de inyección dosificadora que se encargaran de inyectar el coagulante y floculante en el agua residual industrial antes de llegar al tanque de floculación y coagulación,

finalmente el agua va hacia el tanque de almacenamiento el cual es inyectado con hipoclorito de sodio con una bomba de las mismas características de la bomba dosificadora de coagulante y floculante.

3.3.6.3.2.1 Bomba de alimentación Periférica

Las electrobombas KF montan un impulsor periférico, llamado así porque en la periferia del impulsor se hallan numerosas paletas radiales que aumentan la energía al líquido bombeado. Son ideales para instalaciones domésticas, alimentación hídrica, jardinería, vaciado y llenado de cisternas, aumento de la presión en redes de suministro de agua. Fabricadas en Italia, aseguran un alto estándar de calidad.

Dicha bomba tiene que ser de tipo KF 0 con corriente absorbida de 10 ℓ /min correspondiente al caudal de 175 ℓ por cada 17 min.

Figura N° 28:
Serie KF tipo 0

Bomba



Fuente: SAER ELECTROPOMPE Catálogo 2020.

- **Características**

- ✓ **Fluido:** Cualquier tipo de agua no pesada

- ✓ **Accionamiento:** Eléctrica
- ✓ **Tecnología:** Periférica
- ✓ **Sector:** Industrial
- ✓ **Aplicaciones:** De Llenado
- ✓ **Material:** De Hierro Fundido, De Bronce

- ✓ **Altura de descarga**

Mín.: 0 m (0'00")

Máx.: 88 m (288'08")

- ✓ **Potencia**

Mín.: 0 kW (0 hp)

Máx.: 1,5 kW (2,04 hp)

3.3.6.3. Equipo dosificador Magnética gamma/X

Las bombas dosificadoras están diseñadas para inyectar un químico líquido en la abertura de un fluido. Estos químicos necesitan ser inyectados en pequeñas cantidades por lo cual se requiere de un control preciso y que sean capaces de administrar de manera constante el mismo volumen.

Es por eso que se determinó la bomba que la bomba Magnética gamma/X Las bombas de la serie gamma/ X son bombas de dosificación magnéticas controladas por microprocesador es por eso que se determinó el uso de esta bomba por las características requeridas para la propuesta del sistema de tratamiento.

Características:

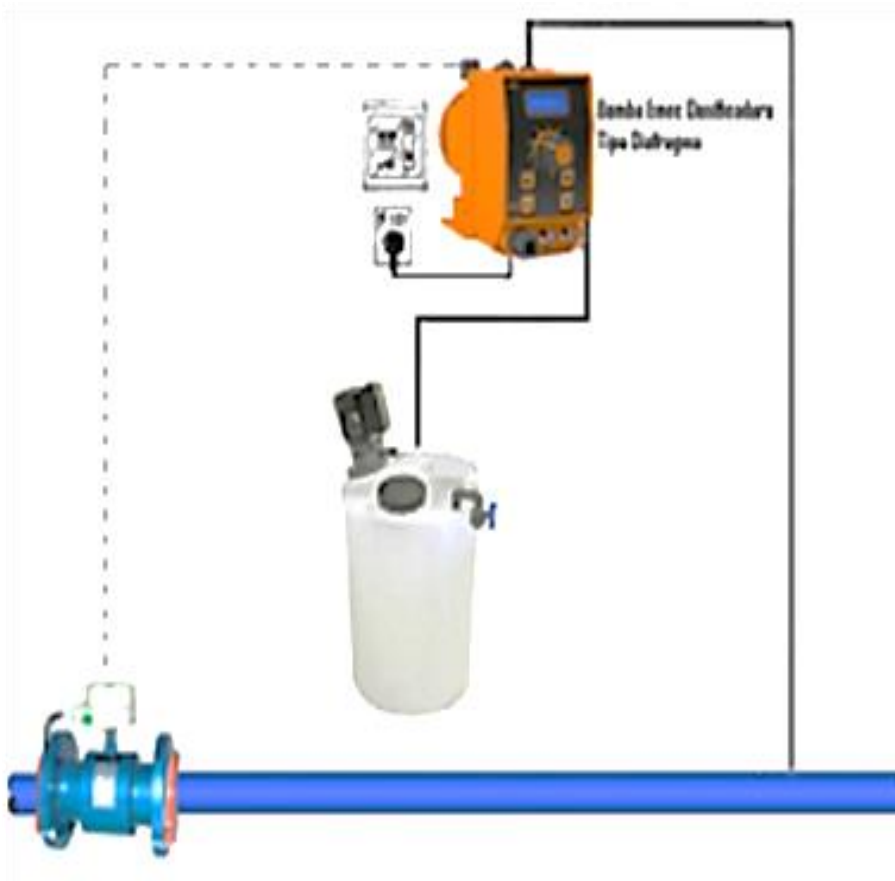
Se agrega la solución para ser dosificada alrededor de un valor fijo (set point). La bomba mide el valor del parámetro usando un sensor, y así aumenta o disminuye la dosificación con el fin de ajustar el parámetro al valor del set point, es importante tener en cuenta que para realizar esta dosificación el caudal de agua de consumo debe ser constante.

La Figura N° 25 Muestra todo el sistema dosificador compuesto por;

- ✓ Bomba dosificadora.

- ✓ Lanza de aspiración.
- ✓ Agitador.
- ✓ Grifo de llenado.
- ✓ Grifo de purga.
- ✓ Depósitos de Dosificación y Mezcla.

Figura N° 29: Sistema de dosificación



Fuente: SAER ELECTROPOMPE Catálogo 2019.

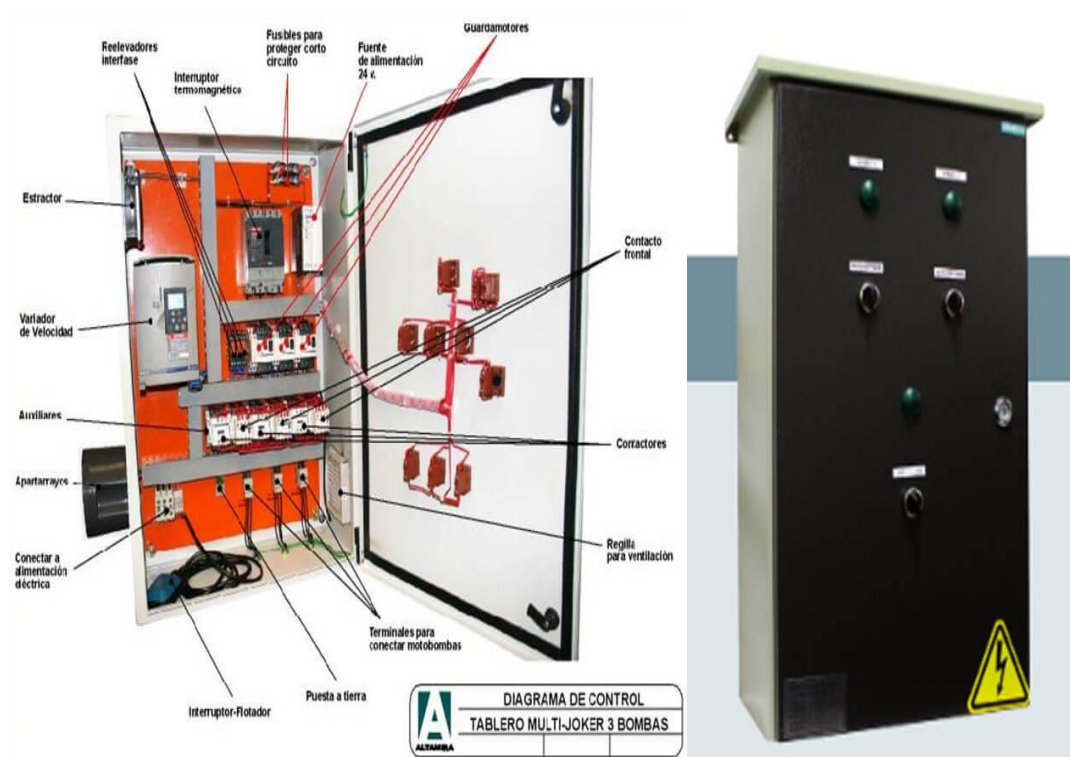
3.3.6.4. Tablero de Control

El tablero de control o Balance Scorecard (BSC) es una metodología gerencial que sirve como herramienta para la planeación y administración estratégica de las. Es una aplicación de sistemas de autocontrol y mejora continua.

Por lo cual se determinó que el tablero que cumple con las características que se necesitan para el sistema es el tablero Multi-joker.

El tablero Multi-joker tiene un control de una hasta cuatro bombas monofásicas o trifásicas con arrancador directo, arrancado suave o arranque estrella triángulo. El tablero permite la operación automática o manual para cada bomba. Fácil revisión de las condiciones eléctricas. Fácil conexión y desconexión general de cada uno de los motores por medio de los guardamotores.

Figura N° 30: Tablero de control Multi-joker



Fuente: Herramientas y equipos S.A.S.

La Figura N° 20 muestra el tablero Multi-joker en el cual el usuario puede establecer fácilmente diferentes valores de presión y observar el valor de la presión dinámica de la tubería en el panel, tiempo de bombeo entre otros aspectos importantes.

3.3.6.5. Tuberías

Se requieren tuberías de PVC para la distribución del agua residual industrial, por lo cual se disponera tuberías para la distribución y conexión de 1 plg.

Características:

- ✓ Material: PVC.
- ✓ Tipo: Rígido.

En la siguiente Figura N° 21 se muestra la tubería PVC de 1 plg requerida para el sistema el cual es de tipo rígido.

Figura N° 31: Tubería PVC de 1 plg



Fuente: Premium, catálogo 2010.

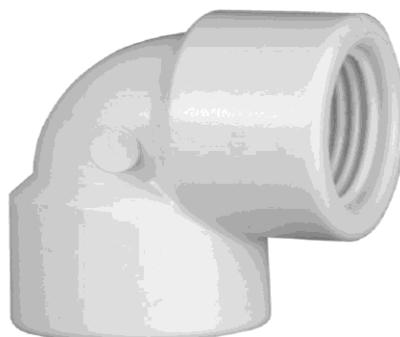
3.3.6.6. Accesorios

Es necesario los accesorio tanto para la unión de las tuberías en el traslado de las aguas residuales como también para la retención del mismo.

- **Codos:** Se necesitará un codo para la unión de las dos tuberías de distribución.

Figura N° 32: Codo

estándar para 1plg



Fuente: Premium, catalogo 2010.

Análisis: Para una tubería de 1 plg es necesario accesorios como los codos estándar de 90° con 2,7 de pérdida por fricción, de tipo rosca.

- **Abrazaderas**

Realizan la función de unir el sistema de dosificación con la tubería de agua residual industrial.

En la Figura N° 23 se muestra una abrazadera para tubo de 1 plg de material PVC de tipo rosca.

Figura N° 33: Abrazadera para tubo PBC



Fuente: Premium catálogo 2010.

- **Válvulas**

Se determino usar válvulas con las siguientes características:

- Hecho de latón de alta calidad, resistente y duradero.

- Colador como protección contra partículas de suciedad, fijado al cuerpo de la válvula.
- Válvula con resorte, funcional en cualquier posición de instalación.

✓ **Válvula de retención:**

En sistemas de reutilización de aguas residuales en plantas de tratamiento se usa por lo general válvulas de retención su función principal son evitar el refluo del medio, evitar que la bomba y su motor de accionamiento se inviertan y el refluo del medio desde el contenedor.

Figura N° 34: Válvula de retención



Fuente: Servicios tecnicos e importación.

Análisis: Para una tubería de 1 plg es necesario accesorios como las válvulas de retención giratoria de calibre de 1plg corresponde una válvula de tipo 7 de retención.

✓ **Válvula de pie:**

Siempre es accionada de forma automática, se instalan con la finalidad de que en una línea de conducción vertical se evite el vaciado de la tubería. Permiten la succión, pero evitan el retorno.

Figura N° 35: Válvula de pie



Fuente: Catálogo Cosmoplas.

La figura N° 25 muestra una válvula de pie con 0,205 de peso y un cajón de 6/60, dicha válvula debe ser instalada a la entrada del sistema propuesto a unos 25cm del suelo

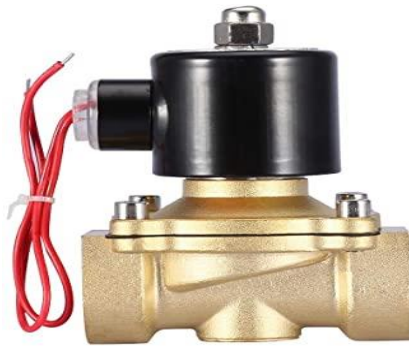
para que esta no se obstruya por lodos que se puedan encontrar en la cámara filtro.

✓ **Válvula de solenoide:**

Esta es una válvula que se cierra por gravedad, por presión o por la acción de un resorte; y es abierta por el movimiento de un émbolo operado por una bobina energizada eléctricamente conectada al tablero de control del sistema propuesto.

En la siguiente figura N° 14 se muestra la válvula solenoide para una tubería de 1 plg.

Figura N° 36: Válvula solenoide



Fuente: Catálogo Cosmoplas.

• **Llave de paso**

La llave de paso emplea una compuerta o cuchilla que se inserta en la vía de circulación para detener el flujo, su instalación es pro precaución.

En la Figura N° 34 se muestra la llave de paso para un tubo de 1 plg de material de bronce, de tipo rosca,

Figura N° 37: Llave de paso para tubo de 1 plg



Fuente: Cosmoplas

3.3.6.7. Contenedores de lodos

El Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosa especifica depositar o almacenar sustancias peligrosas previo a su uso para la manufactura de productos finales en contenedores, caja, envase o recipiente mueble en el que se depositan sustancias peligrosas para su transporte o almacenamiento temporal. Estos contenedores serán del tipo y características adecuadas para contener las sustancias de acuerdo a la clasificación de éstas.

Debido a que el sistema genera lodos, se requiere contenedores para almacenar estos mismos se sabe que el sistema actual generara 200 kg por mes y el sistema propuesto a aplicar generara 52,5 kg de lodo por semana en el tanque de coagulación, floculación y de estabilización.

Por lo cual se sugiere usar dos contenedores por cada tanque vertical cónico del sistema.

Contenedor N°1: Para la disposición de los lodos actuales de las cámaras que generan 200 kg de lodos al mes se dispone un contenedor de 250kg con las siguientes características:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| ✓ Garantía: 1 Año | ✓ Tipo de Producto: Tacho |
| ✓ Altura Del Producto: 105.5 cm | ✓ Material: Plástico |
| ✓ Ancho Del Producto: 58 cm | ✓ Color: Negro |
| ✓ Profundidad Del Producto: 74 cm | ✓ Marca: Basa |
| ✓ Modelo: Rino con ruedas | ✓ Antideslizante: Si |

- ✓ Capacidad: 250 kg
- ✓ Tipo de uso: Para contener los desperdicios
- ✓ Advertencia de uso: Mantener alejado del alcance de los niños

Figura N° 38: Tacho de almacenamiento de lodos

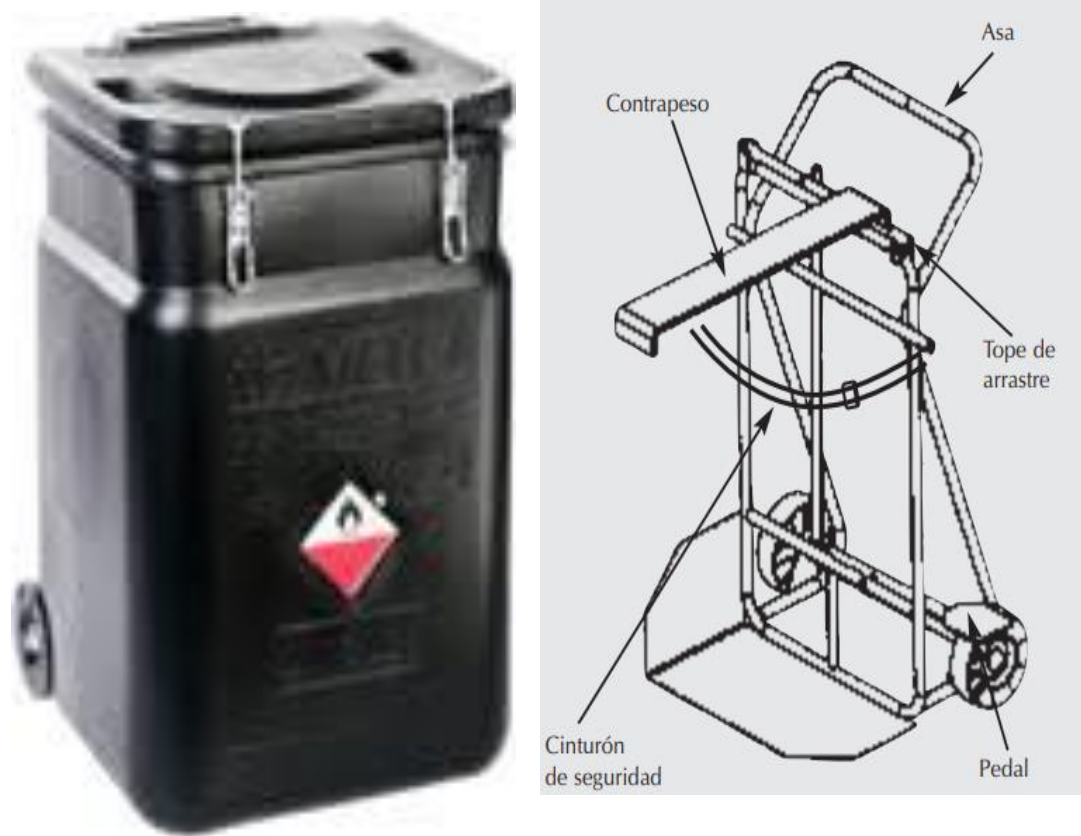


Fuente: Tienda Poliforme

Contenedor N° 2 y N° 3: Para la disposición de los lodos que se generaran de 10 Kg de lodos a la semana se dispone un contenedor de 100 Kg para sustancias peligrosas que cumple las siguientes características.

- ✓ Cumple los requisitos legales para el transporte de mercancías peligrosas, rueda fácilmente, es sencillo de apilar
- ✓ La tapa se cierra herméticamente impidiendo que se derrame
- ✓ Resistencia superficial: De $1,9 \times 10^6$ ohmios, por lo que su conductividad es excelente

Figura N° 39. Contenedor Antiderrames



Fuente: MEWA SACON® Y MEWA SACON FIX®

En la Figura N° 45 se muestra el contenedor antiderrame el cual este compuesto por:

- ✓ Permite abrir sin dificultad el contenedor.
- ✓ Su sistema de elevación automático hace que la tapa del contenedor se cierre por sí sola cada vez que se abre.
- ✓ Las ruedas integradas permiten moverlo con gran facilidad.
- ✓ El contenedor de seguridad con la tapa cerrada o con el sistema de cierre protege de los riesgos.
- ✓ Es un sistema de protección, probado según la Directiva 94/9/CE, con el certificado de examen CE de tipo número IBExU05ATEX2137 X G IIA y certificado también por el TUV GS.

3.3.6.8. Sistema de dosificación de hipoclorito de calcio

- **Balde clorador**

Se determinó el uso de un balde 20 ℓ de materiales de fabricación de Polietileno de alta densidad original y Polietileno de alta densidad recuperado.

Características:

Altura: 36 cm

Capacidad volumétrica: 21,427 ℓ

Peso promedio: 815 gr

En la siguiente figura se muestra el balde de la empresa Paraplasticas la cual cumple con las características requeridas para el sistema propuesto a emplear.

Figura N° 40: Balde de 20 ℓ Paraplastic



Fuente: Catálogo Paraplastic 2021.

- **Kit de gote**

- **Boya**

Se usará una boya de tipo cilíndrica de 10cm x 3cm la cual en su parte inferior estará unida con la manquera para la entrada de la solución por un orificio.

Figura N° 41: Boya Cilindrica



Fuente: Plastic Tecnologi

– **Manguera y regulador de goteo**

Este es un set que se puede conseguir en cualquier farmacia cuenta con regulador de goteo es balanceante, al cual se realizara un orificio en su parte superior para la entrada de la solución, el orificio debe ir de 0,1mm hasta 0,3mm, al cual se hará pruebas con el regulador de goteo de 3 gotas /min.

Figura N° 42: Manguera y regulador de goteo DHP



Fuente: Enfermeria Amultoria, Catálogo 2015

3.3.6.8. Costos del sistema propuesto

Los costos de inversión se determinaron en base a los costos tangibles que incurre la implementación del sistema propuesto.

En la siguiente Tabla N° 34 se describe los materiales a emplear en el sistema de reutilización de agua residual industrial para la Lavandería Multiservi, la marca, la cantidad, el precio unitario y el precio total de 5.412 Bs.

Tabla N° 34: Costos del sistema propuesto

ITEM	Descripción	Marca	Cantidad (u.)	Precio Unitario (Bs)	Precio (Bs)
MAQUINARIA Y EQUIPO					
1	Tanque floculador vertical	Rotoplas	2	180	360
2	Estructura de soporte	Metalúrgica VERA	2	400	800
3	Bomba de alimentación periférica, tipo KF 0	SAER ELECTROPOMPE	1	150	150
4	Sistema de Dosificación	ProMinet,	1	3.000	3.000
5	Panel de control	Hequipamiento y Bombas S.A.S	1	400	400
ACCESORIOS					
6	Tuberías 1plg	Premium	10	7	70
7	Codo 90°	Premium	2	7	14
8	Abrazadora	Premium	4	2	8
9	Válvula de retención de bronce	Servicios técnicos e importación	1	35	35
10	Válvula de pie	Cosmoplas	1	50	50

11	Válvula solenoide	Cosmoplas	1	90	90	
12	Llave de paso	SKD	1	35	35	
13	Contenedor de lodos de cámaras	Poliforne	1	100	100	
14	Contenedor de coagulante y floculante	MEWA SACON	1	150	150	
15	Balde para cloracion	Paraplastic	1	35	35	
16	Flotador	Plastic Tecnologi	1	15	15	
17	Manguera y regulador de goteo	DHP	1	12	12	
QUÍMICOS						
18	Semana	Alumbre	SOLQUIFAR	½ Kg	20	30
19		Cal apagada	Ferretera Jasmín	2 Kg	8	16
20		Hipoclorito de Calcio (Sólido)	SOLQUIFAR	7 Kg	20	42
	TOTAL Bs					5.412

Fuente: Elaboración propia.

3.3.7. Fase de mantenimiento de la instalación

La revisión general del funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos, así como los sistemas utilizados para el tratamiento del agua, se realizará con la siguiente periodicidad.

Tabla N° 35. Periodicidad de las revisiones

Elemento	Periodicidad
Funcionamiento de la instalación: Realizar una revisión general del funcionamiento de la instalación incluyendo todos los elementos, reparando o sustituyendo aquellos elementos, defectuosos.	ANUAL
Estado de conservación y limpieza de los depósitos: Debe comprobarse mediante inspección visual que no presentan suciedad general, corrosión o incrustaciones.	SEMESTRAL
Circuito de lavado: Se controlará regularmente el correcto funcionamiento del sistema y la ausencia de fugas en el circuito	SEMESTRAL
Bombas: Debe comprobarse mediante inspección visual exterior que no presentan suciedad general, corrosión, o incrustaciones. La pulverización debe ser homogénea.	SEMESTRAL
Equipos de tratamiento del agua: Comprobar su correcto funcionamiento. Equipos para la desinfección del agua.	SEMANTAL
Otros equipos.	SEMESTRAL

Fuente: Gob. España. Cap.12 instalaciones lavado de vehículos.

- **Mantenimiento preventivo:**

El programa de mantenimiento debe incluir las inspecciones regulares y las rutinas de todo el equipamiento, incluyendo tuberías, conexiones, bombas, tanques, etc. Esto ayudará mantener el equipo y las estructuras en buenas condiciones, lo que es positivo tanto por la calidad del lavado como para evitar emisiones contaminantes en el agua.

- **Inspecciones visuales:**

Se deben hacer de forma regular in situ, asegurar que todas las buenas prácticas se están siguiendo, registrar cualquier observación y / o problema que requiera una medida correctiva (es decir, escorrentía fuera de la zona de lavado, olores, fugas, almacenamiento en adecuado de productos, etc.).

- **Libro de registro o diario de operaciones de mantenimiento:**

Sirve para registrar todas las actividades desde mantenimiento y las inspecciones visuales (se deben registrar todo como el día, la hora, las condiciones meteorológicas, las causas y problemas resultantes). Guardar todos estos registros in situ.

3.4.GESTION DE LODOS

3.4.1. Introducción

Las investigaciones relacionadas con el manejo de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, aparecen a comienzos del siglo XX con el surgimiento de los procesos para tratar las aguas servidas y la consecuente generación de grandes volúmenes de lodo.

El manejo de los lodos ha evolucionado durante los últimos 50 años en la búsqueda de alternativas para la disminución de sus costos de tratamiento y disposición final, los que hoy representan el 50% del costo total del tratamiento de las aguas residuales. En la actualidad, los estudios se han enfocado hacia la búsqueda de alternativas para la transformación del lodo en un material útil para ser dispuesto en el suelo, debido principalmente a que cada vez son menores las áreas aptas para la construcción de sitios de disposición final y a los problemas asociados a la contaminación atmosférica generada por la incineración de este residuo

El tratamiento de agua para consumo humano produce lodos residuales considerados como residuos o subproductos generados en la operación de las PTAP, los cuales al no ser manejados correctamente pueden generar problemas ambientales y derivar en sanciones por parte de la autoridad ambiental competente. Una buena gestión de los lodos es fundamental para el funcionamiento de cualquier instalación de depuración de aguas.

En el presente trabajo se pretende brindar los lineamientos que permitan ayudar a la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Lavandería Multiservi de la ciudad de Cercado, Departamento de Tarija, con el cierre del ciclo de los lodos residuales que se generan en su funcionamiento, puesto que la mencionada Lavandería mencionada actualmente no tienen una adecuada gestión de estos subproductos. Por lo tanto, se planteará un Plan de Gestión para el manejo del lodo seco una vez es generado sobre los lechos de secado.

3.4.1. Objetivo de la propuesta

Elaborar un plan de gestión de lodos para lodos generados en la propuesta del sistema de tratamiento de reutilización de agua residual industrial de la Lavandería Multiservi de la ciudad de Cercado del Departamento de Tarija.

3.4.2. Justificación

La falta de un manejo sostenible de lodos residuales surge del desperdicio del potencial de aprovechamiento de los mismos y debido a esto terminan por disponerse como residuos sólidos disminuyendo así la vida útil de los rellenos sanitarios, o como descargas de aguas abajo del punto en el que son captados. Es por esta razón que se deben aunar esfuerzos en la implementación de tratamientos adecuados que permitan la utilización racional de dichos lodos y de esta manera lograr minimizar la cantidad de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios y la contaminación de las fuentes naturales de agua, promoviendo su conservación y cuidado, haciendo frente a dos de los problemas de mayor latencia que enfrenta el país en temas de gestión de sus residuos.

3.4.2. Generación de lodos

- **Generación de lodos actuales:**

En la lavandería vehicula se tiene un registro de generación de lodos por parte de las siguientes cámaras:

- ✓ Cámara colectora.
- ✓ Cámara desarenadora.
- ✓ Cámara de trampas y grasas.
- ✓ Cámara filtro.

Las cuales se tiene registrado que generan aproximadamente 200 kg de lodos al mes.

- **Generación de lodos por el sistema propuesto**

Se calculado que el sistema propuesto genera 52,5 kg de lodos por semana por parte de la etapa de coagulación y floculación propuesta.

3.4.3. Aspectos Técnicos.

Se debe realizar una relación en base al muestreo N°4, ya que a partir de este punto se generará los lodos de la coagulación y floculación.

$$(\text{DBO}_5/\text{DQO}) = \left(\frac{51}{261}\right) = 0,2$$

Según la escala de Límites permisibles ETRL' se debe realizar una relación de $\text{DBO}_5 / \text{DQO}$ para determinar la posibilidad de tratamiento de dicho lodo.

Análisis: Valores menores a 0.2 son constituidos por compuestos poco degradables que necesitan medios biológicos u otros.

- **Recolección y Almacenamiento**

El almacenamiento de los lodos se realizará en contenedores para el fueron elegidos con anterioridad en el cual en el punto 3.3.6.7. se especifica sus características entre otros aspectos.

Se dispondrán tres contenedores de lodos los cuales tiene las siguientes características generales:

- ✓ **Contenedor N° 1:**

Lodos generados por las cuatro cámaras actuales con un peso de 200 Kg aproximadamente por lo cual se cotizo en el mercado nacional un contenedor de 250 Kg.

- ✓ **Contenedor N° 2 y 3:**

Lodos generados por los tanques de floculación y coagulación con un peso de 52,5 Kg por lo cual se cotizo en el mercado nacional un contenedor de 100 Kg.

- ✓ **La recolección de los lodos generados en las cámaras actuales:**

Se realiza manualmente con pala y baldes, por algún operario el cual ingresa a las cámaras para recolectar el lodo con las medidas de seguridad respectivas.

✓ **La recolección de lodos generados por el sistema propuesto:**

Se realiza por gravedad ya que el tanque de coagulación y floculación es de tipo cónico, siendo así que los lodos caen por gravedad al fondo de este tanque cónico y es así que en la parte cónica se abre su compuerta y los lodos caen al contenedor.

• **Trasporte de lodos**

No se contará con un equipo mecanizado especialidad dado que las cantidades de lodo son pequeñas, por lo cual el dueño de la Lavandería recolectara los lodos en sus respectivos contenedores y los transportara en algún vehículo adecuado, para evitar riesgos de derrames u otros.

• **Disposición final**

Estos lodos no presentaron características nocivas por lo cual pueden ser reutilizados en los sectores agrícola, forestal, energético, dada su cantidad se recomienda que la disposición final sea dirigida hacia el sector agrícola, además de las características que se llegó observar siendo estas las siguientes:

✓ **Lodos generados por las cámaras actuales:**

Se observó que estos lodos son dispuestos al exterior de la lavandería en la vereda derecha, donde se observó el registro de crecimiento de gramíneas.

✓ **Lodos generados por la coagulación floculación**

Se dispuso experimentalmente este lodo en un plantin de Suculenta (mala madre o también conocida por su nombre científico como Chlorophytum comosum) por sus características de resistencias la cual no presento cambios al transcurso de esta finalización de trabajo.

3.4.4. Aplicación del compostaje

Se eligió el compostaje como medida para tratar los lodos, debido a sus características observadas, el cual se realizará en la comunidad de Tarija Cancha en predios del dueño de la Lavandería Multiservi.

A continuación, se brinda los lineamientos de cómo se debe aplicar la técnica de compostaje.

Para la aplicación del compostaje es necesario que los lodos estén previamente secados para que el mismo pueda llegar a mezclarse con los demás componentes de la composta.

- **Lecho de Secado de lodos**

Para el secado se sugiere el tratamiento del lodo en lechos filtrantes, ya que en nuestra prueba el plantin plantin de Suculenta (mala madre o también conocida por su nombre científico como *Chlorophytum comosum*) no salió afectado por dicho lodo el cual sera entregado a un lecho filtrante especialmente diseñado, donde hay plantas palustres. El secado se realiza por drenaje y por la importante absorción de las plantas. Al crecer la altura del nivel del lodo, sus rizomas se expanden y las raíces se multiplican constantemente y de este modo el sistema de drenaje funciona perfectamente.

El lodo se compacta después de algunos años, se convierte en humus y es retirado para ser utilizado en la jardinería y en la agricultura.

Este método del secado se puede utilizar para cualquier tipo y dimensión de plantas de tratamiento. Actualmente existen en antiguas plantas, secaderos del lodo. Éstos se pueden transformar en lechos filtrantes con poca inversión.

No hace falta una tecnología especial para diseñar estos lechos filtrantes. Tienen la virtud que son perfectamente compatibles y armoniosos con el contexto rural y con la naturaleza.

El mecanismo para dispersión de los lodos en los lechos filtrantes depende del tipo de lodo, así como de los flujos de aplicación. Es importante que la aplicación del lodo se ajuste a la actividad biológica de la planta para obtener la máxima deshidratación y mineralización, implicando mayores volúmenes de reducción del lodo. En el largo plazo tratamiento el lodo será reducido a valores del 2 al 5% del volumen original aplicado. Esto implica reducciones de costos proporcionales de manejo, transporte y disposición final.

Cuando se mineralizan las sustancias orgánicas en los lodos, una gran parte del contenido de materia seca es transformado en CO₂, oxígeno, nitrógeno libre y

parcialmente partículas de suelo deshidratadas. Parte del dióxido de carbono emitido es usado por las plantas y las bacterias a través de la fotosíntesis. El sistema funciona libre de malos olores gracias a que los fangos son digeridos por bacterias anaeróbicas antes que los mismos sean expuestos al aire libre.

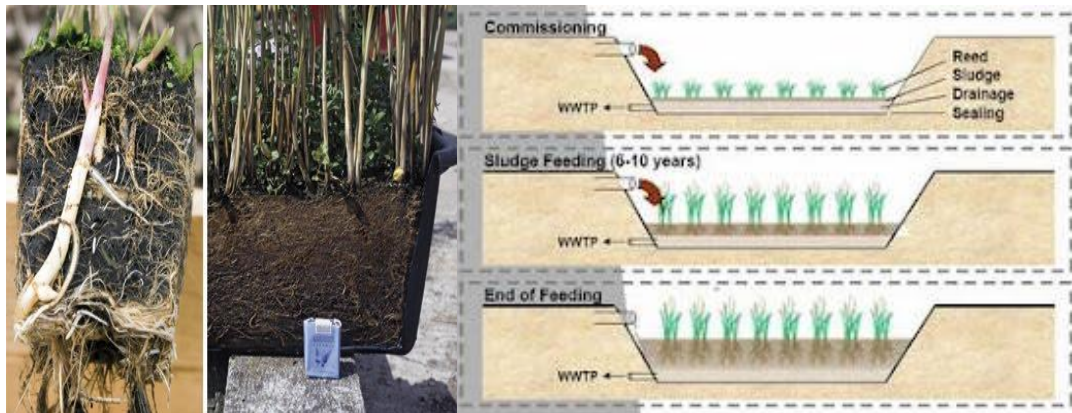
Los costos de construcción de estas plantas de tratamientos esta alrededor de los 10 \$us por pie cuadrado.

Lo mejor de este sistema es que se basa en un proceso natural, libre de productos químicos y no depende de combustibles fósiles o electricidad. El sistema solo depende de la energía solar para la realización de los procesos naturales.

Actualmente existen más de 60 plantas de tratamiento de este tipo en los Estados Unidos. (TILLEY et al. 2018).

En la siguiente figura se observar los lechos filtrantes

Figura N° 43: Lechos filtrantes



Fuente: Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento 2018.

- **Inicio de la composta**

Para el inicio de la composta es necesario mantener controlada la temperatura y la humedad para asegurar la existencia de las bacterias durante todo el proceso.

Cuando se composta los lodos, se cuenta con una deficiencia en algunos nutrientes como es el caso del carbono, por lo tanto, se requiere de otros materiales que le aporten estos nutrientes y además den estructura (soporte) a las pilas de

tratamiento de manera tal que se facilite la circulación del aire desde afuera hacia dentro de la pila y se mejoren las condiciones para la vida bacteriana.

En el Anexo N° 16 se observa una guía fácil de aplicar sobre la realización de la composta según SIRE SOL México, en el cual solo se debe agregar nuestro lodo en proporciones que así lo requiera con el resto de nuestros materiales de compost.

- **Compostaje y características de los compost de lodo**

Constituye una de las mejores opciones, ambiental y económicamente, respecto a otros métodos de gestión de residuos orgánicos.

- **Ventajas**

- Elimina patógenos y semillas.
- Estabilización microbiana.
- Reducción de volumen y humedad.
- Eliminación y control de olores.
- Fácil almacenamiento, transporte y uso.
- Calidad como fertilizante y/o sustrato.
- Beneficio para la fertilidad del suelo.

- **Desventajas**

- Coste de instalación y mantenimiento
- Requiere estructurante
- Precisa áreas grandes de operación y tratamiento

- **Deben mezclarse con otros materiales con propiedades complementarias que deben tener:**

- Menor contenido en humedad y nitrógeno.
- Mejor estructura.
- Ser una fuente de C para equilibrar la relación de C/N de la mezcla.

- **Características del compost de lodo:**

- Valores de pH variables.
- Salinidad notable-alta.
- Altos contenidos en MO.

- Altas concentraciones de N.
- Relación C/N baja.
- Notables contenidos en macro y micro nutrientes.
- Contenido de metales pesados variable (dependiente del contenido en el material original).
- **Antes de aplicar compost de lodo aun suelo agrícola:**
 - Balance de nutrientes (N y P).
 - Criterio materia orgánica.
 - Criterio metales pesados.
 - Criterio sanitario.
 - Criterio derivado de la característica del suelo.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

4.1. CONCLUSIONES

Con la realización del presente trabajo de investigación podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Al realizar el diagnóstico de la Lavandería Multiservi se concluye que esta misma cuenta con las condiciones necesarias para la implementación de la propuesta.
- Los datos de la comparación de los análisis de laboratorio CEANID y COSAALT Ltda. con el Anexo 13C de Límites Permisibles Para Descargas Líquidas, indican que en el PUNTO N°1 los parámetros evaluados DBO₅, DQO, Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas (d) Coliformes Fecales y Escherichia Coli sobrepasan el límite permisible para descargas líquidas, lo que demuestra un alto grado de contaminación, exceptuando los parámetros de pH, Temperatura que si se encuentran dentro de los límites permisibles para descargas líquidas, mientras que en el PUNTO N°2 se indica que los parámetros se presentan una disminución de los parámetros DBO₅ hasta un 36%, DQO hasta un 13 %, Sólidos Disueltos hasta 29,2 %, Sólidos Suspendidos hasta 43,3%, Aceites y Grasas (d) hasta 35 %, Coliformes Fecales hasta < 2, Escherichia coli hasta <1 gracias a la aplicación de un coagulante, floculante y cloro, mientras que el pH y T° permanecieron estables.
- Los coagulantes y floculante usados fueron la Cal Apagada, Sulfato Doble de Aluminio y para la desafección el cloro aplicado a una muestra de 2000 ml de agua residual industrial del PUNTO N°2 de la cámara de filtro demuestra según los datos obtenidos por el CEANID y COSAALT Ltda, comparado con el RASIM Anexo 13 C se demuestra que dichos parámetros disminuyen y llegan a remover un alto porcentaje de los contaminantes, exceptuando a los Aceites y Grasas (d) el cual bajo solo hasta 69,25. dato que no es de gran relevancia ya que

los Aceites y Grasas (d) son insolubles y al ser insolubles son más fáciles de retirar provocando solo un impacto negativo en el medio.

- Se realizó cálculos para la dosificación del coagulante y floculante siendo estos de la remoción por proceso de la floculación, coagulación y cloración, con un proceso de método jarra utilizando una jarra de 2000ml con reactivos químicos, como coagulante el Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en un 0,2 gr de dosificación en 5 min de remoción, el sulfato el aluminio $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ en un 1 gr de dosificación en un tiempo de remoción de 10min y por último se procedió a la desinfección concentra 1.5 ml de Hipoclorito de Sodio de la marca Clorox.
- Se concluye que es de vital importancia la aplicar la cloración al agua residual industrial ya que en el PUNTO N°1 el valor de coliformes fecales, se encontraban por encima de los límites permisibles de la NB 512, sin embargo, en el PUNTO N°2 se determinó que este parámetro habría bajado hasta un < 1 según el laboratorio de COSAALT Ltda y el Escherichia Coli por el laboratorio CEANID habría bajado hasta en un < 2 .
- En función de los resultados obtenidos de laboratorio y posterior interpretación, se propone como estrategia una propuesta y diseño de reutilización de las aguas residuales de la Lavandería Multiservi, en el cual se llegará a reutilizar 3.500 ℓ de agua/día.
- Los lodos generados en este trabajo mostraron no ser nocivos para el medio ambiente.
- La hipótesis es verdadera ya que como se aprecia en los resultados del PUNTO N° 2, muestra N° 4, los parámetros llegan a bajar hasta estar dentro de los límites permisibles.

4.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo de muestras de agua en la Lavandería Multiservi llevando un estricto control de los resultados.
- Realizar el TPH (Hidrocarburos Totales) para futuros trabajos de investigación de lavanderías vehiculares.
- A la entidad prestadora de servicios COSAALT Ltda debe promover el cumplimiento de los parámetros establecidos por el RASIM Anexo 13 C-B para descargas al sistema de alcantarillado, para empresas vehiculares a fin de evitar contaminación ambiental y proteger la salud de las personas.
- Es necesario que las autoridades correspondientes den a conocer los procesos eficientes para el tratamiento del agua residual industrial de centros de lavanderías vehiculares con el fin de que otras instituciones de similares características implementen este proceso como plan de manejo responsable del agua residual industrial resultante de la actividad de lavado de vehículos.
- Se debe promover temas de investigación acerca de sistemas de tratamientos de efluentes de lavanderías de vehículos en la ciudad de Tarija, e identificar los impactos que este rubro provoca, y proponer alternativas de solución con proyecciones futuras para disminuir la contaminación del medio ambiente.
- Hacer un análisis de los lodos generados de la floculación y de las cámaras actuales para su optima disposición final adecuada.
- Generar una guía o manual de buenas prácticas ambientales en el servicio de lavado de vehículos.