

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL SERVICENTRO SAN MIGUEL PARA MINIMIZAR  
EL IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LAS FUENTES DE AGUA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR (A)**

**JOSE ENRIQUE FERNANDEZ SILVA**

**ASESOR (A)**

**MSC. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZÁLEZ**

**Chiclayo, 2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios.

Por permitirme tener el apoyo de mis padres y hermanos. Por darme salud y fuerza para culminar la carrera para así seguir superándome cada día.

A mis Padres y Hermanos.

Por estar siempre pendientes de cada uno de mis pasos y brindarme consejos en los momentos más difíciles.

A mis Abuelos y Tías.

Por guiarme y cuidarme siempre todos los días de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis Padres por su amor y motivación cada día de mi vida. Por su sabiduría durante mi etapa universitaria la cual me ha servido a lo largo de este proceso.

A mi asesora, MSc. Edith Anabelle Zegarra González por toda la guía brindada.

## **RESUMEN**

La industria del lavado de vehículos descarga al alcantarillado grandes cantidades de aguas residuales que por lo general son sin previo tratamiento, lo cual causa impactos negativos sobre las fuentes de aguas. Este es el caso de la empresa Servicentro San Miguel, la cual utiliza grandes volúmenes de aguas pero no cuenta con ningún tipo de tratamiento para sus aguas residuales afectando así al medio ambiente. La presente investigación tiene como objetivo principal proponer un sistema de tratamiento y reutilización para las aguas residuales del servicio de lavado de automóviles y así poder minimizar su impacto ambiental. En primer lugar se realizó un análisis físico-químico de las aguas residuales, obteniendo como resultado un DBO = 629,2 mg/L; DQO = 1 333,28 mg/L; SST = 1 265 mg/L y A&G = 238,67 mg/L, además con la ayuda de la matriz de Leopold y la metodología de evaluación del riesgo ambiental se pudo identificar y valorizar los factores ambiental más importantes como son el consumo de agua y la generación de aguas residuales. Para determinar los tratamientos necesarios para la propuesta se utilizó el método de factores ponderados, dando como resultado: un desbaste de finos y grueso, una trampa de grasas, una coagulación-floculación y un filtro de carbón activado. Permitiendo así poder cumplir con los VMA al tener como resultado después del tratamiento una disminución para el DBO de 98,56%, para el DQO de 99,65%, para SST de 99,79% y A&G de 95,61%. Finalmente en el análisis costos-beneficio se obtuvo una ganancia de S/ 0,36 por cada sol invertido en el desarrollo de la propuesta. Además logrando disminuir el porcentaje del riesgo ambiental en un 17,53%.

### **PALABRAS CLAVE:**

Aguas residuales, Impacto Ambiental, Tratamiento

## **ABSTRACT**

The vehicle washing industry drains large quantities of sewage into the sewer system, which is usually without previous treatment, which causes negative effects on water sources. This is the case of the company Servicentro San Miguel, which uses large volumes of water but does not have any type of treatment for its wastewater thus affecting the environment. The main objective of the present investigation is to propose a treatment and reuse system for wastewater from the car wash service, in order to minimize its environmental impact. First, a physical-chemical analysis of the wastewater was carried out, obtaining as a result a BOD = 629,2 mg / L; COD = 1 333,28 mg / L; SST = 1 265 mg / L and A & G = 238,67 mg / L, in addition with the help of the Leopold matrix and the environmental risk assessment methodology, we can identify and value the most important environmental factors such as water consumption and the generation of wastewater. To determine the necessary treatments for the proposal, the weighted factors method was used, resulting in: a fine and coarse roughing, a grease trap, a coagulation-flocculation and an activated carbon filter. Allowing thus to be able to comply with the VMA, having as a result after the treatment a decrease for the BOD of 98,56%, for the COD of 99,65%, for SST of 99,79% and A & G of 95,61%. Finally, in the cost-benefit analysis, a profit of S / 0,36 was obtained for each sun invested in the development of the proposal. In addition, managing to reduce the percentage of environmental risk by 17,53%.

### **KEYWORDS:**

Wastewater, Environmental Impact, Treatment

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	3
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.2.1. AGUAS RESIDUALES.....	7
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	7
2.2.3. CALIDAD DEL AGUA.....	7
2.2.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
2.2.5. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
2.2.5.1. PRE-TRATAMIENTO.....	8
2.2.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	9
2.2.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	11
2.2.5.4. TRATAMIENTO TERCARIO.....	12
2.2.6. PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	13
2.2.7. MARCO LEGAL.....	16
2.2.8. TRATAMIENTOS PARA LODOS RESIDUALES.....	18
2.2.9. IMPACTO AMBIENTAL.....	19
2.2.9.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL.....	21
2.2.10. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL.....	22
2.2.10.1. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	22
III. RESULTADOS.....	23
3.1. DIAGNOSTICAR EL SERVICIO DE LAVADO SERVICENTRO SAN MIGUEL.....	23
3.1.1. LA EMPRESA.....	23
3.1.2. ORGANIGRAMA.....	24
3.1.3. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE LAVADO EN LA EMPRESA.....	25
3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAVADO.....	28
3.1.5. DISPOSICIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL DEL ÁREA DE LAVADO.....	31
3.1.6. SERVICIO DE MANTENIMIENTO VEHICULAR EN LA EMPRESA.....	33
3.1.7. IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	34

3.2.	CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES OBTENIDAS EN LA EMPRESA .....	45
3.2.1.	TOMA DE MUESTRA DE AGUAS RESIDUALES .....	45
3.3.	PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	50
3.3.1.	SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS ADECUADOS PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA EMPRESA .....	50
3.3.1.1.	PODERACIÓN PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	54
3.3.2.	DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	62
3.3.2.1.	PRONOSTICO DEL EFLUENTE.....	62
3.3.2.2.	BALANCE DE MATERIA.....	64
3.3.2.3.	PARÁMETROS FINALES DEL BALANCE DE MATERIA.....	70
3.3.2.4.	INDICADORES ECOEFICIENTES DE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA EMPRESA .....	71
3.3.2.5.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	72
3.3.3.	DIMENSIONES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	74
3.3.4.	Reutilización de Agua Tratada.....	84
3.3.5.	MAQUINARIAS Y EQUIPOS.....	85
3.3.6.	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA. METODO GUERCHET .....	86
3.4.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO ECONÓMICO AMBIENTAL DE LA PROPUESTA .....	87
3.4.1.	COSTO DE INVERSIÓN DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	88
3.4.1.1.	INVERSIONES TANGIBLES.....	88
3.4.1.2.	INVERSIONES INTANGIBLE.....	91
3.4.2.	SANCIONES Y MULTAS POR CONTAMINAR LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	92
3.4.3.	COSTO POR CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL SERVICIO DE LAVADO .....	95
3.4.4.	COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	96
3.4.4.1.	COSTO DE ENERGÍA .....	96
3.4.4.2.	COSTO POR TRATAMIENTO DE EFLUENTE.....	97
3.4.4.3.	COSTO POR TRATAMIENTO DE LODOS.....	98
3.4.5.	ANÁLISIS COSTO BENEFICO DE LA PROPUESTA.....	98
3.4.6.	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN SERVICENTRO SAN MIGUEL DESPUÉS DE LA PROPUESTA .....	100
IV.	CONCLUSIONES.....	106
V.	RECOMENDACIONES .....	107
VI.	LISTA DE REFERENCIAS .....	108
VII.	ANEXOS.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Diagrama de sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	8
Figura N° 2: Vista de lavadero Servicio San Miguel .....	23
Figura N° 3: Organigrama.....	25
Figura N° 4: Vehículos lavados desde 2012-2017 .....	27
Figura N° 5: Diagrama de procesos del servicio de lavado vehicular.....	30
Figura N° 6: Disposición final de aguas residuales del área de lavado.....	31
Figura N° 7: Pozo de Sedimentado en el área de lavado de Servicentro San Miguel .....	32
Figura N° 8: Canal para dirigir el agua residual.....	32
Figura N° 9: Pozo de sedimentado de aguas residuales del Servicentro San Miguel .....	46
Figura N° 10: Punto de muestreo de aguas residuales Servicentro San Miguel.....	47
Figura N° 11: Frascos proporcionados por el laboratorio de Epsel S.A.....	47
Figura N° 12: Formato de etiqueta para la identificación de la muestra .....	48
Figura N° 13: Agua Residual de Servicentro San Miguel.....	48
Figura N° 14: Comportamiento trimestral de las aguas residuales de Servicentro San Miguel.....	62
Figura N° 15: Balance de materia en el Desbaste .....	65
Figura N° 16: Balance de materia en el Desaceitado y Desengrasado.....	66
Figura N° 17: Balance de materia en la Coagulación y Floculación.....	68
Figura N° 18: Balance de materia en el filtro de carbón activado.....	69
Figura N° 19: Sistema de tratamiento para las aguas residuales del servicio de lavado de la empresa Servicentro San Miguel.....	74
Figura N° 20: Software Hcanales con vista de los datos ingresados para el diseño del cul de entrada.	75
Figura N° 21: Configuración estándar de un tanque de mezcla .....	80
Figura N° 22: Proporciones geométricas de un sistema de agitación estándar .....	81
Figura N° 23: Variables dimensionales.....	81
Figura N° 24: Equipo de carbón activado de 8" x 40" .....	83
Figura N° 25: Dimensiones del Tanque Rotoplas .....	84
Figura N° 26: Motor eléctrico 0,55kW de 4 polos .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Parámetros de la calidad del agua.....	14
Tabla N° 2: VMA para descargas al sistema de alcantarillado (físico-químicos).....	17
Tabla N° 3: VMA para descargas al sistema de alcantarillado (parámetros inorgánicos) .....	17
Tabla N° 4: Sanciones y Multas .....	18
Tabla N° 5: Descripción de las metodologías de evaluación de impactos ambientales .....	20
Tabla N° 6: Procesos del sistema matricial del riesgo ambiental.....	21
Tabla N° 7: Personal de Trabajo .....	25
Tabla N° 8: Tipos Automóviles lavado y sus costos.....	26
Tabla N° 9: Número de vehículos lavados en el año 2007.....	26
Tabla N° 10: Montos Facturados de agua y energía eléctrica .....	27
Tabla N° 11: Agua utilizada en el servicio de lavado desde el 2012-2017 .....	28
Tabla N° 12: Residuos generados en el área de lavado.....	31
Tabla N° 13: Residuos generados en el área de mantenimiento.....	33
Tabla N° 14: Identificación de peligros del Servicentro San Miguel.....	37
Tabla N° 15: Definición de Fuentes de peligro de Servicentro San Miguel .....	38
Tabla N° 16: Definición de Suceso indicador del Entorno Humano de Servicentro San Miguel .....	39
Tabla N° 17: Definición de suceso indicador del Entorno Ecológico de Servicentro San Miguel .....	39
Tabla N° 18: Definición de suceso indicador del Entorno Socioeconómico de Servicentro San Miguel .....	40
Tabla N° 19: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno humano Servicentro San Miguel .....	41
Tabla N° 20: Evaluación de riesgo ambiental para el entorno ecológico de Servicentro San Miguel ..	42
Tabla N° 21: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno ecológico de Servicentro San Miguel .	43
Tabla N° 22: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el Entorno Humano del Servicentro San Miguel.....	43
Tabla N° 23: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Ecológico del Servicentro San Miguel.....	44
Tabla N° 24: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Socioeconómico del Servicentro San Miguel.....	44
Tabla N° 25: Porcentajes de riesgo ambiental.....	45
Tabla N° 26: Parámetros del agua residual analizados .....	49
Tabla N° 27: Resultados de los parámetros analizados de las aguas residuales de lavado vehicular ...	49
Tabla N° 28: Posibles pre-tratamientos a aplicar para la propuesta de la empresa Servicentro San Miguel .....	51
Tabla N° 29: Posibles Tratamientos primarios a aplicar para la propuesta de la empresa Servicentro San Miguel .....	52
Tabla N° 30: Posibles tratamientos terciarios a aplicar para la propuesta de la empresa Servicentro San Miguel .....	53
Tabla N° 31: Confrontación de factores para su ponderación.....	55
Tabla N° 32: Rango de calificación de factores .....	56
Tabla N° 33: Calificación de los factores predominantes para cada uno de los procesos analizados en el Pre-Tratamiento.....	56

Tabla N° 34: Calificación de los factores predominantes para cada uno de los procesos analizados en el tratamiento primario .....	58
Tabla N° 35: Calificación de los factores predominantes para cada uno de los procesos analizados en el tratamiento terciario.....	60
Tabla N° 36: Agua residual generada en los años 2012-2017.....	63
Tabla N° 37: Pronóstico de las cantidades de efluente que generará la empresa Servicentro San Miguel .....	64
Tabla N° 38: Cálculo del material cribado.....	65
Tabla N° 39: Comparación de parámetros finales.....	70
Tabla N° 40: Caudales mínimos, medios y máximos pronosticados en el servicio de lavado Servicentro San Miguel.....	75
Tabla N° 41: Resultados para el diseño del canal de entrada.....	76
Tabla N° 42: Parámetro técnico para el diseño de desbastes .....	76
Tabla N° 43: Dimensiones de las rejillas de desbaste de gruesos .....	77
Tabla N° 44: Dimensiones de las rejillas de desbaste de finos.....	78
Tabla N° 45: Dimensiones de la trampa de grasas y lodos .....	78
Tabla N° 46: Dimensiones recomendadas para trampas de grasa según caudal de diseño .....	79
Tabla N° 47: Dimensiones de Equipo de carbón activado 8"x40" .....	83
Tabla N° 48: Método de Guerchet para la instalación del sistema de tratamiento de aguas residuales en Servicentro San Miguel.....	87
Tabla N° 49: Inversión en Obras de ingeniería civil .....	89
Tabla N° 50: Inversión en obras de concreto .....	89
Tabla N° 51: Inversión de equipos y máquinas.....	90
Tabla N° 52: Accesorios para el sistema de tratamiento .....	90
Tabla N° 53: Inversión Tangible .....	91
Tabla N° 54: Inversiones Intangibles .....	91
Tabla N° 55: Inversión total para la propuesta.....	92
Tabla N° 56: Definición de rangos y parámetros .....	93
Tabla N° 57: Factor de ajuste F según rango de vertimiento .....	94
Tabla N° 58: Cálculo de importe a facturar por servicio de alcantarillado .....	94
Tabla N° 59: Costos anuales por consumo de agua sin el sistema de tratamiento .....	96
Tabla N° 60: Costos por consumo de energía .....	96
Tabla N° 61: Costos de energía para el sistema propuesto .....	97
Tabla N° 62: Costo del coagulante por año.....	97
Tabla N° 63: Costo anual por el lodo tratado.....	98
Tabla N° 64: Análisis Costo-Beneficio .....	99
Tabla N° 65: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno humano Servicentro San Miguel .....	101
Tabla N° 66: Evaluación de riesgo ambiental para el entorno ecológico de Servicentro San Miguel .....	102
Tabla N° 67: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno socioeconómico del Servicentro San Miguel .....	103
Tabla N° 68: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el Entorno Humano del Servicentro San Miguel.....	103
Tabla N° 69: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Ecológico del Servicentro San Miguel.....	104
Tabla N° 70: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Socioeconómico del Servicentro San Miguel.....	104
Tabla N° 71: Porcentajes de riesgo ambiental.....	105

## I. INTRODUCCIÓN

En [1] se explica cómo el mercado automotriz de América Latina ha ido creciendo progresivamente, así lo demuestran sus ventas a nivel mundial. La Asociación Automotriz del Perú [2] considera a Brasil (1 508 907) y México (1 148 843) en los primeros lugares, en número de vehículos vendidos en todo el 2016. Además de países como Argentina y Chile que los siguen de cerca con 545 514 y 230 811 vehículos vendidos respectivamente. Así mismo la demanda del sector automotriz en el Perú ha registrado un flujo vehicular de 134 545 unidades en el periodo Enero/Septiembre 2017, de ahí que la industria del servicio de lavado de automóviles ha crecido rápidamente.

Para Carrasquero *et al.* [3] si bien la creación de micro empresas, relacionadas al lavado de vehículos, contribuye al crecimiento económico local al mismo tiempo ésta actividad causa grandes impactos ambientales. Según Costa et al. [4] citado en [3] el servicio de lavado de vehículos genera un uso excesivo de agua potable, utilizando por automóvil según [5] entre 150-600 L, además la descarga de efluentes sin tratamiento previo destruyen a la flora y fauna acuática. En el Perú según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [6] sólo se brinda el servicio de alcantarillado al 69,65% de la población urbana. La población no cubierta descarga sus aguas residuales sin tratamiento directamente al mar, ríos, lagos, quebradas o las utilizan para el riego de cultivos. Estas aguas contaminan las fuentes de agua debido a que contienen materia orgánica, sólidos suspendidos, aceites, detergentes, grasas. Además, debido a la infiltración en el subsuelo también se contaminan las aguas subterráneas lo cual crea focos infecciosos dañinos para la salud de las personas, los animales y las plantas.

En diferentes partes del mundo ya se están tomando medidas para minimizar la contaminación por las aguas residuales de los lavaderos de autos. Por ejemplo en Australia no se puede utilizar más de 70 L de agua en el lavado de un auto mientras que en Suecia se tienen políticas de control, referentes a las descargas de aguas residuales al alcantarillado ya que representan un riesgo para el ambiente y para la salud. En el Perú la Ley de Recursos Hídricos y D.S N° 001-2015, dados por el MINAN (Ministerio del ambiente) son los que regulan el uso y gestión de los recursos hídricos, además de establecer los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales al alcantarillado. La presente investigación se realizó en la empresa Servicentro San Miguel ubicada en el Pasaje San Miguel calle Los Cedros 170 -Chiclayo-Lambayeque, la cual se dedica al servicio de lavado

de vehículos, engrase y pulverizado, cambio de aceite y filtros. Sus actividades inician desde las 6 am hasta las 6 pm de lunes a viernes inclusive feriados. Cuenta con una capacidad instalada de dos autos para el servicio de lavado y uno para el mantenimiento de los autos (cambio de aceite, cambio de filtros y pulverizados). Durante el 2017 se llegó a utilizar más de 80 000 L de agua potable al mes, lavando más de 210 vehículos. Siendo el principal problema para la empresa la falta de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Debido a que las aguas provenientes del Servicentro San Miguel van directamente hacia las canaletas de los desagües, al no contar con trampas de grasas ni sólidos éstas alteran la permeabilidad de los suelos, por tal motivo se considera oportuna la investigación. En el área de mantenimiento de los autos, la generación de residuos sólidos y líquidos es significativa al no contar con medidas para una correcta disposición, por ejemplo el aceite residual bien cae directamente al suelo o se almacena en depósitos de lata que posteriormente son vendidos informalmente. En el caso de los residuos sólidos como waipes, papeles, cartones, plásticos, envases de grasas, filtros usados, entre otros no son correctamente segregados por ende el camión de basura se los lleva de manera inadecuada. Después de todo lo mencionado surge la siguiente pregunta: ¿Mediante un sistema de tratamiento de aguas residuales en el servicio de lavado de automóviles podría reutilizarse el agua y minimizar su impacto?

Este proyecto de investigación se centró en el tratamiento y reutilización de aguas residuales el cual tiene como objetivo principal: Proponer un sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales en el servicio del lavado de automóviles Servicentro San Miguel para minimizar el impacto ambiental sobre las fuentes de agua, pero para lograr proponer un sistema de tratamiento óptimo y adecuado se tiene que llevar a cabo los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar el servicio de lavado Servicentro San Miguel y el impacto ambiental que genera sobre las fuentes de agua, caracterizar las aguas residuales obtenidas en la empresa Servicentro San Miguel, proponer diseño de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales. Luego de haber completado los anteriores objetivos se procede a realizar un análisis costo-beneficio que se obtendrá con la propuesta del sistema de tratamiento y reutilización

La propuesta de implementación de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales, se encuentra justificada por el impulso de proteger al medio ambiente y los recursos naturales principalmente las fuentes de agua donde se descargan las aguas residuales domésticas e industriales, por otra parte contribuye en la calidad de vida de localidades aledañas. Además este trabajo aporta al investigador conocimiento en la

clasificación de tratamientos de aguas residuales y también sirve de información para otras empresas que estén en el rubro de lavado de vehículos y quieran implementar un sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para S. Carrasquero *et al.* [3] en su investigación sobre: “Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización”, menciona que el uso excesivo de aguas y como son vertidas sin alguna técnica previa produce graves impactos ambientales. Esta investigación evaluó un tratamiento físico-químico para las aguas residuales descargadas de un servicio de lavado de automóviles ubicado en la parroquia Juana de Ávila del Municipio Maracaibo, Estado Zulia, el cual consistía en las siguientes operaciones: coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Utilizándose como coagulantes al cloruro férrico (CF), sulfato de aluminio (SA) y cloruro de calcio (CC). Los parámetros que se analizaron a las aguas residuales fueron: demanda química de oxígeno (DQO), pH, fósforo total, demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos totales, turbidez, alcalinidad total, sólidos sedimentables y color aparente. En el desarrollo de la investigación se realizó con dosis de coagulantes que oscilaron entre 0 y 850 mg/l. Obteniendo como resultado que se necesita de 700, 350 y 350 mg/l de SA, CF y CC, respectivamente, para obtener porcentajes de remoción de 93, 98 y 67 % para el color y 95, 99 y 87% para la turbidez. Con respecto a la remoción de DQO existieron diferencias significativas entre los tratamientos con SA, CF y CC, afectando la remoción de este parámetro. El coagulante que produjo un efluente adecuado para la reutilización fue el Cloruro Férrico (CF), utilizándose una dosis de 350 mg/l.

Svensson *et al.* [7] in his research presents the evaluation of a mixed absorbent based on peat and ash containing carbon for wastewater treatment such as: sewage from professional vehicle washes, leachate from landfills and rainwater. The absorbent is a low cost material that has the ability to simultaneously remove organic contaminants. However, any filter material eventually needs to be replaced by the saturation of contaminants or the reduced infiltration capacity, due to this it is important that the waste is handled properly so that the environment is not affected. The tests carried out on this absorbent showed low leachate values, high efficiency in the elimination of metals such as Cu, Cd and Pb, and non-polar and polar organic compounds such as phenols were also effectively eliminated. The authors

finally mention that a good alternative for handling after using these filters is as energy recovery, having a high enough energy content. And this is demonstrated by the results obtained from filters used during three years in a real-scale plant for leachate treatment and four years in wastewater treatment plants from car washes. Finally, after the results shown in his research, they come to the conclusion that the presented filter material is excellent for small and large scale application in treatment systems for car washes and filtration systems for landfill leachates.

Svensson *et al.* [7] en su investigación presenta la evaluación de un absorbente mixto basado en turba y cenizas que contienen carbono para tratamiento de aguas residuales como lo son: las aguas residuales de lavados profesionales de vehículos, lixiviados de vertederos y aguas pluviales. El absorbente es un material de bajo costo que tiene la capacidad de eliminar simultáneamente contaminantes orgánicos. No obstante cualquier material de filtro eventualmente necesita ser reemplazado por la saturación de contaminantes o la reducida capacidad de infiltración, debido a esto es importante que el residuo sea manejado adecuadamente para que el medio ambiente no sea afectado. Los ensayos realizados a este absorbente mostró bajos valores de lixiviados, alta eficiencia en la eliminación de metales como Cu, Cd y Pb, y compuestos orgánicos no polares y polares como los fenoles también fueron eliminados eficazmente. Los autores finalmente mencionan que una buena alternativa para el manejo después del uso de estos filtros es como recuperadores de energía, al tener un contenido energético suficientemente alto. Y así lo demuestra los resultados obtenidos de filtros utilizados durante tres años en una planta a escala real para tratamiento de lixiviados y cuatro años en las plantas de tratamiento de aguas residuales procedentes de lavados de automóviles. Por último después de los resultados mostrados en su investigación llegan a la conclusión que el material de filtro presentado es excelente para la aplicación a pequeña y gran escala en sistemas de tratamiento para lavaderos de autos y sistemas de filtración para lixiviados de vertederos.

Gheethil *et al.* [8] in his article: "Treatment of wastewater from car washes using natural coagulation and filtration system", aimed to develop an integrated treatment system for car wash wastewater based on coagulation and flocculation using *Moringa oleifera* and sulphate ferrous ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) as well as a natural filtration system. This investigation took place at a car wash station located in Parit Raja, Johor, Malaysia. The samples of wastewater obtained from the washing station were used to evaluate parameters such as pH, dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD) and turbidity, these helped

to identify the efficiency of the treatment system. The authors for this research designed the wastewater treatment system for car washing at laboratory scale, which included four stages: aeration, coagulation and flocculation, sedimentation and filtration. For the coagulation and flocculation stage different doses (35, 70, 105 and 140 mg / l) of *Moringa Oleifera* and  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  were used. As a result, it was obtained that the treatment system was more efficient with the natural coagulant (*Moringa Oleifera*) since the wastewater at the end of the treatment complies with the EQA 1974 regulation (standard A) in terms of pH and DO, while turbidity and reduced COD in the wastewater meet the standards B. In addition, the parameters of the car wash wastewater are suitable to be reused in the same wash service.

Gheethil *et al.* [8] en su artículo: “Treatment of wastewater from car washes using natural coagulation and filtration system”, tuvo como objetivo desarrollar un sistema de tratamiento integrado para las aguas residuales de lavado de autos a base de coagulación y floculación utilizando *Moringa oleífera* y sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) así como un sistema de filtración natural. Esta investigación tuvo lugar en una estación de lavado de autos ubicada en Parit Raja, Johor, Malasia. Las muestras de aguas residuales obtenidas de la estación de lavado se utilizaron para evaluar parámetros como pH, oxígeno disuelto (DO), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez, estos ayudaron para identificar la eficiencia del sistema de tratamiento. Los autores para esta investigación diseñaron el sistema de tratamiento de aguas residuales para lavado de autos a escala de laboratorio, el cual incluía cuatro etapas: aireación, coagulación y floculación, sedimentación y filtración. Para la etapa de coagulación y floculación se utilizaron diferentes dosis (35, 70, 105 y 140 mg/l) de *Moringa Oleifera* y  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Como resultado se obtuvo que el sistema de tratamiento fue más eficiente con el coagulante natural (*Moringa Oleifera*) ya que las aguas residuales al final del tratamiento cumplen con la regulación EQA 1974 (norma A) en términos de pH y DO, mientras que la turbidez y DQO reducidas en las aguas residuales cumplen con los estándares B. Además, los parámetros de las aguas residuales de lavado de automóviles son apropiados para ser reutilizados en el mismo servicio de lavado.

R. Zaneti, R. Etchepare & J. Rubio [9] evaluates urban water management in Brazil. The objective of this research is to evaluate the wastewater treatment of a typical car wash station by flotation of flocculation columns plus sand filters and chlorination. The quantitative microbial risk assessment (QMRA) was performed with a dose-response model and a limit of coliforms (*Escherichia coli*) of 200 CFU / 100ml (colony forming

units per 100 milliliters), in the recovered water it was suggested as risk acceptable microbiological. In addition, a mass balance was applied for the evaluation of the concentration of critical components as a function of water. The results of the investigation revealed that the concentrations of chloride and TDS (total dissolved solids) in reclaimed water were stabilized. Below 350 and 900 mg / L, respectively. Finally, the cost-benefit analysis carried out for six different scenarios showed that water recovery is highly competitive and that it has a short recovery period (one year).

R. Zaneti, R. Etchepare & J. Rubio [9] evalúa en Brasil la gestión del agua urbana. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el tratamiento de aguas residuales de una estación de lavado de autos típica por flotación de columnas de floculación más filtros de arena y cloración. La evaluación cuantitativa del riesgo microbiano (QMRA) se realizó con un modelo de dosis-respuesta y un límite de coliformes (*Escherichia coli*) de 200 UFC/100ml (Unidades formadoras de colonias por 100 mililitros), en el agua recuperada se sugirió como riesgo microbiológico aceptable. Además se aplicó un balance de masa para la evaluación de la concentración de componentes críticos en función del agua. Los resultados de la investigación revelaron que las concentraciones de cloruro y TDS (total de sólidos disueltos) en agua regenerada se estabilizaron. Por debajo de 350 y 900 mg/L, respectivamente. Por último en el análisis costo-beneficio realizado para seis diferentes escenarios mostraron que la recuperación de agua es altamente competitiva y que tiene un periodo de recuperación corto (un año).

La metodología presentada por J. Rodríguez, C. García & J. Pardo [10] es construida con base en los aspectos ambientales, técnicos y económicos, con la finalidad de que pueda servir como un instrumento para la toma de decisión de inversiones de plantas de tratamiento de aguas residuales con elementos multidisciplinarios. En países en vía de desarrollo para la selección de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales se deben considerar, entre otros aspectos, la eficiencia de remoción de contaminante por tipo de tecnología, aspectos ambientales sobre localización, indicadores de desempeño por tecnología, la composición típica del agua residual cruda y la estrategia espacial para la localización.

## **2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1. AGUAS RESIDUALES**

Para la OEFA [6] son aquellas aguas cuyas propiedades han sido alteradas por actividades humanas y por ende necesitan un tratamiento previo antes de ser descargadas al sistema de alcantarillado o reusadas para la misma actividad.

### **2.2.2. CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Según OEFA [6] existen tres tipos de aguas residuales:

a) Aguas residuales industriales

Son aguas provenientes de un proceso productivo, incluyéndose a la actividad energética, agrícola, agroindustrial, minera, entre otras.

b) Aguas residuales domésticas

Son aguas que provienen de las viviendas o residencias, edificios comerciales e instituciones. Son de origen comercial y residencial que contienen desechos fisiológicos, entre otros y que deben ser tratadas adecuadamente.

c) Aguas residuales municipales

Son aguas domésticas que pueden estar mezcladas con aguas residuales de origen industrial o drenaje pluvial que no tengan previo tratamiento, para ser admitidas como tipo combinado.

### **2.2.3. CALIDAD DEL AGUA**

Según [11] la calidad del agua es la condición en que se encuentra el agua respecto a características químicas, físicas y biológicas en su estado natural o después de ser alteradas por la actividad humana. De acuerdo a esas características se definirá si el agua esta apta para su consumo o si necesita una purificación. El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es eliminar los contaminantes presentes en estas, antes de ser descargadas a fuentes de agua, de forma que la cantidad de contaminación que queda en las aguas tratadas cumplan los límites legales permitidos y puedan ser eliminados. Estos tratamientos constan de un conjunto de operaciones químicas, biológicas, físicas.

## 2.2.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Para la purificación del agua residual industrial existen tratamientos físicos, químicos, biológicos y combinación de ellos. Todos estos tratamientos presentan ventajas y limitaciones pero tanto sus ventajas como limitaciones son los que definen sus campos de aplicación.

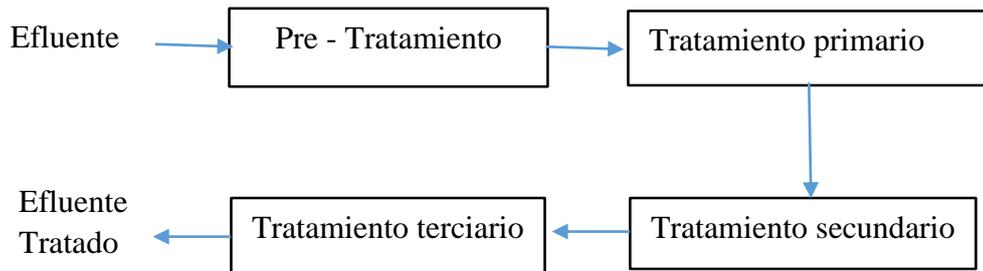


Figura N° 1: Diagrama de sistemas de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: Fondo Nacional del Ambiente

## 2.2.5. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El Fondo Nacional del Ambiente [11] clasifica los tratamientos en:

### 2.2.5.1. PRE-TRATAMIENTO

Tiene como finalidad la retención de sólidos finos y sólidos gruesos cuya densidad es mayor a comparación del agua, por ejemplo evitan el paso de plásticos, basura, arena, entre otros. Las operaciones más habituales son el desbaste de finos y gruesos, desengrasado y desaceitado, los cuales tienen como finalidad facilitar el tratamiento posterior. Seguidamente se describen cada uno de ellos:

#### A. Desbaste de Finos y Gruesos

En esta operación el agua residual pasa a través de rejillas formadas por barras metálicas de 6 o más milímetros, espaciadas paralelamente entre 10 a 100 milímetros y dispuestas paralelamente. El desbaste se clasifica según la separación entre las barras de la rejilla en: Desbaste de grueso y Desbaste de finos. El primero evita el paso de sólidos en suspensión de mayor tamaño, por ejemplo, botellas de plástico, cartones, piedras y más. El segundo evita el paso de sólidos en suspensión de menor tamaño.

## **B. Desengrasado y Desaceitado**

La finalidad de esta operación es eliminar espumas, aceites, materiales flotantes más ligeros que el agua y grasas, para evitar que los tratamientos posteriores sean perjudicados. El desaceitado y el desengrasado se eliminan gracias a la insuflación de aire, para desennulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad. El desaceitado consiste en la separación líquido-líquido, mientras que el desengrasado es una separación sólido-líquido. Para la disposición final de las grasas concentradas se recomienda almacenarlos en contenedores y posteriormente pasar a un vertedero o una empresa que trate estos residuos.

## **C. Tamizado**

Esta operación tiene los mismos objetivos que se desea con el desbaste, por ejemplo la eliminación de sólidos de mayor tamaño que pueden obstaculizar el desarrollo de los tratamientos posteriores. Dependiendo las dimensiones de los orificios en el tamiz, pueden distinguir entre: macro tamizado, donde su enrejado metálico con paso superior a 0,2 mm y micro tamizado, donde la malla tiene un paso inferior a 100 micras.

## **D. Desarenador**

Con la intención de evitar que se produzcan sedimentos en los canales, para proteger las bombas y otros equipos contra la abrasión, en esta operación se busca eliminar todas aquellas partículas de granulometría superiores a 200 micras. Tiene un 90% de eliminación para arenas de tamaño superior a 0,200 mm.

### **2.2.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Una vez que se han retirado de las aguas residuales los elementos sólidos de mayor tamaño, estas pasan por un tratamiento primario el cual tiene como objetivo remover materiales orgánicos, ajustar el pH, remover materiales inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0,1mm. A continuación se describen las operaciones más frecuentes:

#### **A. Sedimentación y/o Decantación**

Es una operación física donde la separación de los sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos de las partículas y del líquido. Para lograr

la separación entre el líquido y los sólidos se pueden seguir dos caminos: en el primero las partículas pueden tener un peso específico mayor que el del agua sedimentada, mientras que en el segundo el peso específico de las partículas es menor que el del agua sedimentada. A esta operación también se suele denominar decantación.

## **B. Coagulación y Floculación**

La coagulación-floculación permiten la remoción de los sólidos sedimentales y de las partículas coloidales. La coagulación se lleva a cabo con la adición de un reactivo químico llamado coagulante en el agua residual, el cual provoca la desestabilización de las partículas coloidales formando partículas gelatinosas. Los coagulantes a base de sales de aluminio y hierro son los más usados en la clarificación de aguas, eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Según Barrenechea [12] los principales coagulante utilizados para desestabilizar las partículas y producir la floculación son: Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio, Cloruro Férrico, Sulfato Férrico, Sulfato Ferroso. La finalidad de la floculación es la separación líquido-sólido, utilizado para la remoción de sólidos o partículas suspendidas en aguas residuales. Sus principales componentes son el compresor de aire, un tanque de retención, una válvula reductora de presión y un tanque de flotación. La floculación puede realizarse inyectando aire directamente a las aguas residuales, o al afluente recirculado.

## **C. Tanques Imhoff**

Al igual que la sedimentación y coagulación-floculación esta operación tiene por finalidad la remoción de sólidos suspendidos. Una de las ventajas que ofrecen los taques imhoff es que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en una misma unidad, además tienen una operación muy simple y no tienen unidades mecánicas que requieran mantenimiento. Sin embargo, para un uso correcto las aguas residuales deben pasar previamente por las operaciones de desbaste y remoción de arenas. Los lodos acumulados en estos tanques se deben extraer periódicamente para ser trasladados a lechos de secado en donde su contenido de humedad reduce por infiltración, después pueden ser utilizados para mejoramiento de suelos o simplemente pueden ser enterrados.

### **2.2.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Una vez terminadas las operaciones del pre-tratamiento y tratamiento primario las aguas residuales, de ser necesario, pasan por un tratamiento secundario en donde se busca la reducción de materia orgánica presente en las aguas residuales. Este tratamiento es una oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias.

#### **A. Lagunas Aireadas**

Las lagunas aireadas se caracterizan por ocupar grandes superficies de terrenos, estos son embalses donde se depositan las aguas residuales. Se utilizan aireadores superficiales o difusores sumergidos para oxigenar las aguas residuales y permitir la oxidación bacteriana. Dependiendo de las condiciones climáticas y una correcta aireación, las bacterias podrán crecer de manera acelerada. Por lo general tiene un tiempo de residencia de 365 días y la separación de los sólidos de este tratamiento se logrará por decantación.

#### **B. Lodos Activados**

Al contrario de las lagunas aireadas este tratamiento biológico consiste básicamente en la agitación de una mezcla entre el agua residual y un lodo de microorganismo seleccionado. Los microorganismos ayudan a la oxidación de la materia orgánica presente en las aguas residuales, estos las transforman a una forma más estable, logrando la disminución de carga orgánica contaminante presente en las aguas residuales. Para que los microorganismos se multipliquen es necesario un medio adecuado que proporcione oxígeno y alimento, necesarios para su desarrollo, formando así la Biomasa.

#### **C. Procesos Anaeróbicos**

Son procesos microbiológicos que se dan dentro de un recipiente hermético, aquí se realiza la digestión de la materia orgánica y además se produce metano. Se pueden utilizar diferentes tipos de microorganismos, pero es trabajado principalmente por bacterias. Como tratamientos anaeróbicos tenemos a los tanques sépticos y los reactores anaerobios. A comparación, con los mencionados anteriormente este tratamiento requiere de instalaciones menos costosas y no tiene necesidad de suministrar oxígeno y además produce menor cantidad de lodos. Una desventaja que tiene es que requiere de mayor

tiempo de contacto, es decir, es más lento que un tratamiento aeróbico. No es recomendable para el tratamiento de grandes volúmenes de aguas residuales.

#### **2.2.5.4. TRATAMIENTO TERCIARIO**

La finalidad del tratamiento terciario es eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor de las aguas residuales, además de remover detergentes, fosfatos y nitratos. Estos últimos pueden ocasionar espuma y eutrofización. El agua residual tratada en este tratamiento puede ser usada en acuíferos, riego de áreas agrícolas, crianzas de peces, para uso industrial, entre otras actividades. Los más usados en este tratamiento son:

##### **A. Carbón Activado**

Para Rocha [13] el carbón activado es una materia carbonizada que puede ser de origen vegetal o mineral. Se le denomina activado porque la materia carbonizada tiene propiedades absorbentes. De acuerdo al tamaño de los poros en su estructura el carbón activado puede ser clasificado de la siguiente manera: están los microporos, que tienen un tamaño promedio menor a 2 nanómetros, también los mesoporos, que tienen un diámetro de 2-50 nanómetros, y por último están los macroporos, que tienen un diámetro mayor a 50 nanómetros. Entre los usos específicos que puede tener están: remover color, olor y sabores de líquidos o bebidas, también es usado en la clarificación de jarabes, y además en la remoción de contaminantes en aguas residuales.

##### **B. Osmosis Inversa**

Ortega [14] menciona que la osmosis se lleva a cabo cuando dos fluidos de distinta densidad se encuentran separadas por una membrana semipermeable existiendo además una diferencia de presión entre ambos fluidos. Para equilibrar esta presión el fluido menos denso pasa a través de la membrana permitiendo así la osmosis. El termino osmosis inversa viene dado por su uso en la industria, aquí la presión natural se fuerza a actuar en sentido contrario a lo que haría la naturaleza. Esto permite que se pueda remover contaminantes de las aguas residuales, por ejemplo: sólidos totales disueltos, detergentes y moléculas e iones que puedan contaminar fuentes de agua.

### **C. Ozonización**

Para Brenes [15] la ozonización es un proceso de oxidación avanzada que permite desinfectar las aguas a tratar. Como componente principal tiene al ozono, este es un gas de color azul muy inestable y que puede detectarse fácilmente gracias al olor picante que tiene. Además puede generarse a partir de energías como: eléctrica, fotoquímica, electroquímica, radioquímica y térmica. El ozono presente en la desinfección de las aguas puede destruir la proteína celular, y también actúa como desinfectante en la degradación química de la materia celular. Para que la ozonización se lleve a cabo, primero se debe suministrar el ozono en una mezcla con aire u oxígeno al agua a tratar, esto permitirá el contacto del ozono con los compuestos orgánicos e inorgánicos para su oxidación.

### **D. Electrocoagulación**

Arango [16] define a la electrocoagulación como el proceso que utiliza la electricidad para eliminar contaminantes suspendidos o disueltos en aguas residuales. Para lograrlo primero se induce corriente eléctrica, en las aguas residuales a tratar, a través de placas metálicas paralelas que pueden ser de hierro o aluminio. Esto ayuda que los contaminantes que están presentes se desestabilicen y formen partículas sólidas menos coloidales y menos solubles. Finalmente los contaminantes que se precipiten y/o floten podrán ser removidos fácilmente por algún tipo de separación de tipo secundario.

Uno de los componentes más importantes para la electrocoagulación es el reactor, el cual está formado por una celda electroquímica con un ánodo y un cátodo acondicionados en posición vertical y conectada a una fuente de energía externa. Otros componentes que también son necesarios para una correcta electrocoagulación son: un regulador de corriente, un multímetro y una fuente de corriente directa. Además los factores que pueden afectar la electrocoagulación son: densidad de corriente, presencia de NaCl, pH y la temperatura.

#### **2.2.6. PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

DIGESA [17] en su estudio técnico ambiental, Gesta Agua 2010, muestra los siguientes parámetros de calidad de agua: características organolépticas, fisicoquímicas y orgánicas.

Tabla N° 1: Parámetros de la calidad del agua

Organolépticas	Color
	Olor
Físico-Químicas	pH
	Temperatura
	Turbidez
	DQO
	DBO <sub>5</sub>
	SST
	Alcalinidad
	Fosfato
	Acidez
	Grasas-Aceites
Fenoles	
Parámetros inorgánicos	Al, Sb, Ar, Ba, B, Cu, etc.

Fuente: Química para ingeniería ambiental, 2000

Espinoza *et al* [18] describe de la siguiente manera los parámetros de calidad del agua:

#### A. Color

La materia en suspensión causa un color aparente el cual es diferente al color que debería tener el agua, por lo general se da por extractos vegetales u orgánicos. Es importante conocer los riesgos para la salud que puede ocasionar, por ejemplo, al no permitir el paso de la luz no se logra el desarrollo de la biodiversidad, además de la presencia de color distinto al real podría indicar la ineficiencia en el tratamiento de aguas.

#### B. Olor

Un factor de calidad que puede influir en la aceptación del agua potable es el olor, además la presencia de compuestos químicos en pequeñas concentraciones pueden dar olores y sabores no deseados para el agua. Entre los comunes se pueden tener a: cloro, fenoles, diversos hidrocarburos o materia orgánica en descomposición.

#### C. pH

El pH se utiliza para determinar si una sustancia es ácida, neutra o básica, para eso se necesita saber el número de iones de hidrógeno presentes en las aguas. Se mide a una escala de cero a catorce, en donde sí se obtiene un siete la sustancia es neutra, mientras si el pH

está por debajo de siete se considera una sustancia ácida, por último si se obtiene valores por encima del siete puede indicar que es una sustancia básica.

#### **D. Temperatura**

Un parámetro de la calidad del agua importante es la temperatura por la influencia que tiene sobre el desarrollo de vida acuática y sobre las reacciones químicas, así como las condiciones del agua para ciertos usos útiles.

#### **E. Turbidez**

Las materias en suspensión, como arcillas, materias orgánicas e inorgánicas, microorganismos, plancton, compuestos orgánicos solubles son responsables de la turbidez del agua. Las partículas de estas materias pueden variar desde 0,1 a 1000 nanómetros de diámetro.

#### **F. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica, en una muestra de agua, a condiciones específicas de temperatura, tiempo y de agente oxidante. Este parámetro se expresa en mg/L y además tiene una buena relación con la DBO.

#### **G. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable. Los organismos que están presentes en la muestra se componen de proteínas, carbohidratos y lípidos. Además sus productos provenientes de la degradación son: aminoácidos, monosacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos y alcoholes.

#### **H. Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Los responsables de impurezas visibles son los sólidos suspendidos, tales como: arena, materiales orgánicos e inorgánicos. Estos son partículas pequeñas que no se pueden remover por medio de deposición, además se pueden identificar por características visibles

como el color, olor, claridad, turbidez y gusto. Estas partículas se pueden eliminar mediante filtrado o sedimentación.

## **I. Grasas y Aceites**

Las aguas residuales provenientes de talleres y lubricadoras presentan grasas y aceites que son altamente inmiscible en ellas. Por lo general estas grasas y aceites permanecen en la superficie generando natas y espumas, lo cual dificulta todo tipo de tratamiento de aguas residuales: biológicos o físico-químicas.

### **2.2.7. MARCO LEGAL**

En este punto se describe decretos, leyes y sanciones para la protección de los recursos hídricos, además de los valores máximos admisibles (VMA) para emitir aguas no domésticas al alcantarillado.

#### **A. Decreto Supremo N°001-2015-Vivienda y Construcción**

Según el artículo 1° de [19] la finalidad de esta norma es regular mediante los VMA las descargas de aguas residuales no domésticas al alcantarillado sanitario. Para evitar el desgaste de equipos, maquinarias e infraestructuras, garantizando que los sistemas de alcantarillado puedan durar varios años más. Los VMA para las descargas de aguas residuales fueron aprobados en el artículo 2°, en la Tabla N° 2 y 3 se muestran los parámetros físico, químicos e inorgánicos que deben cumplir las empresas para descargar su aguas residuales. Además en su artículo N° 9 de prohibiciones hace hincapié a que está totalmente prohibido la descarga directa o indirecta de residuos sólidos, líquidos o gaseosos a los sistemas de alcantarillado, que por su composición y naturaleza pongan en peligro las instalaciones de los sistemas de alcantarillado.

Tabla N° 2: VMA para descargas al sistema de alcantarillado (físico-químicos)

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	DBO	500
Demanda Química de oxígeno	mg/L	DQO	1 000
Sólidos suspendidos totales (sst)	mg/L	S.S.T	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

**Fuente:** Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento- Sedapal-2015 [19]

Tabla N° 3: VMA para descargas al sistema de alcantarillado (parámetros inorgánicos)

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VALORES MAXIMOS ADMISIBLE
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0,2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>+6</sup>	0,5
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub>	1000
Sulfuros	mg/L	S <sup>-2</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	NH <sup>+4</sup>	80
P h	mg/L	pH	06-09
Sólidos sedimentables	mg/L	S.S	8,5
Temperatura	mg/L	T	35 a más

**Fuente:** Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento- Sedapal-2015 [19]

## B. Ley N°29338-Ley de Recursos Hídricos

Tiene como finalidad regular el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprenden los bienes naturales como: cauces, glaciares, lagos, ríos, y los bienes artificiales como: captaciones, almacenamientos, conducción, saneamiento, entre otros. Además se extiende al agua marítima y atmosférica en donde resulte aplicable. En su artículo N°82 menciona que la Autoridad Nacional autoriza el reúso del agua residual tratada para el fin que se crea

conveniente, siempre y cuando exista una coordinación previa con la autoridad sectorial competente y en caso sea necesario también con la Autoridad Ambiental Nacional [20].

### C. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos

En el artículo 148° del Reglamento [21] se menciona que para reusar las aguas residuales se tendrán que cumplir con las siguientes condiciones: deben tener un tratamiento previo, debe tener la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial y no debe usarse si pone en peligro la salud humana.

### D. Sanciones por presencia de contaminantes en aguas residuales

La industria de lavado de vehículos se caracteriza por tener aguas residuales con una importante carga contaminante de hidrocarburos y sólidos en suspensión, causando problemas en los procesos de depuración biológica y en los alcantarillados. Es por ello que en la Ley de Reglamento de Recursos Hídricos establece tres tipos de infracciones con sus respectivas multas establecidas en proporción a la UIT, ver Tabla N° 4.

Tabla N° 4: Sanciones y Multas

Tipo de Infracción	Observación	Notificaciones	
		Multas (UIT)	Soles (S./)
Leve	Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas.	0,5 - 2	2 075 - 8 300
Grave	Efectuar vertimientos de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reúso de aguas, sin autorización de la Autoridad nacional del Agua.	2 – 5	8 300 - 20 750
Muy Grave	Arrojar residuos sólidos o cuerpos de agua natural o artificial,	5 – 10000	20 750 - 415x10 <sup>5</sup>

Fuente Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, 2010. [21]

#### 2.2.8. TRATAMIENTOS PARA LODOS RESIDUALES

Al tratar las aguas residuales provenientes de cualquier actividad productiva se generan residuos sólidos, también conocidos como lodos. Estos deben ser tratados antes de ser expulsados al medio ambiente porque pueden tener características de corrosividad, explosividad, reactividad, biológico-infecciosa y toxicidad debido a los contaminantes

contenidos en las aguas residuales. Según [22] el tratamiento para lodos residuales generados en plantas de tratamiento se realiza utilizando los siguientes procesos:

- A. Digestión Anaerobia:** en este proceso lo primero es formar ácidos volátiles para en una segunda etapa las bacterias anaeróbicas produzcan gas metano a partir de los ácidos y todo esto gracias a la ausencia de oxígeno molecular ( $O_2$ ).
- B. Digestión Aerobia:** en este proceso se inyecta  $O_2$  para provocar el desarrollo de microorganismos aerobios hasta sobrepasar el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación, reduciendo así el material celular.
- C. Tratamiento Químico:** Realiza principalmente una acción bactericida, llevando al bloqueo temporal de fermentaciones ácidas. Por su reducido costo y alcalinidad, la cal es el reactivo que más se utiliza.
- D. Incineración:** Conduce a la combustión de materias orgánicas de los lodos, y es el proceso con el que se consigue un producto residual de menor masa, las cenizas constituidas únicamente por materias minerales del lodo.

### **2.2.9. IMPACTO AMBIENTAL**

Impacto ambiental según [23] es un cambio en el ambiente, sea adverso o beneficioso, que es resultado total o parcial de actividades productivas, productos y servicios de una organización. Para identificar los efectos de las actividades de una organización sobre los elementos del medio ambiente existen varios métodos matriciales los cuales identifican y valorizan los impactos ambientales positivos y negativos. Para [24] los impactos pueden ser medidos cuantitativamente por medio de indicadores o cualitativamente según criterios de valoración preestablecidos. A continuación se describen los métodos cuantitativos como cualitativos.

Tabla N° 5: Descripción de las metodologías de evaluación de impactos ambientales

Tipo	Método	Finalidad	Descripción
Cuantitativos	Matriz de Leopold	Poder reconocer que actividades están ejerciendo un impacto positivo o negativo frente al componente que se está evaluando. Permite estimar la importancia y la magnitud de los impactos.	La metodología viene soportada por un cuadro de doble entrada -matriz- en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos.
	Método de Battelle	Evaluar el impacto de proyectos relacionados con recursos hídricos, aunque también se utiliza en evaluación de plantas nucleares, proyectos lineales, entre otros.	El método es un tipo de lista de verificación con escalas de ponderación que contempla la descripción de los factores ambientales, la ponderación valórica de cada aspecto y la asignación de unidades de importancia.
Cualitativos	Lista de revisión	Identificar todas las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta asegurando la evaluación de impactos ambientales.	Consiste en una lista ordenada de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. La lista de revisión son exhaustivas y además se pueden considerar los siguientes tipos: listados simples, listados descriptivos, listados escalonados, cuestionarios.
	Diagramas de flujo	Establecer relaciones de causalidad entre la acción propuesta y el medio ambiente afectado. También son usados para discutir impactos indirectos.	No cuantifican los impactos y se limitan a mostrar relaciones causa efecto de carácter lineal. Para la evaluación de impactos ambientales, los diagramas de flujo son estrictamente complementarios con las matrices cuantitativas y otras alternativas.
	Diagrama de redes	Incorporar impactos de largo plazo ya que son una extensión de los diagramas de flujo. Además a ayuda a identificar impactos indirectos o secundarios en proyectos complejos.	Se utilizan, en orden jerárquico, los impactos primarios, los impactos secundarios y terciarios con la finalidad de obtener las interacciones respectivas. Tiene como desventaja principal que no provee de criterios para decidir si un impacto en particular es importante o no.

Fuente: Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental [24]

### 2.2.9.1.METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

La guía de evaluación de riesgos ambientales [25] propone un modelo estandarizado para la identificación, análisis y evaluación de los riesgos ambientales que generan las actividades productivas en un área geográfica, así como la consecuencia de los peligros naturales. La metodología se puede aplicar para evaluar el nivel de riesgo en una zona determinada, por ejemplo: etapa de cierre de una planta industrial o minera, etapa de operatividad de actividades productivas y/o constructivas, etapas de funcionamiento y mantenimiento de las actividades de la organización proponente, etapa de abandono de pasivos ambientales; entre otros.

Tabla N° 6: Procesos del sistema matricial del riesgo ambiental

Procesos	Descripción
Análisis de riesgos ambientales	Primero se deberá recopilar la información necesaria, la cual será ingresada en el cuadrante correspondiente al anexo N° 1 y anexo N°2. Con este marco se podrá discernir el problema central.
Definición del suceso indicador	Luego se identifican las fuentes de peligro, se debe definir los sucesos iniciadores, los cuales se desarrollaran para un entorno humano, un entorno ambiental y un entorno socioeconómico. Como se muestran en los anexos N° 3, 4 y 5.
Formulación de escenarios	Una vez identificados todos los peligros potenciales, se formulan una serie de escenarios de riesgo para cada uno de los entorno, según formato mostrados en el anexo N° 6.
Estimación de la gravedad	Se realiza de forma diferenciada para cada entorno, considerándose una escala del 1 al 4. Para el cálculo del valor de las consecuencias en cada uno de los entornos, ver el anexo N° 8 y 9 para la estimación de la gravedad, ver anexo 10.
Estimación del riesgo	Para la evaluación final del riesgo ambiental se elaboran tres tablas de doble entrada, una para cada entorno, en las que gráficamente debe aparecer cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y consecuencias, resultado de la estimación del riesgo realizado, ver anexo 11.
Evaluación de riesgos ambientales	Esta metodología permite una vez que se han ubicado los riesgos en la tabla antes mostrada y se han catalogado, ya sea como riesgos muy altos, altos, medios, moderados o bajos, ver anexo 12.
Caracterización del riesgo ambiental	Esta es la última etapa de la evaluación del riesgo ambiental se caracteriza, porque el riesgo se efectúa en base a los tres entornos, el cual es el resultado final, se enmarca en uno de los tres niveles establecidos: Riesgo Significativo, Moderado o Leve, ver anexo 13.

Fuente: Lectura Guia de riesgos ambientales, 2010 [25]

## **2.2.10. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL**

Para [18] la toma de muestra debe ser efectuada por personal especializado del laboratorio autorizado o acreditado, y realizadas en cada una de las descargas del establecimiento emisor donde se descarguen efluentes líquidos a los sistemas de recolección de aguas residuales, sean estas descargadas mezcladas o no con residuos domésticos. Además la clasifica en:

### **A. Muestra Simple o Puntal**

Según [26] es aquella muestra que representa la composición del cuerpo original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su colección. Se utiliza generalmente cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado. En estas circunstancias un cuerpo de agua puede estar representado por muestras simples.

### **B. Muestra Compleja o Compuesta**

En [27] hacen referencia a una mezcla de muestras simples recolectadas en el mismo punto en distintos momentos. Para este tipo de muestra se considera como estándar una muestra compuesta que representa un periodo de 24 horas o periodos más cortos como el ciclo completo de una operación periódica.

### **C. Muestra Integrada**

Para [27] es la mezcla de muestras puntuales, colectadas en distintos puntos al mismo tiempo o con la menor separación temporal que sea posible. La preparación de muestras integradas requiere de un equipo especial para hacer la toma a una profundidad conocida sin que esta se mezcle con capas de aguas superficiales.

#### **2.2.10.1. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS**

Para determinar la naturaleza de un efluente se realiza la toma de muestras, siguiendo el procedimiento descrito en [28]: Una vez ubicado el lugar donde se tomará la muestra, se debe descargar y ubicar correctamente los equipos a utilizar. Luego, se etiquetaran los frascos para poder identificar correctamente las muestras y se medirá la temperatura del

fluido utilizando un termómetro. Además, se medirá el caudal, opcional, por el método volumétrico manual. Por último, se tomarán las muestras y se llevarán en frascos de vidrio de 1 litro. Se llenarán los frascos en su totalidad para evitar en lo posible que quede aire dentro de los mismos, se deben asegurar las muestras con cinta adhesiva en las tapas y se ubicarán dentro de un cooler para mantener las muestras a baja temperatura, hasta ser transportadas al laboratorio donde serán analizadas.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. DIAGNOSTICAR EL SERVICIO DE LAVADO SERVICENTRO SAN MIGUEL

##### 3.1.1. LA EMPRESA

El Servicentro San Miguel se ubica en el departamento de Lambayeque en la ciudad de Chiclayo, en el pasaje San Miguel calle Los Cedros 170, ver figura N° 2, cuyo inicio de actividades se da desde el 18 de abril de 2000, dedicada al servicio de lavado de vehículos. Además brinda el servicio de mantenimiento el cual consta de engrase, pulverizado, cambio de aceite y cambio de filtros.

El área de lavado del Servicentro San Miguel tiene la capacidad para atender a dos vehículos simultáneamente y a un vehículo en el área de mantenimiento. También tiene un pozo de agua de capacidad de 13,5 m<sup>3</sup> el cual se abastece de la red de Epsel S.A., asimismo cuenta con una bomba de alta presión y una compresora de aire de 120 L de capacidad. Por último mencionar que tiene una instalación eléctrica de tipo trifásica.



Figura N° 2: Vista de lavadero Servicio San Miguel  
Fuente: Google Maps

Debido al incremento de unidades vehiculares lavadas en el Servicentro San Miguel sus ingresos ha incrementado es por ello que la empresa ha elaborado su misión y visión con la finalidad de brindar un buen servicio.

#### **A. Misión**

Ser una empresa que brinde el mejor servicio de lavado y mantenimiento de vehículos, en base a la calidad de productos, entrega rápida y buen trato del personal, además de siempre buscar una mejora continua de sus servicios.

#### **B. Visión**

Incrementar el número de clientes brindándoles productos de calidad y entrega inmediata, con la finalidad de posicionarse como líderes, en el servicio de lavado y mantenimiento de vehículos, a nivel local y nacional.

#### **C. Valores**

- Servicio: busca ofrecer a sus clientes la mejor disposición de sus instalaciones y generar un ambiente cómodo mientras espera por su servicio.
- Limpieza: sus instalaciones se encuentran limpias y ordenadas.
- Calidad: utiliza productos de calidad y se preocupa por la entrega rápida y puntual.
- Amabilidad: brinda un trato amable y agradable.
- Responsabilidad: comprometidos con el cuidado de los vehículos al momento de realizar sus servicios.

### **3.1.2. ORGANIGRAMA**

Es la estructura orgánica de la empresa que refleja, en forma esquemática, la posición de las áreas que la integran y sus niveles jerárquicos. Como se puede observar en la figura N°3 la empresa está formada por una gerencia, un área administrativa que la conforma un contador y una cajera, además a un mismo nivel está un jefe de mantenimiento y uno de lavado, con sus respectivos operarios.

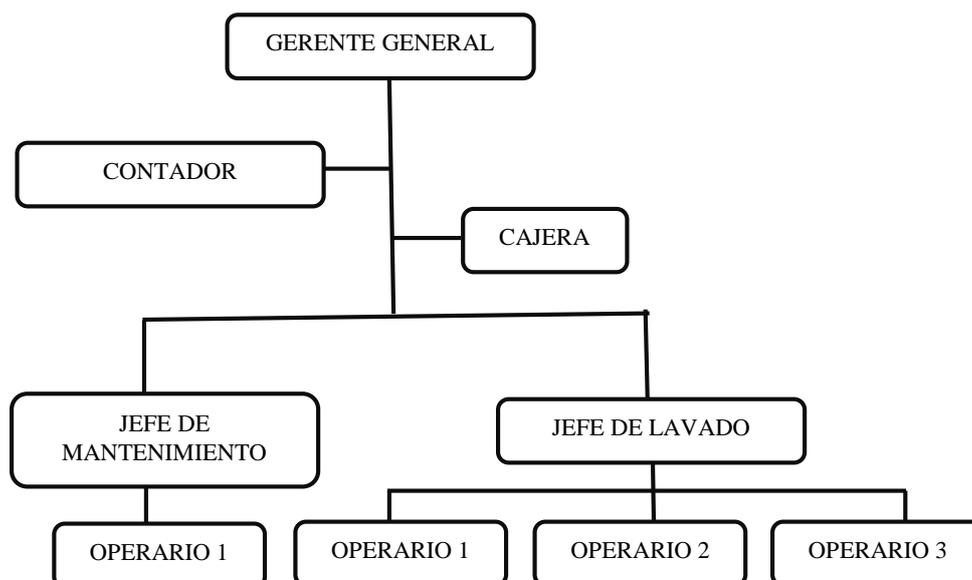


Figura N° 3: Organigrama  
Fuente: Servicentro San Miguel

En cuanto al número de trabajadores el Servicentro San Miguel cuenta con un total de 8 trabajadores. En la tabla N° 7 se presentan el número de trabajadores según el cargo que ejercen en la empresa.

Tabla N° 7: Personal de Trabajo

CARGO	N°
Gerente General	1
Contador	1
Cajera	1
Jefe de mantenimiento	1
Jefe de lavado	1
Operarios	3
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>

Fuente: Servicentro San Miguel

### 3.1.3. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE LAVADO EN LA EMPRESA

El servicio de lavado consiste en la limpieza interior y exterior de todo tipo de vehículos, es de tipo manual y cuenta con dos áreas de trabajo. No cuenta con un área de recepción para los vehículos es por ello que la espera se da a las afueras de la empresa. Los trabajadores utilizan una manguera a presión, shampoo, cera, silicona y trapos para el secado con la finalidad de entregar un vehículo en las mejores condiciones. La empresa no tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales por ende estas son vertidas directamente al alcantarillado. Por último la atención al cliente es desde las 8:00 am a 6:00 pm.

Servicentro San Miguel clasifica los vehículos que ingresan al servicio de lavado en particulares, comerciales y pesados. En la tabla N°8 se describe a que vehículos se refieren con la clasificación y el costo por el servicio de lavado.

Tabla N° 8: Tipos Automóviles lavado y sus costos.

Tipos	Observación	Costo (soles)
Vehículos Particulares	Autos	S/ 15
Vehículos comerciales	Camionetas, vehículos de pasajeros	S/ 35
Vehículos pesados	Camiones	S/ 50

Fuente: Servicentro San Miguel.

En el año 2 017 el Servicentro San Miguel llegó a lavar un total de 2 031 vehículos entre particulares, comerciales y pesado, ver tabla N° 9. Así mismo se puede observar que los vehículos comerciales fueron los que tuvieron mayor contratación del servicio de lavado. Además los meses de Enero, Febrero y Marzo tuvieron un incremento en los vehículos lavados a comparación de los meses anteriores.

Tabla N° 9: Número de vehículos lavados en el año 2 017.

MES	TIPO DE VEHICULOS			TOTAL DE VEHICULOS
	Vehículos Particulares	Vehículos Comerciales	Vehículos pesados	
Enero	51	92	40	183
Febrero	54	91	43	188
Marzo	49	86	47	182
Abril	45	69	43	157
Mayo	46	65	43	154
Junio	48	89	41	178
Julio	43	83	44	170
Agosto	49	76	43	168
Septiembre	44	83	44	171
Octubre	43	82	40	165
Noviembre	42	78	46	166
Diciembre	45	59	45	149
<b>Total</b>	<b>559</b>	<b>953</b>	<b>519</b>	<b>2 031</b>

Fuente: Servicentro San Miguel

Con respecto al número de vehículos lavados anualmente, que se muestra en la figura N° 4, se puede mencionar que cada año ha ido creciendo. Esto se da gracias al crecimiento del parque automotor ya que a mayor número de vehículos, mayor es la necesidad del servicio de lavado vehicular. En el año 2 017 se registró un total de 2 031 vehículos que recibieron el servicio de lavado entre ellos están los vehículos particulares, comerciales y pesados.



Figura N° 4: Vehículos lavados desde 2 012-2 017

Fuente: Servicentro San Miguel

En cuanto al consumo de agua y energía el servicio de lavado ha facturado en el año 2 017 S/.6 732,53 y S/.2 827,66 respectivamente. En la tabla N° 10 además se detalla el gasto de agua y energía que se da mensualmente.

Tabla N° 10: Montos Facturados de agua y energía eléctrica Enero-Diciembre 2017

Mes	Gasto de agua	Gasto de energía eléctrica
Enero	S/. 606,62	S/. 254,78
Febrero	S/. 623,20	S/. 261,74
Marzo	S/. 603,31	S/. 253,39
Abril	S/. 520,44	S/. 218,58
Mayo	S/. 510,49	S/. 214,41
Junio	S/. 590,05	S/. 247,82
Julio	S/. 563,53	S/. 236,68
Agosto	S/. 556,90	S/. 233,90
Septiembre	S/. 566,85	S/. 238,08
Octubre	S/. 546,96	S/. 229,72
Noviembre	S/. 550,27	S/. 231,11
Diciembre	S/. 493,92	S/. 207,45
<b>Total</b>	<b>S/. 6 732,53</b>	<b>S/. 2 827,66</b>

Fuente: Servicentro San Miguel

En la tabla N° 11 se muestran el número de vehículos lavados anualmente, así como el agua utilizada al año. Además como se observa el número de vehículos lavados ha aumentado desde el 2 012 al 2 017 un 57% por tanto el agua residual ha aumentado en un 57% lo que puede indicar que en los próximos años la cantidad de los vehículos lavados siga aumentando y por ende el agua a utilizar sea mayor.

Tabla N° 11: Agua utilizada en el servicio de lavado desde el 2012-2017

Mes	# Vehículos	Agua utilizada (L)	Agua Utilizada (m <sup>3</sup> )
2 012	1 294	504 642,71	504,643
2 013	1 513	590 049,78	590,050
2 014	1 654	645 037,90	645,038
2 015	1 775	692 226,28	692,226
2 016	1 876	731 614,93	731,615
2 017	2 031	792 062,86	792,063

Fuente: Servicentro San Miguel

### 3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAVADO

El proceso de lavado de vehículos en la empresa Servicentro San Miguel se describe a continuación y además se muestra en la figura N° 5 las entradas y salidas en cada etapa del proceso.

#### A. Recepción

Algunas unidades que pasan por el servicio de mantenimiento o reparación van hacia los lavaderos para recibir el servicio de lavado. En cambio otras unidades van directamente al área de lavado. En la recepción los autos esperan fuera del área de la empresa, previa coordinación con los trabajadores, ya que no cuentan con un área delimitada. Los mismos dueños transportan sus vehículos al área de lavado para recibir el servicio.

#### B. Lavado

Una vez ubicado el vehículo en el área de lavado se da el servicio, esta operación es realizada de manera manual, la cual consiste en remover residuos, impurezas, suciedad de las partes exteriores del vehículo, utilizando una manguera a presión. Aquí solo ingresa agua y de igual forma sale agua pero con residuos sólidos.

### **C. Cepillado**

Luego de haber lavado la unidad (utilizando la presión del agua como removedor de impurezas leves), se procede al cepillado del vehículo, proceso manual cuya función es eliminar residuos por medio del uso de cepillos junto con detergentes o shampoo, esto permite remover eficientemente toda impureza del vehículo que sea difícil de eliminar. De esta operación se tiene agua residual con contenidos de detergentes o shampoo, además de aceites y grasas que pueda haber tenido el vehículo.

### **D. Enjuague**

En esta etapa del proceso se busca eliminar todo el detergente o shampoo utilizado en la operación previa además de restos presentes en el carro por medio del agua expulsada por la manguera a presión.

### **E. Secado**

El vehículo luego de haber sido enjuagado bajará de la rampa hacia un área destinada para secado, Esta operación se realiza manualmente y con franelas donde los encargados proceden a retirar la humedad de la superficie del auto hasta dejarlo completamente seco y listo para ser entregado. Además según requerimiento del dueño se puede añadir la aplicación de silicona o ambientadores al interior del vehículo.

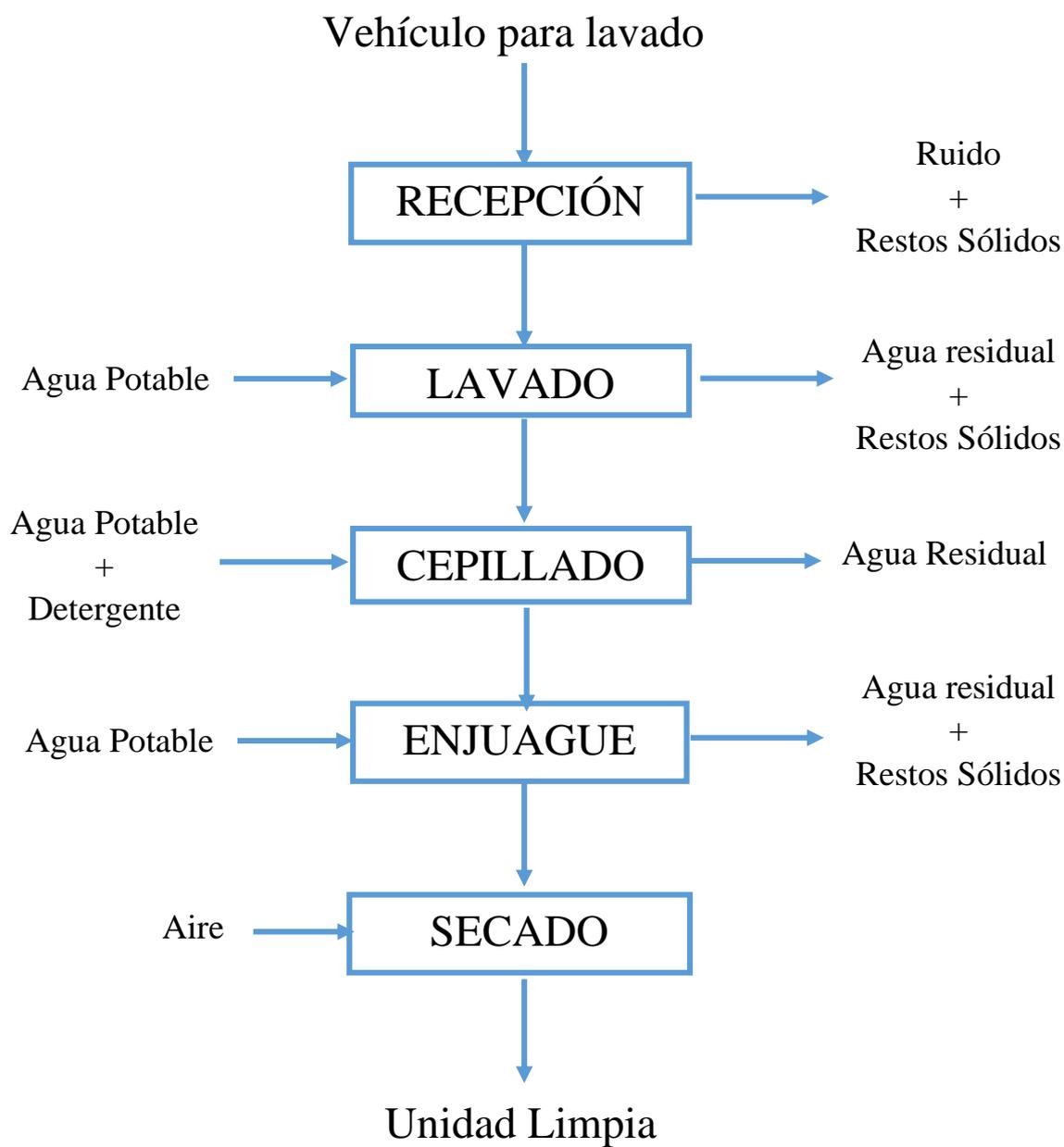


Figura N° 5: Diagrama de procesos del servicio de lavado vehicular

## RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL ÁREA DE LAVADO

En la tabla N°12 se identifican los residuos generados por el servicio de lavado del Servicentro San Miguel, los cuales no tienen una correcta disposición y por ende afectan al medio ambiente.

Tabla N° 12: Residuos generados en el área de lavado

RESIDUOS
Fundas plásticas
Cajas de cartón
Agua de lavado
Aguas de limpieza de instalaciones
Telas
Cartón
Envases de plástico

Fuente: Servicentro San Miguel

### 3.1.5. DISPOSICIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL DEL ÁREA DE LAVADO

La empresa Servicentro San Miguel no cuenta con un pre tratamiento propiamente dicho pero cuenta con unos canales que le permiten dirigir las aguas residuales del servicio de lavado al alcantarillado, pasando antes por un pozo de sedimentado en donde se retienen residuos sólidos grandes y tierra, Ver figura N° 6, 7, 8. Esta disposición de aguas residuales de la empresa no es lo suficiente para disminuir su contaminación.

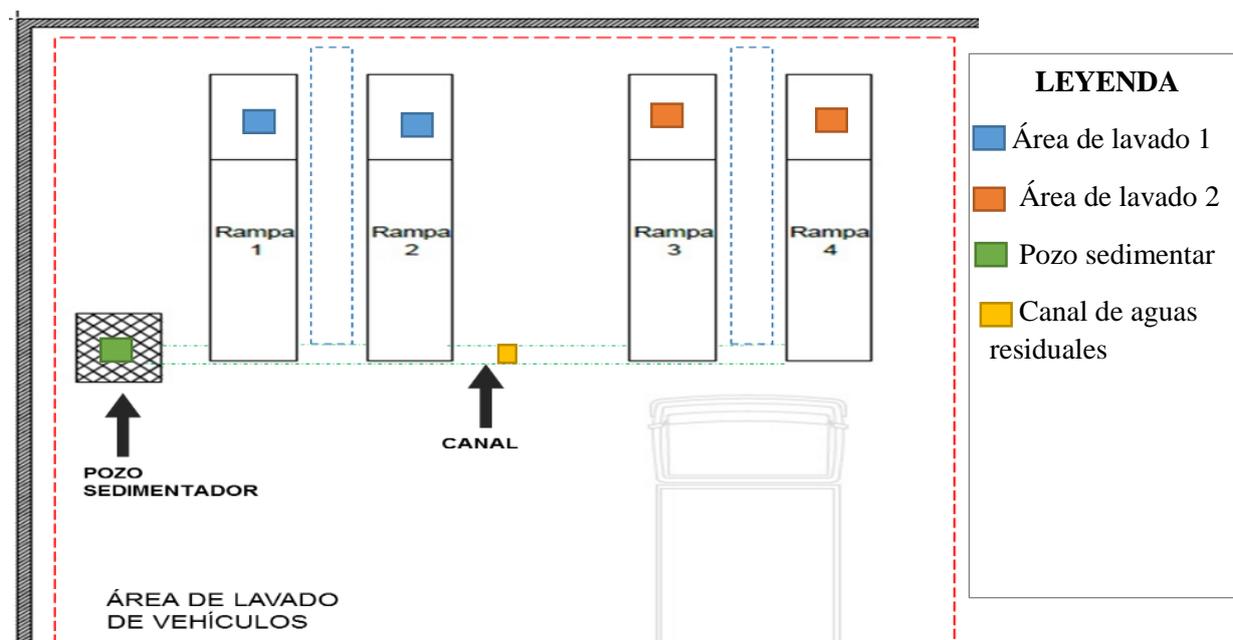


Figura N° 6: Disposición final de aguas residuales del área de lavado



Figura N° 7: Pozo de Sedimentado en el área de lavado de Servicentro San Miguel



Figura N° 8: Canal para dirigir el agua residual

Como se puede observar la empresa Servicentro San Miguel no está empleando una correcta disposición final de sus aguas residuales, por lo tanto no ayuda a cumplir con los VMA exigidos por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, por ello se propone realizar unos tratamientos adicionales (primario, secundario o terciario) con la finalidad de reducir la contaminación de las aguas residuales producto del lavado vehicular, emitidas directamente al alcantarillado.

### 3.1.6. SERVICIO DE MANTENIMIENTO VEHICULAR EN LA EMPRESA

El servicio de mantenimiento consiste en el cambio de aceite, cambio de filtros y pulverizados, es de tipo manual y cuenta con un área de trabajo. Los trabajadores no utilizan guantes ni mandiles para proteger su ropa. Los insumos que utilizan son: aceite y grasa, filtros, guaipes. No tienen equipos que necesiten mantenimiento solo utilizan herramientas pequeñas como desarmadores, alicates, tijeras, entre otros. El área de mantenimiento de autos está muy relacionado con la generación de residuos de diferente índole, particularmente sólidos o de carácter peligroso, siendo el más representativo el aceite lubricante. Además de la generación de residuos sólidos como: filtros, guaipes con grasa, envases de aceite vacíos, entre otros. Lo cual afecta significativamente la permeabilidad de los suelos. Los residuos sólidos son colocados en bolsas negras sin previa segregación y luego puestos a disposición del camión de la basura. En el caso del aceite residual se almacena en cilindros de metal para venderlo informalmente ya q se puede usar como combustible o para evitar el polvo en calles no asfaltadas.

#### A. RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

En la tabla N° 13 se hace un listado de todos los residuos generados en el área de mantenimiento.

Tabla N° 13: Residuos generados en el área de mantenimiento

RESIDUOS
Filtros contaminados
Waypes contaminados
Envases vacíos impregnados con
Hidrocarburos
Aceite residual
Fundas plásticas
Papel
Cartón
Latas
Botellas de plástico
Llantas
Mangueras
Cables

Fuente: Servicentro San Miguel

### **3.1.7. IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Los recursos más afectados por Servicentro San Miguel son agua, aire y suelo ya que el lavado de los vehículos genera aguas residuales con alto contenido de sólidos suspendidos aceite y grasas en cuanto a los impactos al recurso aire se tienen emisiones de material particulado, ruido, olores, emisiones de gases de combustión. En cuanto al impacto sobre el suelo este se ve afectado por los residuos generados como envases plásticos y metálicos, fundas, basura en general tanto orgánico como inorgánico. El vertimiento de efluentes con contenidos de grasa, aceites y sólidos generados en el lavado de vehículos son principalmente los que más se deben tomar en cuenta.

#### **A. Identificación del Impacto en el Área de Lavado**

- **Contaminación del agua debido a las aguas residuales**

El vertimiento de efluentes con contenidos de grasa, aceites y sólidos generados en el lavado de vehículos son el principal problema para la empresa ya que no cuenta con un sistema adecuado de tratamiento de aguas residuales incumpliendo con los valores máximos admisible establecidos por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

- **Afectación a los trabajadores**

Al momento de realizar el servicio de lavado ningún trabajador cuenta con equipos de protección personal en este caso como guantes, lentes, mandiles, botas. Sin estos equipos se puede generar irritación en la piel o alergias por el uso de alguna sustancia tóxica.

#### **B. Identificación de Impactos en el Área de Mantenimiento**

- **Contaminación del suelo debido a aceite residual**

Otro problema que se observó se encuentra en el área de mantenimiento. Ya que al momento de realizarse un cambio de aceite se genera aceite residual el cual se recoge en un depósito que se coloca de bajo de la ubicación del motor. Al hacer este cambio se desperdicia alrededor de un  $\frac{1}{4}$  de galón siendo 1litro de aceite residual vertido al suelo, por auto, sin mayor cuidado ya que la capacidad de un galón para un auto de

clasificación ligero es de 4 litros. Además de la generación de residuos sólidos como: filtros, guaipes con grasa, envases de aceite vacíos, entre otros.

- **Contaminación del suelo debido a residuos sólidos**

En cuanto al impacto sobre el suelo este se ve afectado por los residuos generados como envases plásticos y metálicos, fundas, basura en general tanto orgánico como inorgánico.

- **Contaminación del aire debido a material particulado y emisiones de CO<sub>2</sub>**

En la etapa de mantenimiento de vehículos se hace limpieza de los filtro de los carros lo cual genera el material particulado en la empresa y al momento de colocar los vehículos en posición estos generan los gases de CO<sub>2</sub>, ambos contaminantes son liberados al aire diariamente afectando la calidad de aire en sus alrededores.

- **Contaminación del aire debido a ruido**

La principal etapa que genera ruido es al momento del lavado a que se tiene encendida la compresora por tiempos prolongados, al encontrarse la empresa en una zona urbana, genera perturbación de la tranquilidad del ambiente alrededor, elevando la cantidad de decibeles a un nivel no adecuado.

### **C. Matriz Leopold**

Con respecto a las actividades analizadas en la siguiente matriz Leopold, ver anexo 1.

- **Lavado de vehículos**

Genera un impacto que asciende a un promedio de -129, siendo la principal etapa generadora de impactos negativos sobre el medio físico, biológico y socioeconómico.

- **Post-Lavado**

En esta actividad se encuentran las actividades de secado, encerado y perfumado de vehículos, teniendo un promedio aritmético de 0 al ser muy poco significativo el impacto que genera.

- **Aseo del patio de lavado**

Esta actividad tiene un promedio aritmético de -7 al generarse aguas residuales y material particulado.

- **Cambio de aceites**

El cambio de aceite a pesar de generar olores residuales también contamina el suelo, genera aceite residual, afectación a la salud del trabajador. Es por ello que cuantifica en -32.

- **Cambio de filtros de vehículos**

Esta actividad tiene un promedio aritmético de -4 ya que genera material particulado y afectación a los trabajadores.

- **Mantenimiento de filtros**

Esta actividad tiene un promedio aritmético de -19 ya que genera material particulado, ruido, afectación a la flora y afectación a los trabajadores.

Por otro lado, respecto a los factores ambientales afectados por las diferentes etapas de proceso se obtuvo que:

- ✓ Dentro de medio físico se tiene con mayor ponderado al factor consumo de agua (-62), seguido de agua residual (60), aceite residual de (-21) y ruido con (-18).
- ✓ Dentro de medio biológico, el factor árboles en los alrededores de la empresa, es el mayor factor afectado con un ponderado de -2.
- ✓ Dentro del medio socioeconómico, la afectación a la salud de los operarios obtuvo un ponderado de -8.

## D. Evaluación de Riesgos Ambientales en Servicentro San Miguel

Siguiendo la metodología de la Guía de evaluación de riesgos ambientales se empieza identificando los peligros por cada categoría: humanos, ecológicos y socioeconómicos. Para esta evaluación se han tomado del anexo N° 2 los criterios para las tres categorías y del anexo N°3 la definición de fuentes de peligro.

Tabla N° 14: Identificación de peligros del Servicentro San Miguel

	HUMANO	ECOLÓGICO	SOCIOECONÓMICO
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manipulación de materia prima</li> <li>-Generación de residuos sólidos</li> <li>-Generación de efluentes</li> <li>-Generación de emisiones atmosféricas</li> <li>-Generación de ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manejo inapropiado de recurso hídricos</li> <li>-Efluentes generados por la empresa</li> <li>-Emisiones generadas por la empresa</li> <li>-Contaminación por material particulado</li> <li>-Uso de aceites y combustibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Deficiente nivel organizacional</li> <li>-Cambio en el bienestar laboral</li> </ul>
EFEECTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Contaminación de aguas</li> <li>-Contaminación de aire</li> <li>-Daño en la salud de los pobladores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Deterioro del medio ambiente</li> <li>-Modificación del paisaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baja organización general</li> <li>-Generación de puestos de trabajo</li> </ul>

Tabla N° 15: Definición de Fuentes de peligro de Servicentro San Miguel

Tipología de Peligro	Causa Físico Química										
	Sustancia	Tipo		Peligrosidad							
		MP	R	Mi	Mt	Ii	Exp	Inf	Cor	Com	Otro
Antrópico	CFC		x								x
	Shampoo	x			x						
	Aceite	x						x		x	
	Aerosol	x			x			x			
	Envases de aceite		x		x			x			
	Envases de grasas		x		x			x			
	Envases de aerosoles		x		x			x			
	Filtros		x		x						
	Agua residual		x		x						
	Aceite residual		x					x		x	
	CO <sub>2</sub>		x								x
	Material Particulado		x		x						
	Ruido		x								x
	Papel		x					x			
	Cartón		x					x			
	Plástico		x					x			
	Detergente		x		x						
	CH <sub>4</sub>		x		x						
	Residuo Orgánico		x								x
	CO		x		x	x					

En la Tabla N<sup>a</sup> 15, se muestra las diferentes tipologías de peligro existentes en la empresa, entre ellos está la materia prima e insumos, residuos que se utiliza para el servicio de lavado. Una vez completado los anteriores pasos se procede a definir el suceso indicador, aquí se identificaran las fuentes de información, los parámetros a evaluar y el elemento de riesgo. En las tablas N° 16, 17 y 18 se detallan las características de cada entorno.

Tabla N° 16: Definición de Suceso indicador del Entorno Humano de Servicentro San Miguel

Elemento de riesgo	Parámetro de evaluación	Fuente de información
<b>Exposición potencial de agua a:</b> Contaminación superficial Contaminación subterránea	Agua residual, Detergente, Aceites y grasas, Aceite residual, Shampoo	Análisis del agua, Diagrama de flujo, Visita técnica
<b>Exposición Potencial de Aire a:</b> ▪ Contaminación por material particulado ▪ Contaminación por emisiones atmosféricas	CO <sub>2</sub> , CO, CFC, CH <sub>4</sub> , Ruido, Material Particulado, Aerosol	Visita técnica
<b>Exposición potencial de suelo a:</b> Contaminación por Residuos Contaminación por sustancias químicas	Residuo Orgánico, Papel, Cartón, Envases de aerosoles, Envases de grasas, Envases de Aceites, Plásticos, Filtros	Visita técnica

Tabla N° 17: Definición de suceso indicador del Entorno Ecológico de Servicentro San Miguel

Elemento de riesgo	Parámetro de evaluación	Fuente de información
<b>Exposición potencial de agua a:</b> Contaminación superficial Contaminación subterránea	Agua residual, Detergente, Aceites y grasas, Aceite residual, Shampoo	Análisis del agua Diagrama de flujo Visita técnica
<b>Exposición potencial a la atmósfera:</b> ▪ Contaminación por material particulado ▪ Contaminación por emisiones atmosféricas	CO <sub>2</sub> , CO, CFC, CH <sub>4</sub> , Ruido, Material Particulado, Aerosol	Visita técnica
<b>Exposición potencial de suelo a:</b> ▪ Contaminación por residuos ▪ Contaminación por sustancias químicas	Residuo Orgánico, Papel, Cartón, Envases de aerosoles, Envases de grasas, Envases de Aceites, Plásticos, Filtros	Visita técnica
<b>Exposición potencial de flora a:</b> Efectos directos sobre la cubierta vegetal	Arbustos, árboles	Ubicación geográfica mediante el google maps
<b>Exposición potencial de fauna a:</b> Efectos directos sobre especies de la zona	Animales domésticos	Ubicación geográfica mediante el google maps

Tabla N° 18: Definición de suceso indicador del Entorno Socioeconómico de Servicentro San Miguel

Elemento de Riesgo	Parámetro de evaluación	Fuente de información
Exposición potencial de la infraestructura según actividad productiva	Cambios en la disponibilidad de área	Gobierno local y entidades públicas
Exposición potencial de recursos humanos	Cambios en la seguridad Cambios en el bienestar	Gobierno local y entidades públicas
Exposición potencial de economía y población.	Variabilidad del empleo estacionario	Gobierno local y entidades públicas

El siguiente paso para la evaluación de riesgos ambientales es la formulación de escenarios, los cuales se desarrollan en los anexos N° 15, 16 y 17. En estos anexos se muestra la información sobre la formulación de escenarios en las tres categorías: entorno humano, entorno ecológico y socioeconómico respectivamente; los cuales están divididos por la sustancia o evento, el escenario de riesgo, las causas, consecuencias y la probabilidad de ocurrencia. Una vez identificada la probabilidad de ocurrencia de cada escenario se debe determinar la gravedad de cada escenario, ver anexos 18, 19, 20. Para obtener la gravedad se utiliza la fórmula según le corresponda a cada entorno la cual que se encuentra en el anexo N°8.

Una vez identificado la probabilidad y gravedad para cada uno de los escenarios se muestra a continuación el % del riesgo ambiental con la finalidad de identificar en qué tipo de riesgo ambiental se encuentra cada uno de los entornos evaluados, ya sea significativo, moderado o leve. En las tablas N° 19, 20 y 21 se muestra cada uno de los resultados.

Tabla N° 19: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno humano Servicentro San Miguel

IT	Escenario de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Puntuación	%Riesgo Ambiental
1	Generación de efluentes con detergente en el área de lavado	5	2	40
2	Manejo inapropiado de aerosoles	5	4	80
3	Generación de agua de lavado de vehículos	5	3	60
4	Generación de efluentes con shampoo en el área de lavado	5	2	40
5	Generación de efluentes con aceite en el área de lavado	5	2	40
6	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	5	2	40
7	Emisión atmosférica de Metano en el distrito Chiclayo	5	4	80
8	Generación de ruidos en el servicio de lavado	5	1	20
9	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	5	4	80
10	Emisión atmosférica de Carbono en el distrito de Chiclayo	5	4	80
11	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	5	2	40
12	Generación de residuos de papel en el área de mantenimiento	4	1	16
13	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
14	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
15	Generación de envases de aerosoles en el área de post limpieza	4	1	16
16	Generación de residuos de cartón en el área de mantenimiento	4	1	16
17	Generación de filtros en el área de mantenimiento	4	1	16
18	Generación de aceite residual en el área de mantenimiento	5	3	60
19	Emisión atmosférica de material particulado en el área de mantenimiento	4	1	16
20	Generación de residuos de plástico en el área de mantenimiento	5	1	20
			<b>PROMEDIO</b>	39,6

Tabla N° 20: Evaluación de riesgo ambiental para el entorno ecológico de Servicentro San Miguel

IT	Escenario de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Puntuación	%Riesgo Ambiental
1	Generación de efluentes con detergente en el área de lavado	5	2	40
2	Manejo inapropiado de aerosoles	5	4	80
3	Generación de agua de lavado de vehículos	5	3	60
4	Generación de efluentes con shampoo en el área de lavado	5	2	40
5	Generación de efluentes con aceite en el área de lavado	5	2	40
6	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	5	2	40
7	Emisión atmosférica de Metano en el distrito Chiclayo	5	4	80
8	Generación de ruidos en el servicio de lavado	5	1	20
9	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	5	4	80
10	Emisión atmosférica de Carbono en el distrito de Chiclayo	5	4	80
11	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	5	2	40
12	Generación de residuos de papel en el área de mantenimiento	4	1	16
13	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
14	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
15	Generación de envases de aerosoles en el área de post limpieza	4	1	16
16	Generación de residuos de cartón en el área de mantenimiento	4	1	16
17	Generación de filtros en el área de mantenimiento	4	1	16
18	Generación de aceite residual en el área de mantenimiento	5	3	60
19	Emisión atmosférica de material particulado en el área de mantenimiento	4	1	16
20	Generación de residuos de plástico en el área de mantenimiento	5	1	20
21	Contaminación de los arbustos por los efluentes de la empresa.	5	1	20
22	Contaminación de los árboles por los efluentes de la empresa.	5	1	20
23	Disminución de animales domésticos en el área de eliminación de los efluentes de la empresa.	4	1	16
<b>PROMEDIO</b>				36,17

Tabla N° 21: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno ecológico de Servicentro San Miguel

IT	Escenario de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad	%Riesgo Ambiental
1	Producción dentro de las instalaciones de la empresa Servicentro San Miguel	4	1	16
2	Variabilidad del empleo estacionario en la empresa	2	2	16
3	Generación de un ambiente con factores de riesgo para los colaboradores.	3	2	24
4	Generación de circunstancias de riesgo para la vida de los colaboradores.	3	1	12
<b>PROMEDIO</b>				17

Cuando ya se conoce la probabilidad de ocurrencia y la puntuación según la gravedad el siguiente paso es estimar el riesgo ambiental para cada entorno. Según la Guía de evaluación de riesgos ambientales se debe determinar de la siguiente manera, ver anexo N° 11. Los resultados de la estimación de riesgo según el entorno se muestran en las tablas N° 22, 23 y 24.

Tabla N° 22: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el Entorno Humano del Servicentro San Miguel

		CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4	<b>E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19</b>				
	5	<b>E8, E20</b>	<b>E1, E4, E5, E6, E11</b>	<b>E3, E18</b>	<b>E4, E7, E9, E10</b>	

Según la escala de riesgo los siguientes escenarios se encuentran en un riesgo leve E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E8, E20. Por otro lado los de riesgo moderado son: E1, E4, E5, E6, E11, E3, E18. Por último los que están en riesgo significativo son: E4, E7, E9, E10.

Tabla N° 23: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Ecológico del Servicentro San Miguel

		CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4	<b>E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E23</b>				
	5	<b>E8, E20, E21, E22</b>	<b>E1, E4, E5, E6, E11</b>	<b>E3, E18</b>	<b>E4, E7, E9, E10</b>	

Según la escala de riesgo los siguientes escenarios se encuentran en un riesgo leve: E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E23, E8, E20, E21, E22. Por otro lado los de riesgo moderado son: E1, E4, E5, E6, E11, E3, E18. Por último los que están en riesgo significativo son: E4, E7, E9, E10.

Tabla N° 24: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Socioeconómico del Servicentro San Miguel

		CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2		<b>E2</b>			
	3	<b>E4</b>	<b>E3</b>			
	4	<b>E1</b>				
	5					

Según la escala de riesgo los siguientes escenarios se encuentran en un riesgo leve: E1, E2, E4. Por otro lado los de riesgo moderado son: E3. En este entorno no se cuenta con riesgos ambientales significativos. Por último se evalúan los riesgos ambientales de cada entorno. El resultado final de esta evaluación, por cada entorno, es un promedio de los resultados de cada escenario de riesgo.

Habiendo seguido toda la metodología de la guía de evaluación de riesgos ambientales propuestas por en MINAN en la tabla N° 25 se muestran el resumen de los resultados para cada categoría evaluada.

Tabla N° 25: Porcentajes de riesgo ambiental

Entorno	% Riesgo ambiental
Entorno Humano	39,6%
Entorno Ecológico	36,17%
Entorno Socioeconómico	17%
Promedio	30,92%

Según el promedio de los resultados de los tres entornos, que se muestra en la tabla N° 25 la empresa Servicentro San Miguel tiene un riesgo ambiental de 30,92%, el cual es moderado según la escala establecida por la guía de evaluación de riesgo, es por ello que se recomienda la toma de medidas de mitigación y prevención para cada uno de sus entornos. Los riesgos ambientales referidos al entorno humano obtuvieron un porcentaje de 39,6 %, lo cual lo clasifica como un riesgo moderado. Con respecto al entorno ecológico se obtuvo un porcentaje de riesgo ambiental de 36,17%, ubicando a dichos escenarios como un riesgo moderado. Finalmente, el entorno socioeconómico genero un 17% de porcentaje de riesgo ambiental, catalogándolo como un riesgo leve.

### **3.2.CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES OBTENIDAS EN LA EMPRESA**

La caracterización de las aguas residuales del servicio de lavado de la empresa Servicentro San Miguel tiene como finalidad determinar las características físico-químicas del agua y las concentraciones de los parámetros analizados. Además en este punto se describe el tipo de muestra y el volumen utilizado para la correcta caracterización de las aguas residuales.

#### **3.2.1. TOMA DE MUESTRA DE AGUAS RESIDUALES**

##### **A. Muestreo**

Para determinar las diferentes características del agua residual generada en el área del servicio de lavado de la empresa Servicentro San Miguel, se debe seguir una toma de muestra adecuada, por lo tanto se requiere de una técnica apropiada de muestreo. En esta investigación, se tomó el muestreo simple o puntal, debido a que este tipo de muestreo se utiliza cuando la composición de la fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado, y así es como sucede en la empresa. Las aguas residuales del servicio de lavado se dirigen por medio de un canal, que se encuentra al final de las rampas de lavado, a un

pozo de sedimentado en donde se acumulan para evitar que residuos sólidos grandes puedan obstruir las tuberías, luego se vierten al alcantarillado. El tiempo de retención promedio en el pozo de las aguas residuales es de 6 horas y además tiene un volumen de  $1,5 \text{ m}^3$ . En la figura N° 9 se puede observar las condiciones en las que se encuentra el pozo.



Figura N° 9: Pozo de sedimentado de aguas residuales del Servicentro San Miguel

- El muestreo se realizó de forma manual, en el mes de Febrero del 2018, con ayuda de los trabajadores del Servicentro San Miguel.
- Para realizar el muestreo primero se identificó el lugar donde se tomó la muestra, el cual fue el pozo de sedimentación que tiene el lavadero, ver figura N° 10.
- Seguido a eso se ubicó correctamente los materiales a utilizar, en este caso dos recipiente de plástico de aproximadamente 515 ml cada uno y uno de vidrio de aproximadamente 700 ml, ver figura N° 11.
- Luego procedió a la toma de 3 muestras simples, que fueron solicitadas por el laboratorio de Epsel S.A.
- Además se etiquetaron los frascos para una correcta identificación y se llenaron completamente para evitar que quedara aire dentro, ver figura N°12.
- Por último se colocaron dentro de un cooler con hielo para que la muestra se mantuviera a una temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$  para luego ser transportadas al laboratorio de Epsel S.A.

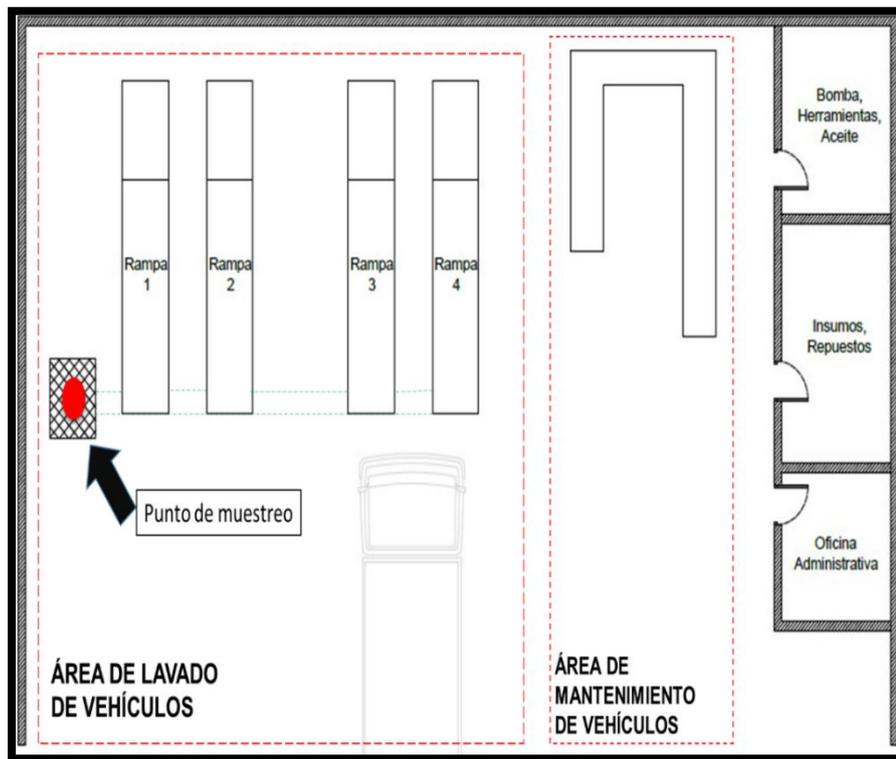


Figura N° 10: Punto de muestreo de aguas residuales Servicentro San Miguel



Figura N° 11: Frascos proporcionados por el laboratorio de Epsel S.A.

 <b>EPSEL S.A.</b> ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEGUE S.A.		<b>IDENTIFICACIÓN MUESTRA</b> <table border="1"> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					
EPS/LOCALIDAD: ..... PUNTO DE MUESTREO: ..... NOMBRE DE LA FUENTE: ..... FECHA: ..... HORA: .....							
Temp: ..... °C		pH: .....	Conduct: .....us/cm				
TIPO DE ANÁLISIS	DBO = Demanda bioquímica de Oxígeno						
	DQO = Demanda química de Oxígeno						
	A y G = Aceites y grasas						
	SST = Sólidos Suspendidos Totales						
	CCT = Coliformes termotolerantes Totales						
AR = AGUA RESIDUAL							
Preservación: .....							
MUESTREADOR		DEPENDENCIA					

Figura N° 12: Formato de etiqueta para la identificación de la muestra  
 Fuente: Laboratorio Epsel S.A. Lambayeque

## B. Volumen de la Muestra

El laboratorio donde se realizó la caracterización del agua residual de la empresa Servicentro San Miguel fue Epsel S.A., el cual indicó que para realizar el análisis se debía llevar 2L de muestra de agua residual, para ello el laboratorio brindó 2 frascos de plástico y uno de vidrio además de etiquetas para la identificación del punto de muestreo y los tipos de análisis que se iban hacer. El agua residual a analizar debía de tener una temperatura de -4 °C, para ello se utilizó un cooler con hielo para bajar su temperatura inicial. En total se realizaron 3 muestras simples.



Figura N° 13: Agua Residual de Servicentro San Miguel

### C. Parámetros del Agua Residual Analizados por EPSEL S.A.

Tomando como referencia la tabla N° 2 (Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado físico-químicos), se llevaron a analizar los siguientes parámetros.

Tabla N° 26: Parámetros del agua residual analizados

Parámetros del Agua Residual	
	DBO <sub>5</sub>
	DQO
FÍSICO-QUÍMICOS	SST
	Aceites y Grasas
	pH

### D. Análisis de Resultados

En la tabla N° 27 se muestran los resultados del análisis del agua residual generada en el área de lavado de vehículos de la empresa Servicentro San Miguel, al no contar con ningún tratamiento la prueba se realizó antes de que el pozo logre desaguar. Esto fue en el primer turno de trabajo, que es de 6:00 am hasta 3:00 pm. El análisis fue realizado por el laboratorio de Epsel S.A. Además en el anexo N° 23 se observa el escaneo del documento de los resultados proporcionado por el laboratorio.

Tabla N° 27: Resultados de los parámetros analizados de las aguas residuales de lavado vehicular

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	PRUEBA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	DBO	629,2	500
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	DQO	1 333,28	1000
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	mg/L	S.S.T	1 265,28	500
ACEITES Y GRASAS	mg/L	A y G	238,67	100
	pH		7,88	6 – 9

Fuente: Laboratorio de EPSEL S.A

Al comparar los valores máximos admisibles de descargas al sistema de alcantarillado dados por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento-Sedapal (2015) con relación a los resultados obtenidos en los análisis se afirma que las aguas residuales generadas en el servicio de lavado vehicular de la empresa Servicentro San Miguel supera los VMA, por lo que es de mucha importancia tratar eficientemente las aguas residuales generadas por el servicio de lavado de vehículos, ya que al no hacerlo se harían acreedores a una multa que se encuentra entre 2UIT y 5UIT (S/ 8 300 y S/ 20 750) dependiendo de la evaluación que tenga por el ente regular, en este caso la SUNASS. Es por ello que se considera de gran importancia la propuesta del sistema de tratamiento y reutilización de las aguas residuales.

### **3.3. PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

#### **3.3.1. SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS ADECUADOS PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA EMPRESA**

Una vez realizado el diagnóstico al servicio de lavado y caracterizadas las aguas residuales generadas en la empresa Servicentro San Miguel y al tener pruebas irrefutables de la contaminación de sus aguas residuales, es necesario e importante proponer un sistema de tratamiento, que además permitan la reutilización del agua tratada y así poder reducir la contaminación que se genera. Para el diseño del sistema de tratamiento a proponer primero se escoge cuál de las 4 clasificaciones de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se tomará en cuenta. Según el [11] cada tipo de tratamientos presenta un índice de tratabilidad diferente, por ejemplo para el pre tratamiento su índice de tratabilidad es de 0%, mientras que para el tratamiento primario es 5% y para el secundario sus índices de tratabilidad están entre 30-50%, El pre-tratamiento, tratamiento primario y el tratamiento secundario individualmente no son suficientes para eliminar los contaminantes, pero son importantes ya que ayudan a preparar las aguas residuales para que la eficiencia del tratamiento terciario alcance sus valores máximos, por tener un porcentaje de tratabilidad de 80-95%. En las tablas N° 28, 29, 30 se detalla el propósito, eficiencias de remoción, ventajas, desventajas y antecedentes de investigaciones relacionadas a aguas residuales de lavaderos de autos, para cada uno de los tratamientos con la finalidad de utilizarlos en el método de factores ponderados.

Tabla N° 28: Posibles pre-tratamientos a aplicar para la propuesta de la empresa Servicentro San Miguel

	<b>DESBASTE</b>	<b>TAMIZADO</b>	<b>DESARENADOR</b>	<b>DESACEITADO Y DESENGRASADOR</b>
<b>PROPÓSITO</b>	Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.	Reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas residuales, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.	Eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.	Eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.
<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN</b>	Puede llegarse a retener entre un 5 % de grueso y un 25% finos de sólidos en suspensión para luego eliminarlos. La velocidad de paso máxima según es de 1,4 m <sup>3</sup> /s.	Puede llegar a retener hasta el 30% de arenas gruesas y grasas en suspensión para luego eliminarlos.	Puede llegar a retener el 75% de las partículas, de 0,1 a 0,2 mm de diámetro, presente en las aguas residuales sin sedimentación.  Su período de retención debe estar entre 5 y 10 minutos.	Pueden retener hasta un 80% de las materias grasas y orgánicas.  Su periodo de retención debe estar entre 3 a 5 minutos.
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retiene los residuos sólidos finos y gruesos.</li> <li>• Tiene costos bajos en su instalación, mantenimiento y operación.</li> <li>• El mantenimiento puede hacerse de manera manual o automática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene costos bajos en su instalación, mantenimiento y operación.</li> <li>• Tiene mayor prevención frente a bloqueos o atascos de sólidos de gran tamaño.</li> <li>• El proceso es estrictamente físico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Según Romero, los porcentajes de remoción en el desengrasado son: DBO (28%), DQO (18%), SST (15%).</li> <li>• Tiene costos bajos en su instalación, mantenimiento y operación.</li> </ul>

Fuente: Fondo Nacional del Ambiente, 2010 [11]

Tabla N° 29: Posibles Tratamientos primarios a aplicar para la propuesta de la empresa Servicentro San Miguel

	SEDIMENTACIÓN y/o DECANTACIÓN	COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN	TANQUES IMHOFF														
<b>PROPÓSITO [11]</b>	Remover de las aguas residuales aquella fracción de los sólidos que es sedimentable. El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas.	Desestabilizar y reunir las partículas coloidales que se encuentran en suspensión. Con la finalidad de poder formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño. El tiempo de retención para la coagulación es de 0,3 a 5 min mientras que el tiempo de retención para los floculadores suele ser de 10 a 30 min.	Es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas.														
<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN</b>	Para [29] en la sedimentación se tienen las siguientes eficiencias  <table border="0"> <tr> <td><b>DBO</b></td> <td>25-30%</td> </tr> <tr> <td><b>SS</b></td> <td>40-70%</td> </tr> <tr> <td><b>TURBIDEZ</b></td> <td>50%</td> </tr> </table>	<b>DBO</b>	25-30%	<b>SS</b>	40-70%	<b>TURBIDEZ</b>	50%	Para [3] con una dosis de 350 mg/L de FeCl <sub>3</sub> se puede tener las siguientes eficiencias:  <table border="0"> <tr> <td><b>DQO:</b></td> <td>94-96,4%</td> </tr> <tr> <td><b>SS:</b></td> <td>95,2-97%</td> </tr> <tr> <td><b>TURBIDEZ:</b></td> <td>98,6%</td> </tr> <tr> <td><b>COLOR:</b></td> <td>97,5%</td> </tr> </table>	<b>DQO:</b>	94-96,4%	<b>SS:</b>	95,2-97%	<b>TURBIDEZ:</b>	98,6%	<b>COLOR:</b>	97,5%	Según [30] el tanque imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%.
<b>DBO</b>	25-30%																
<b>SS</b>	40-70%																
<b>TURBIDEZ</b>	50%																
<b>DQO:</b>	94-96,4%																
<b>SS:</b>	95,2-97%																
<b>TURBIDEZ:</b>	98,6%																
<b>COLOR:</b>	97,5%																
<b>ANTECEDENTES</b>	Gheethi <i>et al</i> , [8] utilizaron el tratamiento de sedimentación en su sistema de tratamiento de aguas residuales para una mayor eficiencia. Este sistema consta de cuatro etapas que incluyen unidad de aireación, coagulación y floculación, unidad de sedimentación y filtración.	Carrasquero <i>et al</i> [3] evaluaron un tratamiento fisicoquímico de coagulación y floculación para aguas residuales de lavaderos de autos utilizando como coagulante al cloruro férrico, sulfato de aluminio y cloruro de calcio. Teniendo al cloruro férrico como la más óptima.	En una investigación realizada por Chuchón y Aybar [31] muestran que la capacidad de remoción de BCF en un tanque Imhoff llegó a 60% de remoción según sus parámetros de diseño.														
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De forma independiente o floculante, la sedimentación sucede rápidamente [8]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de coagulantes genera lodo artificial el cual puede ser tratado con mayor facilidad y eficiencia. [3]</li> <li>• El uso de coagulantes permite la remoción de la turbidez orgánica o inorgánica que no puede sedimentarse rápidamente. [3]</li> <li>• Costos bajos de producción.</li> <li>• Reduce fosfatos solubles a cantidades trazas. [3]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas. [30]</li> <li>• El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad. [30]</li> <li>• Tiene un bajo costo de construcción y operación. [30]</li> </ul>														

Tabla N° 30: Posibles tratamientos terciarios a aplicar para la propuesta de la empresa Servicentro San Miguel

	<b>CARBÓN ACTIVADO</b>	<b>OSMOSIS INVERSA</b>	<b>OZONOZACIÓN</b>	<b>ELECTROCOAGULACIÓN</b>	<b>FLOTACIÓN POR FLOCULACIÓN</b>
<b>PROPÓSITO</b>	La remoción de color, olores y sabores indeseables en aguas residuales. Tiempo de Contacto: 5-15 minutos. [32]	Eliminar del agua residual más del 99% de todos los minerales disueltos y compuestos orgánicos, así como la materia biológica y coloidal en suspensión. [33]	La ruptura de las uniones de carbono-nitrógeno que conduce a la despolimerización. [34]	Es un proceso que utiliza la electricidad para eliminar contaminantes en el agua que se encuentran suspendidos, disueltos. [35]	Este proceso de separación sólido-líquido únicamente se aplica a partículas que tienen una masa volumétrica real (flotación natural) o aparente (flotación provocada) inferior a la del líquido que la contiene. [9]
<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN [11], [36]</b>	<b>DBO:</b> 98% <b>DQO:</b> 93% <b>SST:</b> 95% <b>GA:</b> 95% <b>MP:</b> 96%	<b>DBO:</b> 99% <b>DQO:</b> 98% <b>SST:</b> 95% <b>GA:</b> 99% <b>MP:</b> 99%	<b>DBO:</b> 90% <b>DQO:</b> 80% <b>SST:</b> 85% <b>GA:</b> 80% <b>MP:</b> 80%	<b>DBO:</b> 98% <b>DQO:</b> 95% <b>SST:</b> 99% <b>GA:</b> 99% <b>MP:</b> 99%	<b>DBO:</b> 95% <b>DQO:</b> 95% <b>SST:</b> 98% <b>GA:</b> 81%
<b>ANTECEDENTE</b>	Svensson <i>et al.</i> , En su investigación [7] nos menciona que este tipo de material de filtro cumple las exigencia de la eliminación eficaz de contaminantes tanto inorgánico como orgánicos. Además incluye a las aguas residuales de lavado de automóviles entre las aguas residuales a tratar por este material.	Según Janiky Kupiec [37], para los lavaderos de automóviles se puede utilizar un tratamiento de aguas residuales como la osmosis inversa ya que es el más apropiado proceso de separación por membrana en líquido/líquido.	Brown nos menciona que esta tecnología está recibiendo una gran atención en la industria de lavado de autos ya que puede eliminar de sus aguas residuales problemas de color de una manera mucho mejor que el cloro o productos clorados; además, no genera olores indeseables o productos trihalometanos o ambos potenciales subproductos del uso del cloro	Según A.Lathal <i>et al.</i> , la mayoría de trabajos publicados se ocupa de aplicaciones para el tratamiento de agua potable y urbana, industrial o agrícola. Sin embargo, las numerosas ventajas reportadas en la literatura, y los pros y los contras de Electrocoagulación no son suficientes para que su aplicación se considere como una tecnología establecida de aguas residuales debido a la falta de modelos sistemáticos para la ampliación del reactor	Para Zaneti y Rubio [9], la existencia del tratamiento de floculación-flotación (filtración de arena y cloración final) es nueva pero ésta técnica ha mostrado que el agua se puede recuperar en casi el 70%, alcanzándose menos de 40 L de agua dulce por lavado.

<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EL carbón activado puede reactivarse hasta 30 veces o más sin pérdida apreciable de poder de adsorción.</li> <li>• Económicos.</li> <li>• Fáciles de operar y mantener con bajo costo.</li> <li>• No produce lodos [13]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada resistencia o tolerancia al cloro y a los oxidantes.</li> <li>• Elevada resistencia química y física.</li> <li>• Elevada estabilidad térmica. [14]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de ozonización utiliza un período corto de contacto (aprox, 10-30min).</li> <li>• Tiene una eficiencia de 85%.</li> <li>• No existen residuos peligrosos que necesiten ser removidos después del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de operación son menores comparativamente con los de procesos convencionales usando polímeros.</li> <li>• Menor producción de lodos.</li> <li>• Purifica el agua y permite su reciclaje.</li> <li>• Su tiempo de retención es mucho menor que un tratamiento convencional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de grasa y aceites hasta un 81%.</li> <li>• Permite recuperar hasta el 70% del agua tratada para ser reutilizada.</li> <li>• Costo de inversión no es muy alto.</li> </ul>
<b>DESVENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento frecuente.</li> <li>• Esta tecnología no destruye los contaminantes, requiere de otra tecnología que si lo haga.</li> <li>• Generan residuos que deben ser dispuestos en vertederos controlados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es adecuado para aguas con elevado contenido en solidos disueltos totales.</li> <li>• Requiere de gran consumo de energía.</li> <li>• A pequeñas escalas puede resultar más cara que a mayores escalas.</li> <li>• Necesita mano de obra especializada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de inversión así como los gastos de mantenimiento son altos por necesitar mano de obra más capacitada.</li> <li>• Se puede decir que el ozono no tiene límites en el número y especies de microorganismos que puede eliminar, dado que actúa sobre estos a varios niveles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario reponer los electrodos de sacrificio.</li> <li>• Los lodos contienen altas concentraciones de hierro y aluminio, y necesitan de mano de obra mejor capacitada.</li> <li>• Puede ser un tratamiento costoso en regiones en las cuales el costo de la energía eléctrica sea alto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de lodos.</li> </ul>

### 3.3.1.1. PODERACIÓN PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para el desarrollo del tercer objetivo, se investigó acerca de la clasificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, y se evaluó cuál es el más adecuado, Para esto se realizó el Método de Factores Ponderados de Heizer y Barry. Para los criterios de evaluación y selección, factores ponderados, se tomaron las características obtenidas de las aguas residuales de la empresa, la capacidad, las ventajas y desventajas, eficiencias, costos, mantenimiento y la posibilidad de reutilizar el agua tratada. Para la determinación del tipo de tratamiento de aguas residuales más adecuado se tomó en cuenta la información del punto del 2.2. (Fundamentos Teóricos) y de las tablas N° 28, 29 y 30.

## A. Confrontación de los factores

Los factores que se utilizaron en la matriz de confrontación son los siguientes:

- |   |                                       |   |                         |
|---|---------------------------------------|---|-------------------------|
| A | Tiempo de retención del agua residual | F | Efluente final uniforme |
| B | Eficiencia de remoción                | G | Mano de obra requerida  |
| C | Bajo consumo de energía               | H | Costo de tecnología     |
| D | Área de terreno requerida             | I | Minimización de lodos   |
| E | Disponibilidad de tecnología          |   |                         |

Tabla N° 31: Confrontación de factores para su ponderación

Factores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL	PONDERADO
A	1	1	1	0	1	1	1	1	1	7	16%
B	1	1	1	1	1	0	0	1		6	14%
C	0	1	1	0	1	0	0	1	0	3	7%
D	1	0	1	1	0	1	1	1	1	6	14%
E	0	0	1	0	1	0	1	1		4	9%
F	1	1	0	0	1	1	0	1	1	5	12%
G	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	5%
H	1	0	1	1	1	0	1	1	0	5	12%
I	1	1	1	0	0	1	0	1	1	5	12%
TOTAL	5	4	6	4	5	5	3	6	5	43	100%

Para el análisis se aplicó el criterio de importancia, el cual determina que factores son los más importantes de acuerdo a la conexión que existe entre estos, dando el valor de 1 si es más importante entre factores y 0 si no hay importancia. Por lo tanto la tabla N° 28 indica que los factores más importantes a tener en cuenta para la elección del tratamiento son: tiempo de retención, eficiencia de remoción, costo mínimo y minimización de lodos generados, al tener. Se procede a otorgar, según criterio, una calificación a cada factor, teniendo en cuenta que la mayor calificación se le dará al factor que mejor cumpla con las características de cada tratamiento evaluado. Para esto, la calificación estará en el rango de 1 a 5 puntos, según la importancia de cada factor tal como se muestra en la tabla N° 32.

Tabla N° 32: Rango de calificación de factores

Puntaje	Escala
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

Tabla N° 33: Calificación de los factores predominantes para cada uno de los procesos analizados en el Pre-Tratamiento.

Factor de selección de tratamiento de aguas residuales	% de importancia	TAMIZADO		DESARENADOR		DESACEITADO Y DESENGRASADO	
		Escala	Puntaje	Escala	Puntaje	Escala	Puntaje
A	16%	1	0,16	2	0,33	4	0,65
B	14%	2	0,28	3	0,42	4	0,56
C	7%	4	0,28	4	0,28	4	0,28
D	14%	3	0,42	3	0,42	3	0,42
E	9%	3	0,28	3	0,28	3	0,28
F	12%	2	0,23	2	0,23	4	0,47
G	5%	3	0,14	3	0,14	3	0,14
H	12%	3	0,35	1	0,12	3	0,35
I	12%	3	0,35	3	0,35	2	0,23
TOTAL	100%		2,49		2,42		<b>3,23</b>

### Resultado:

Tal como muestra la Tabla N° 33, el pre tratamiento adecuado para tratar las aguas residuales generadas por el lavadero de vehículos Servicentro San Miguel es el desaceitado y desengrasado, debido a que presenta un mayor puntaje de calificación frente a los demás tratamientos evaluados. Aunque no se haya evaluado el desbaste de finos y gruesos también se considera para el pre tratamiento ya que según el Fondo Nacional del Ambiente, el desbaste debe utilizarse en todo sistema de tratamiento, aun en los más simples. El puntaje final, obtenido por este tratamiento, fue calculado a partir de la suma de los puntajes de cada factor en cada

tratamiento evaluado y a su vez estos fueron determinados multiplicando el porcentaje ponderado por la clasificación dada según criterio tomado en la tabla N° 31. Este procedimiento también se aplicó para la evaluación de los tratamientos primarios y terciarios. A continuación se describirá cada uno de los factores utilizados con la finalidad de fundamentar cada uno de los puntajes finales

- A. Tiempo de retención:** El desaceitado y desengrase tiene un tiempo de retención de 3 a 5 min el cual a comparación con el desarenador, que tiene un tiempo de retención de 5 a 10 min, es mucho menor. Para el tamizado no tiene un tiempo de retención ya que consiste en un filtrado sobre un soporte delgado y las aguas residuales solo fluyen.
- B. Eficiencia de remoción:** La eficiencia de remoción en el desaceitado y desengrasado son capaces de remover hasta el 80% de las materias grasas y orgánicas además de remover DBO (28%), DQO (18%), SST (15%). Al contrario del tamizado que solo remueve arenas gruesas y grasas en suspensión en un 30% y en el caso del desarenado en un 75%.
- C. Bajo consumo de energía:** Este factor tiene el mismo puntaje para los tres tratamientos evaluados ya que ninguno utiliza energía para su funcionamiento lo cual no generaría costos extras para la empresa.
- D. Área de terreno requerida:** Según la norma peruana OS. 090 las dimensiones que requerirá cada uno de estos tratamientos dependerá del caudal máximo que pueda tener el sistema de tratamiento es por ello que se considera un mismo puntaje para cada uno.
- E. Disponibilidad de tecnología:** En este factor ningún tratamiento destaca, pues no requieren materiales ni equipos costosos. Lo cual hace accesible la realización de cualquier tratamiento.
- F. Efluente final uniforme:** El Desaceitado y Desengrase en este factor obtiene un puntaje superior a comparación del Tamizado y Desarenador ya que el primero tiene un mayor porcentaje de remoción en materias grasas y orgánicas, además puede remover DBO, DQO y SST.
- G. -Mano de obra requerida:** No existen ventajas contundentes para este factor entre los tratamientos evaluados, es por ello que se ha considerado un mismo puntaje para los tres tratamientos basándose en que solo se necesita de mano de obra calificada.
- H. Costo de tecnología:** En este factor el desaceitado y desengrasado con el tamizado según el Fondo Nacional del Ambiente tienen costos bajos de operación y mantenimiento, a comparación del desarenador.

**I. Minimización de lodos:** Al tener el desaceitado y desengrasado un mayor porcentaje de remoción a comparación de los otros tratamientos se puede afirmar que los lodos generados serán mayores a comparación de los otros tratamientos.

Tabla N° 34: Calificación de los factores predominantes para cada uno de los procesos analizados en el tratamiento primario

Factor de selección de tratamiento de aguas residuales	% de importancia	SEDIMENTACIÓN y/o DECANTACIÓN		COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN		TANQUES IMHOFF	
		Escala	Puntaje	Escala	Puntaje	Escala	Puntaje
A	16%	3	0,49	5	0,81	3	0,49
B	14%	3	0,42	4	0,56	2	0,28
C	7%	4	0,28	3	0,21	4	0,28
D	7%	3	0,21	3	0,21	3	0,21
E	9%	3	0,28	3	0,28	3	0,28
F	12%	3	0,35	5	0,58	3	0,35
G	7%	3	0,21	3	0,21	3	0,14
H	12%	2	0,23	3	0,35	3	0,35
I	16%	3	0,49	2	0,49	3	0,49
TOTAL	100%		2,79		<b>3,70</b>		2,93

**Resultado:**

El tratamiento primario adecuado para tratar las aguas residuales del lavadero de vehículos Servicentro San Miguel, como lo muestra la tabla N° 34, es el tratamiento de coagulación y floculación debido a que presenta un mayor puntaje de calificación a comparación de los otros tratamientos evaluados.

**A. Tiempo de retención:** La coagulación y floculación requieren un tiempo de retención total de 35 min el cual a comparación con la sedimentación y tanque imhoff, que tienen 2,5 h, es mucho menor.

**B. Eficiencia de remoción:** La coagulación tiene una mayor eficiencia de remoción frente a los tratamientos comparados, pues son capaces de remover entre 94-96% en DQO, entre 95-97% en SS y un 97% en reducción de color. A diferencia de la sedimentación

y tanque imhoff los cuales tienen una menor eficiencia de remoción, estos se muestran en la Tabla N° 29.

- C. Bajo consumo de energía:** Para Carrasquero *et al.* la utilización de grandes cantidades de energía por lo general se da en tratamientos más avanzados, es por ello que la coagulación y floculación tienen un puntaje diferente a comparación con los tratamientos evaluados.
- D. Área de terreno requerida:** Se ha considerado el mismo puntaje para los tres tratamientos evaluados ya que las dimensiones que se necesitaran dependerá del caudal máximo que el lavadero genere, y al ser un único caudal las dimensiones serán muy cercanas unas de otras, ya que lo más usado para estos tratamientos son los tanques cilíndricos.
- E. Disponibilidad de Tecnología:** Ninguno de los tratamientos evaluados requieren materiales ni equipos costosos o que necesiten ser importados del extranjero, lo cual permite una construcción rápida y económica.
- F. Efluente final uniforme:** En la coagulación y floculación sus porcentajes de remoción superan enormemente a los porcentajes de la sedimentación y el tanque Imhoff, ver Tabla N°29.
- G. Mano de obra requerida:** Al igual que en el pre-tratamiento, el tratamiento primario necesita de mano de obra calificada es por ello que para este factor también se ha considerado un mismo puntaje ya que no existen otro tipo de ventaja.
- H. Costo de Tecnología:** Según la norma peruana OS. 090 el diseño y construcción de tanques de coagulación-floculación y tanques Imhoff, es más costoso a comparación del tanque de sedimentación.
- I. Minimización de lodos:** los tratamientos con más ventaja son la sedimentación y tanque imhoff al no utilizar materias primas, en el caso de la coagulación y floculación sí se utilizan, es por ello que este tratamiento generaría mayor cantidad de lodos.

Tabla N° 35: Calificación de los factores predominantes para cada uno de los procesos analizados en el tratamiento terciario

Factor de selección de tratamiento de aguas residuales	% de importancia	CARBON ACTIVADO		OSMOSIS INVERSA		OZONIZACIÓN		ELECTROCOAGULACIÓN		FLOTACIÓN POR FLOCULACIÓN	
		Escala	Puntaje	Escala	Puntaje	Escala	Puntaje	Escala	Puntaje	Escala	Puntaje
		A	16%	4	0,65	2	0,49	3	0,49	2	0,65
B	14%	4	0,56	4	0,42	3	0,42	5	0,56	4	0,28
C	7%	4	0,35	2	0,14	2	0,14	2	0,14	3	0,21
D	7%	4	0,21	2	0,14	2	0,14	2	0,14	3	0,14
E	9%	3	0,47	3	0,28	3	0,28	3	0,28	3	0,28
F	12%	4	0,47	4	0,47	3	0,47	4	0,47	2	0,23
G	7%	4	0,21	2	0,14	2	0,14	2	0,14	3	0,21
H	12%	4	0,47	2	0,23	2	0,23	2	0,35	3	0,35
I	16%	4	0,49	4	0,49	4	0,65	3	0,65	3	0,33
TOTAL	100%	3,91		2,93		2,84		2,91		2,70	

### Resultado:

El tratamiento terciario seleccionado para tratar las aguas residuales del lavadero de vehículos Servicentro San Miguel, como lo muestra la tabla N° 35, es el tratamiento de carbón activado el cual presenta un mayor puntaje de calificación a comparación de los otros tratamientos evaluados. Como se ha realizado en la elección de los anteriores tratamientos a continuación se detalla cada uno de los factores evaluados.

- A. Tiempo de retención:** Los tratamientos con mayor ventaja son el carbón activado con 15 min de retención y la osmosis inversa, que al contar con un sistema de tuberías tiene un tiempo de retención menor a la del carbón activado. En el caso de la ozonización su tiempo de retención es mucho mayor a los dos anteriores, 30 min, y ese es el mismo caso de la columna de floculación.
- B. Eficiencia de remoción:** La electrocoagulación tiene una mayor eficiencia de remoción frente a los otros tratamientos evaluados, pues es capaz de remover más de 95% de la carga contaminante (DBO, DQO, SST, aceites). Pero al no evaluarse un solo factor aún puede evaluarse los otros tratamientos ya que estos tienen una eficiencia de remoción

que supera el 90%, dando como ganador al carbón activado por la suma de los diferentes factores evaluados.

- C. Bajo consumo de energía:** En esta evaluación los tratamientos que consumen mayor energía son la osmosis inversa, la ozonización y la electrocoagulación al necesitar de motores o de energía eléctrica permanente para su correcto funcionamiento. Mientras que para el carbón activado y la flotación por coagulación no sucede lo mismo.
- D. Área de terreno requerida:** Para este factor los tratamientos que tiene mayor ventaja son el carbón activado y flotación por floculación al necesitar menos equipos para su funcionamiento. En el caso de los tratamientos restantes necesitan equipos como motores, bombas y mayor dimensión dependiendo de la cantidad de agua a tratar.
- E. Disponibilidad de tecnología:** Se ha considerado el mismo puntaje para todos los tratamientos evaluados porque ninguno de los equipos necesita ser importado del extranjero lo cual permite ahorrar tiempo y dinero.
- F. Efluente final uniforme:** Los tratamiento que tiene menor valoración para este factor son la ozonización y la flotación por floculación, por tener un promedio de su eficiencia de remoción que no supera el 90% para la ozonización o necesitar de tratamientos extras para obtener una mejor calidad de agua como es el caso de la flotación por floculación.
- G. Mano de obra requerida:** El tratamiento más fácil de instalar es el carbón activado por ende solo necesita de personal capacitado mas no especializado. Mientras que para los tratamientos restantes si se necesita de personal especializado al tener mayor complejidad al momento de instalarlo.
- H. Costo de tecnología:** El tratamiento con mayor ventaja es el carbón activado ya que sus costos de instalación, operación y mantenimiento son bajos a comparación de la osmosis inversa, la ozonización y electrocoagulación las cuales requieren de gran consumo de energía y de mano de obra especializada. Estos últimos tratamientos a pequeñas escalas resultan más caras que a gran escala.
- I. Minimización de lodos:** El único tratamiento que no genera lodos es el carbón activado, al ser un material absorbente. Pero si se debe tener en cuenta que requiere de una disposición adecuada, bien en vertederos controlados o utilizando la reactivación de este carbón.

### 3.3.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### 3.3.2.1. PRONOSTICO DEL EFLUENTE

Para el diseño de las etapas del sistema de tratamiento, primero se realizó el pronóstico trimestral del volumen de las aguas residuales para los próximos 5 años, incluyendo el año actual del desarrollo de la investigación (2 018-2 022), la cual se calculó en función al comportamiento de la data histórica utilizando el software Excel. A continuación en la figura N°14 se muestra el comportamiento de la demanda actual de las aguas residuales generadas en el servicio de lavado de vehículos Servicentro San Miguel.

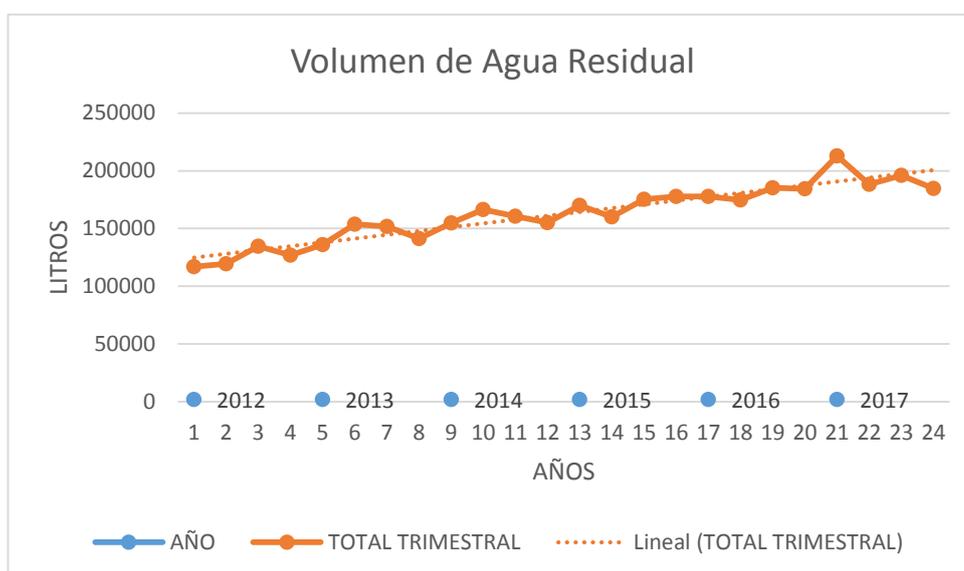


Figura N° 14: Comportamiento trimestral de las aguas residuales de Servicentro San Miguel – Periodo 2 012 a 2 017

Así mismo para realizar el pronóstico se utilizó la data histórica del Servicentro San Miguel la cual se muestra en la Tabla N° 36, esta tiene los volúmenes mensuales generados de agua residual en el servicio de lavado entre los años 2 012-2 017. Al presentar los datos una variabilidad y una tendencia creciente en el tiempo, como lo muestra la figura N°14, se realizó un pronóstico de suavización exponencial doble.

Tabla N° 36: Agua residual generada en los años 2 012-2 017

Años	Meses	Agua residual generada (L)	Total Anual (L)	Años	Meses	Agua residual generada (L)	Total Anual (L)
2 012	Enero	37 345	468 190	2 013	Enero	42 735	582 505
	Febrero	41 580			Febrero	46 200	
	Marzo	38 115			Marzo	46 970	
	Abril	42 350			Abril	53 515	
	Mayo	38 885			Mayo	55 825	
	Junio	38 115			Junio	44 275	
	Julio	42 350			Julio	48 510	
	Agosto	45 045			Agosto	46 200	
	Septiembre	47 355			Septiembre	56 980	
	Octubre	44 660			Octubre	45 045	
	Noviembre	45 045			Noviembre	53 130	
	Diciembre	37 345			Diciembre	43 120	
2 014	Enero	57 750	636 790	2 015	Enero	50 820	683 375
	Febrero	48 895			Febrero	62 755	
	Marzo	48 125			Marzo	56 595	
	Abril	53 130			Abril	55 440	
	Mayo	51 590			Mayo	51 975	
	Junio	61 600			Junio	52 745	
	Julio	53 515			Julio	58 520	
	Agosto	51 590			Agosto	61 215	
	Septiembre	55 440			Septiembre	55 440	
	Octubre	50 820			Octubre	53 515	
	Noviembre	52 745			Noviembre	63 525	
	Diciembre	51 590			Diciembre	60 830	
2 016	Enero	65 835	722 260	2 017	Enero	70 455	781 935
	Febrero	55 055			Febrero	72 380	
	Marzo	56 980			Marzo	70 070	
	Abril	56 595			Abril	60 445	
	Mayo	59 290			Mayo	59 290	
	Junio	58 905			Junio	68 530	
	Julio	59 290			Julio	65 450	
	Agosto	63 910			Agosto	64 680	
	Septiembre	61 985			Septiembre	65 835	
	Octubre	59 290			Octubre	63 525	
	Noviembre	58 905			Noviembre	63 910	
	Diciembre	66 220			Diciembre	57 365	

En la tabla N° 37 se muestra el pronóstico para los próximos cinco años, la cual fue calculada con los datos mostrados en la tabla N° 36. La tabla N° 37 muestra que existe un aumento anual de agua residual generada por el Servicentro San Miguel, pues para el primer año proyectado se tiene un volumen de 825 724,1 litros, mientras que para el año 2 022 el volumen alcanzará los 1 018 083 litros de efluentes que generará el servicio de lavado.

Tabla N° 37: Pronóstico de las cantidades de efluente que generará la empresa Servicentro San Miguel

Periodo	Cantidad de agua utilizada (L)	Generación de agua residual (L/año)
2018	1er trimestre	201 922,6
	2do trimestre	204 928,2
	3er trimestre	207 933,8
	4to trimestre	210 939,4
2019	1er trimestre	213 945,0
	2do trimestre	216 950,6
	3er trimestre	219 956,3
	4to trimestre	222 961,9
2020	1er trimestre	225 967,5
	2do trimestre	228 973,1
	3er trimestre	231 978,7
	4to trimestre	234 984,3
2021	1er trimestre	237 989,9
	2do trimestre	240 995,5
	3er trimestre	244 001,1
	4to trimestre	247 006,7
2022	1er trimestre	250 012,3
	2do trimestre	253 017,9
	3er trimestre	256 023,5
	4to trimestre	259 029,2

### 3.3.2.2. BALANCE DE MATERIA

Después de haber realizado el pronóstico de las aguas residuales para los próximos 5 años se procede a realizar el balance de materia para cada etapa en el sistema de tratamiento para poder determinar la disminución de los parámetros en las aguas residuales del servicio de lavado. Para realizar el balance de materia es importante considerar datos como el flujo volumétrico del agua residual así como también eficiencia de remoción de cada operación a lo largo del sistema de tratamiento. El flujo volumétrico que se va a utilizar es el flujo pronosticado en la tabla N° 37, sabiendo que la empresa labora los 360 días del año, entonces 101 8083L entre los 360 días equivale a 2,83 m<sup>3</sup>/día y que serán base para el balance de materia.

### A. Balance en el Desbaste

Según la Norma Peruana OS.090., el espaciamiento entre barras estará entre 20 y 40 mm, para este caso serán tomadas como desbaste de finos y desbaste gruesos respectivamente.

En la tabla N°38 se muestra las consideraciones tomadas según esta norma.

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado L/m <sup>3</sup> de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

De acuerdo a estas especificaciones el balance en el desbastado quedará tal como se muestra en la figura N°15.

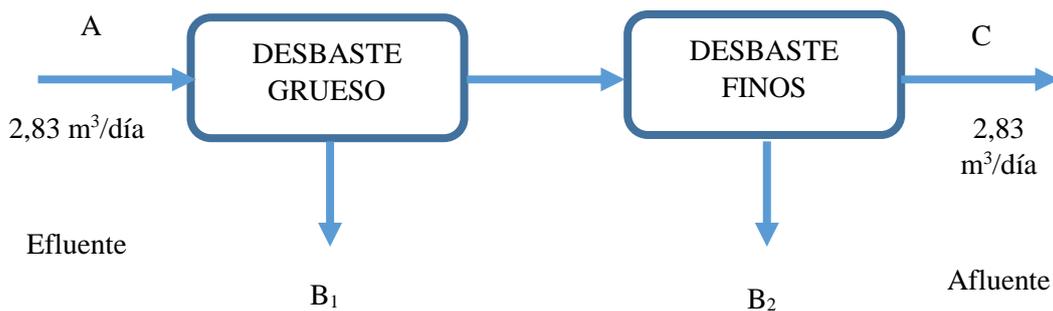


Figura N° 15: Balance de materia en el Desbaste

Flujo de agua residual a tratar:

$$A = 2,78 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 1. Volumen de residuos removidos en Desbaste de Gruesos

$$B_1 = \frac{0,009 \text{ L de material cribado}}{1 \text{ m}^3 \text{ de AR}} \times \frac{2,83 \text{ m}^3 \text{ de AR}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$B_1 = 2,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{día de sólidos removidos}$$

#### 2. Volumen de residuos removidos en Desbaste de finos:

$$B_2 = \frac{0,038 \text{ L de material cribado}}{1 \text{ m}^3 \text{ de AR}} \times \frac{2,83 \text{ m}^3 \text{ de AR}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$B1 = 1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{día de sólidos removidos}$$

## B. Balance en el Desaceitado y Desengrasado

Para el balance en el desaceitado y desengrasado se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en el análisis físico-químico que se realizaron a las aguas residuales del lavadero Servicentro San Miguel, los cuales se muestran en la Tabla N°24. Según Romero, los porcentajes de remoción en el desaceitado y desengrasado son: DBO (28%), DQO (18%), SST (15%) y Aceites y grasas (12%). Antes del balance de materia se realiza por motivos de cálculos la conversión de unidades de los valores de entrada de las aguas residuales. Los resultados se muestran a continuación:

$$\text{DBO} = 1,75 \text{ kg/día}$$

$$\text{DQO} = 3,71 \text{ kg/día}$$

$$\text{SST} = 3,52 \text{ kg/día}$$

$$\text{Aceites y grasas (A y G)} = 0,664 \text{ kg/día}$$

Estos serán los valores de entrada para el desaceitado y desengrase. En la siguiente figura se detalla.

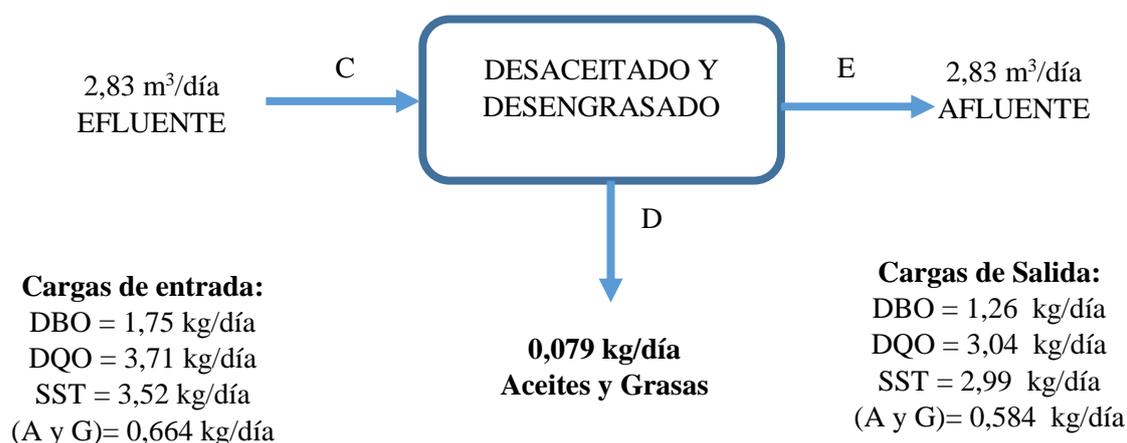


Figura N° 16: Balance de materia en el Desaceitado y Desengrasado

$$D = \left( \frac{238,67\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{2,83\text{m}^3\text{AR}}{\text{día}} \times \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \right) \times (0,12)$$

$$D = 0,081 \text{ kg/día}$$

“D” es la cantidad de aceite y grasa que será removido en la operación de desengrasado.

$$\text{DBO} = \left( \frac{629,2\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{2,83\text{m}^3\text{AR}}{\text{día}} \times \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \right) \times (0,72)$$

$$\text{DBO} = 1,28 \text{ kg/día}$$

$$\text{DQO} = \left( \frac{1\ 333,28\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{2,83\text{m}^3\text{AR}}{\text{día}} \times \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \right) \times (0,82)$$

$$\text{DQO} = 3,09 \text{ kg/día}$$

$$\text{SST} = \left( \frac{1\ 265,28\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{2,83\text{m}^3\text{AR}}{\text{día}} \times \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \right) \times (0,85)$$

$$\text{SST} = 3,04 \text{ kg/día}$$

$$\text{AyG} = \left( \frac{238,67\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{2,83\text{m}^3\text{AR}}{\text{día}} \times \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \right) \times (0,88)$$

$$\text{AyG} = 0,594\text{kg/día}$$

### C. Balance en la Coagulación y Floculación

Para el balance en la coagulación y floculación se tomaron como datos de entrada las cargas de salida de la etapa anterior, desaceitado y desengrasado. Las eficiencias de remoción según Carrasquero *et al* para la coagulación y floculación son las siguientes:

DQO: 94-96,4%

SST: 95-97%

TURBIDEZ: 98,6%

COLOR: 97,5%

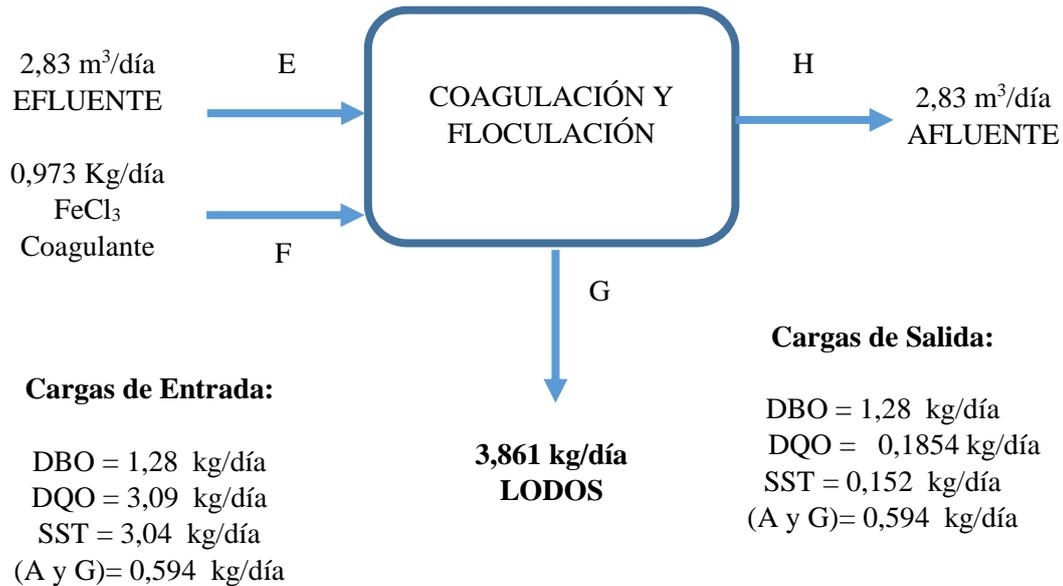


Figura N° 17: Balance de materia en la Coagulación y Floculación

En las siguientes operaciones se muestran los resultados de cada parámetro evaluado

$$G = (3,04) \times (0,95) + 0,973 \text{Kg}$$

$$G = 3,861 \text{ Kg/día}$$

“G” es la cantidad de lodos que serán removidos periódicamente de la operación de coagulación y floculación más la cantidad de coagulante utilizado.

$$DQO = (3,09) \times (0,06)$$

$$DQO = 0,1854 \text{ Kg/día}$$

$$SST = (3,04) \times (0,05)$$

$$SST = 0,152 \text{ Kg/día}$$

#### D. Balance en el Filtro de Carbón Activado

El filtro de carbón activado es la última etapa del sistema de tratamiento propuesto. Al ser de tipo terciario tiene mayor importancia ya que tiene mayores porcentajes de remoción de los componentes. Esta operación según [11] y [36] cuenta con los siguientes porcentajes de remoción:

DBO: 98%

DQO: 93%

SST: 95%

GA: 95%

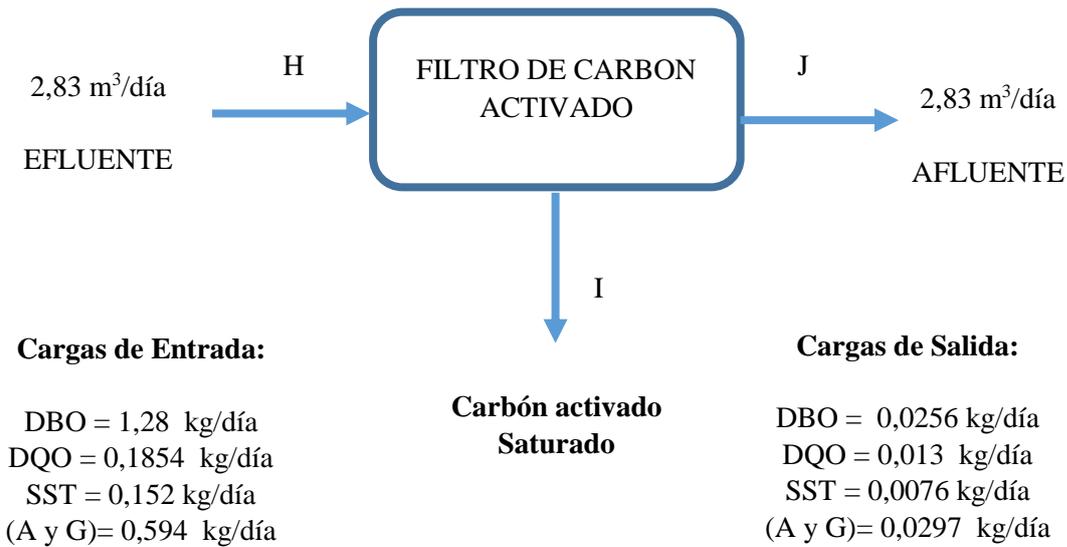


Figura N° 18: Balance de materia en el filtro de carbón activado

A continuación se muestran los porcentajes de remoción de cada uno de los parámetros evaluados

$$DBO = (1,28) \times (0,02)$$

$$DBO = 0,0256 \text{ Kg/día}$$

$$DQO = (0,1854) \times (0,07)$$

$$DQO = 0,013 \text{ Kg/día}$$

$$SST = (0,152) \times (0,05)$$

$$SST = 0,0076 \text{ Kg/día}$$

$$AyG = (0,594) \times (0,05)$$

$$AyG = 0,0297 \text{ Kg/día}$$

El DBO, DQO, SST y Aceites-Grasas obtenidos son las cargas finales después de todo el sistema de tratamiento de aguas residuales, siendo estos los porcentajes que no se pueden remover de las aguas residuales. Aun con esos porcentajes no removidos el agua tratada queda lista para ser reutilizada en el lavado de automóviles.

### 3.3.2.3. PARÁMETROS FINALES DEL BALANCE DE MATERIA

En la tabla N° 39 se muestra el resumen comparativo de los parámetros finales obtenidos después del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto en el servicio de lavado Servicentro San miguel, con los Valores Máximos Admisibles dados por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

Tabla N° 39: Comparación de parámetros finales

Parámetro	Unidad	Parámetro del agua residual de Servicentro San Miguel	Parámetro del agua residual tratada en el sistema propuesto	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
DBO	mg/L	629,2	9,05	500
DQO	mg/L	1333,28	4,68	1000
SST	mg/L	1265,28	2,69	500
Aceites y Grasas	mg/L	238,6	10,49	100

Con esta comparación se determinó que los parámetros de las aguas residuales del servicio de lavado después de pasar por el sistema de tratamiento se encuentran dentro de los Valores Máximos Admisibles, tal como se muestra en la tabla N° 39. Además se realizó la comparación con la normativa para la reutilización de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos, concluyendo que si se quiere reutilizar el agua tratada se debería reutilizar para la misma función (lavado vehicular) u otro donde no se exija que el agua residual cumpla altos estándares de calidad (sanitarios).

### 3.3.2.4. INDICADORES ECOEFICIENTES DE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA EMPRESA

Según el análisis de la proyección realizada se determinó las diferentes capacidades:

**Capacidad proyectada:** se relaciona con la máxima producción teórica de agua tratada que es de 2,83 m<sup>3</sup>/día (proyección hasta el año 2 022)

**Producción real:** se determinó que el caudal actualmente es: 2,17 m<sup>3</sup>/día-2 017

**Utilización:** es el porcentaje que se produce en la actualidad respecto a la utilización de la capacidad proyectada.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad proyectada}}$$

$$\text{Utilización} = \frac{2,17\text{m}^3/\text{día}}{2,83\text{ m}^3/\text{día}} \times 100$$

$$\text{Utilización} = 76,67 \%$$

**Eficiencia:** Se ha determinado dividiendo el agua residual tratada sobre el agua residual generada por el lavadero de vehículos.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Agua residual tratada}}{\text{Agua residual generada}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{2,17\text{m}^3/\text{día}}{2,17\text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\text{Eficiencia} = 100 \%$$

Eficiencia = 100 % se tratará toda el agua residual generada

Luego de haber hallado los indicadores de utilización del sistema de tratamiento, se calculó la eficiencia de reutilización del agua residual tratada.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Agua residual tratada reutilizada}}{\text{Agua residual tratada}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{2,17\text{m}^3/\text{día}}{2,17\text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\text{Eficiencia} = 100 \%$$

Por tanto la eficiencia del 100% indica que toda el agua tratada será reutilizada en el servicio de lavado de vehículos, principalmente en la etapa de lavado.

### **3.3.2.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

Al no tener, el servicio de lavado Servicentro San Miguel, un sistema de tratamiento para sus aguas residuales se optó primero por definir cuáles serían las operaciones necesarias para obtener aguas tratadas que cumplan con los VMA establecidos por ley. Para ello se utilizó la metodología de factores ponderados. Seguido a eso se hizo un balance de materia para cada operación elegida, con la finalidad de observar si los porcentajes de remoción son los suficientes para que los parámetros alcancen los VMA. En este punto se detallan las medidas y el diseño de los equipos que tendrá el sistema de tratamiento, además del recorrido que las aguas residuales del lavado van a realizar por el sistema de tratamiento. Así mismo, el caudal máximo es el dato que más se ha usado para determinar el dimensionamiento de los equipos.

#### **A. Pre-Tratamiento**

Para la retención de los sólidos gruesos y sólidos finos es necesario la construcción de un canal, es por ello que se utilizó el software Hcanales para el diseño del canal de entrada. Además este canal estará conformado por el desbaste de finos y el desbaste de gruesos, los cuales se diseñaron de acuerdo a las especificaciones técnicas de la norma peruana OS.090.

- a. Desbaste:** El agua residual primero pasará a través del desbaste de grueso, el cual estará construido por barras metálicas de 12 milímetros de espesor, dispuestas paralelamente y espaciadas 40 milímetros unas de otras. Luego le seguirá un desbaste de finos, el cual también estará construido por barras metálicas de 12 milímetros pero espaciadas 20 milímetros unas de otras. Ambos contarán con un ángulo de inclinación de 45° y utilizarán un número de barras de 5 y 9 respectivamente.
- b. Desengrasado y desaceitado:** EL agua residual luego de haber pasado por ambos desbastes se dirige al desengrasado y desaceitado o también conocido como trampa de grasas y aceites. El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido.

Para el diseño se utilizó el caudal máximo pronosticado anteriormente, llegando a tener una profundidad de 1 m y un ancho y largo de 1 m y 1,8 m respectivamente. Las grasas concentradas serán almacenadas en contenedores para posteriormente pasar a un vertedero.

## **B. Tratamiento Primario**

Una vez culminado el pre-tratamiento las aguas residuales pasan a un primer tanque, que es el de coagulación y floculación. Las dimensiones se obtuvieron gracias al caudal diario en horas y el tiempo de retención también en horas. Una vez el agua residual esté en el tanque se añade un coagulante llamado Cloruro Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) el cual desestabilizará las partículas suspendidas y permitirá que se aglomeren para luego formar los floculos. Para complementar la adición del coagulante se requiere del mezclado para poder destruir la estabilidad de las partículas, para esto se utilizará un agitador mecánico. El tanque será fabricado de acero inoxidable de 3 mm de espesor.

## **C. Tratamiento Terciario**

Tiene como objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en curso de agua favorece la eutrofización. No todos los sistemas de tratamiento tienen esta etapa ya que dependerá de la composición del agua residual y el destino que se le dará.

- a. Filtro de carbón activado:** Para Servicentro San Miguel se ha seleccionado una filtración con carbón activado para que forme parte de la última etapa del sistema de tratamiento propuesto por los diferentes factores evaluados anteriormente.

## D. Sistema de Tratamiento Propuesto

En la figura N° 19 se muestra el sistema de tratamiento propuesto para la empresa de lavado de automóviles Servicentro San Miguel, donde las letras B, C y D son las etapas del pre-tratamiento. En el caso de la letra E es la etapa del tratamiento primario y terminando con la letra F que es el tratamiento terciario.

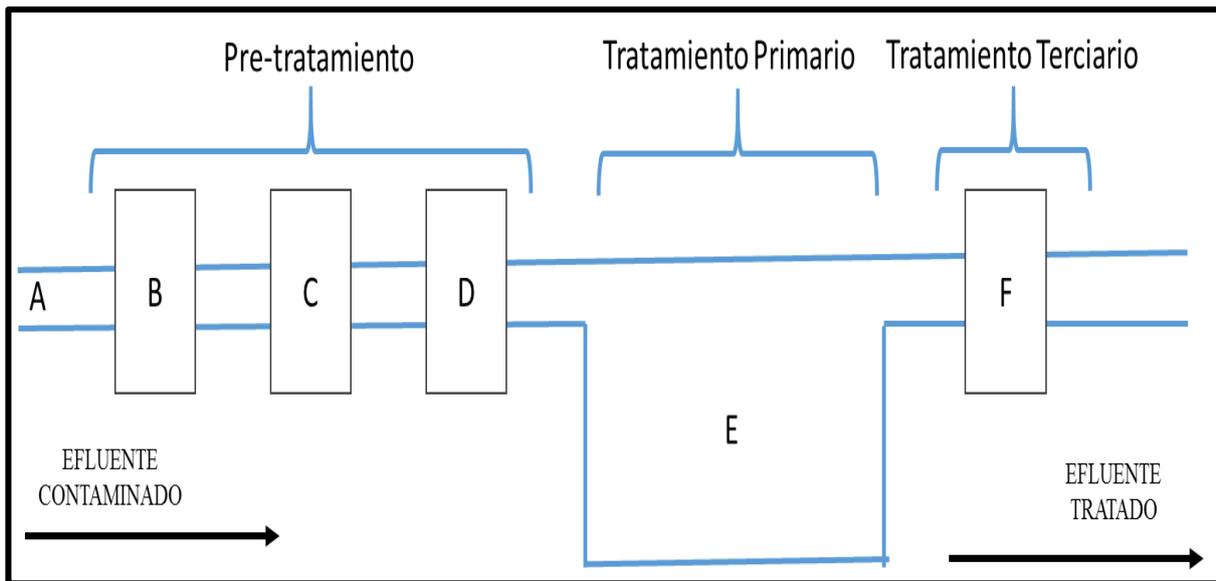


Figura N° 19: Sistema de tratamiento para las aguas residuales del servicio de lavado de la empresa Servicentro San Miguel

A: Efluente

B: Desbaste gruesos

C: Desbaste de finos contaminado

D: Desaceitado y desengrasado

F: Filtro de carbón Activado

E: Coagulación y floculación

### 3.3.3. DIMENSIONES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### A. Dimensiones de Pre Tratamiento

##### a. Canal de entrada:

El diseño se realizará en base al caudal máximo horario según la norma, el cual se calculó tomando como dato principal el volumen de efluente de al año 2022 (1018,08 m<sup>3</sup>/año).

Tabla N° 40: Caudales mínimos, medios y máximos pronosticados en el servicio de lavado Servicentro San Miguel

Caudales proyectados en Servicentro San Miguel				
Caudales	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s
Caudal mínimo	83,34	2,78	0,348	0,000097
Caudal promedio	84,84	2,83	0,354	0,000098
Caudal máximo	86,34	2,88	0,36	0,0001

El canal de conducción propuesto es a cielo abierto y sección rectangular. El cual estará en la parte inferior de las rampas de lavado.

Los datos digitados en el software Hcanales para el diseño son los siguientes:

-Caudal máximo horario: 0,0001 m<sup>3</sup>/s

-Coeficiente de rugosidad de Manning (concreto): 0,016.

-Ancho de solera: 0,30 m (ancho del canal de acuerdo a los sólidos que se puedan generar en el paso por las rejas de desbaste)

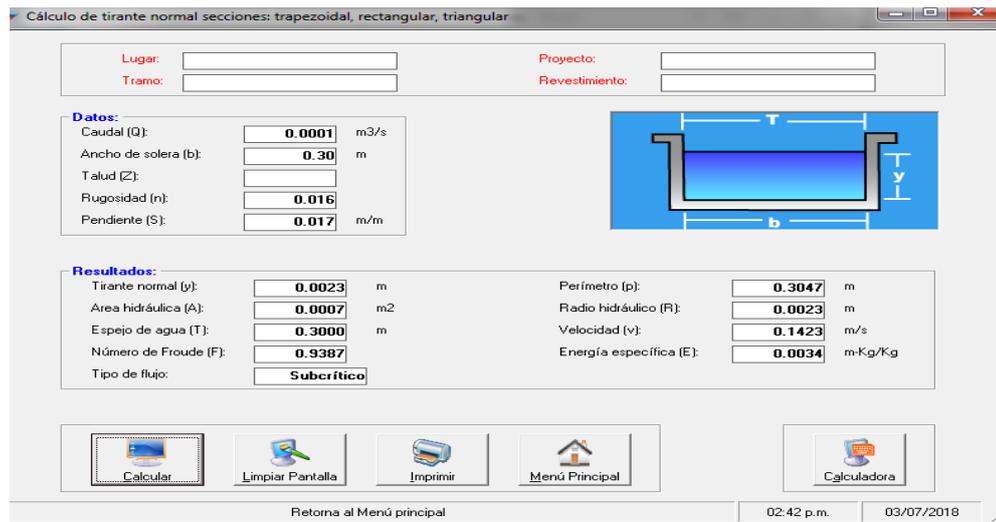


Figura N° 20: Software Hcanales con vista de los datos ingresados para el diseño del canal de entrada.

Las dimensiones del canal de entrada que nos arroja el software se muestran en la tabla N°41, además la altura del canal será igual a 0,30 m y la longitud del canal está relacionada con la distancia a la que se encontrará el sistema de tratamiento en Servicentro San Miguel.

**Tabla N° 41: Resultados para el diseño del canal de entrada**  
Dimensiones del Canal de entrada

Ancho del canal	0,30 m
Altura del canal	0,30 m
Tirante normal	0,0023 m
Área Hidráulica	0,0007 m <sup>2</sup>
Espejo de agua	0,30 m
Perímetro mojado	0,3047 m
Radio hidráulico	0,0023 m
Velocidad	0,1423

**b. Desbaste de Gruesos y Finos**

Para el diseño de las rejillas de desbaste gruesos y finos se tomaron como referencia las especificaciones técnicas de la norma peruana OS. 090, ver tabla N° 42, y las ecuaciones de diseño, ambas se muestran a continuación:

**Tabla N° 42: Parámetro técnico para el diseño de desbastes**

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	RANGO	RECOMENDADO	
			Gruesos	Finos
Espaciamiento entre barras (s)	mm	20-50	40	20
Espesor de las barras ( a)	mm	5-15	12	12
Velocidad de aproximación	m/s	0,3 – 0,6	0,45	0,5
Angulo de inclinación	grados	45 - 60	45	45

Fuente: Norma técnica OS.090

**Cálculo de área libre entre barras (A<sub>L</sub>)**

$$A_L(m^2) = \frac{Q_{m\acute{a}s}}{V_{R.L}}$$

**Dónde:**

**Q<sub>máx</sub>** = Caudal máximo horario (m<sup>3</sup>/s)

**V<sub>RL</sub>** = Velocidad de rejilla limpia (m/s)

**Tirante del flujo en el canal (h)**

$$h(m) = \frac{A_L}{b}$$

Donde:

A<sub>L</sub> = Área libre entre barras (m<sup>2</sup>)

b = Ancho del canal de entrada

### Alturas de las rejjas (H)

$$H(m) = h \times \sin(\alpha)$$

Donde:

h = tirante del flujo en el canal (m)

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de las rejjas

### Numero de barras que conforman las rejjas (N°)

$$N^\circ = \frac{b - s}{s + a}$$

Donde:

b = Ancho de canal de entrada (m)

s = Espaciamiento entre barras (m)

a = Diámetro de barras (m)

Las ecuaciones servirán tanto para cálculo de las dimensiones del desbaste de gruesos como el desbaste de finos. A continuación en la tabla N° 43, se muestra los resultados del dimensionamiento de las rejjas de desbaste grueso usando las ecuaciones mostradas anteriormente.

Tabla N° 43: Dimensiones de las rejjas de desbaste de gruesos	
Cálculos	Resultados
Cálculo del área libre ( $A_L$ ):	
$A_L(m^2) = \frac{0,0001 m^3/s}{0,45 m/s}$	0,0002 m <sup>2</sup>
Tirante del flujo en el canal (h)	
$h(m) = \frac{0,0002 m^2}{0,30 m}$	0,00067 m
Alturas de las rejjas (H):	
$H(m) = 0,00067 \times \sin(45)$	0,00047 m
Numero de barras que conforman las rejjas	
$N^\circ = \frac{0,30 - 0,040}{0,040 + 0,012}$	5

Mientras que la tabla de N° 44 se muestra los resultados de las dimensiones del desbaste de finos.

Cálculos	Resultados
Cálculo del área libre ( $A_L$ ):	
$A_L(m^2) = \frac{0,0001 m^3/s}{0,5 m/s}$	0,0002 m <sup>2</sup>
Tirante del flujo en el canal (h)	
$h(m) = \frac{0,0002 m^2}{0,30 m}$	0,00067 m
Alturas de las rejjas (H):	
$H(m) = 0,00067 \times \sin(45)$	0,00047 m
Numero de barras que conforman las rejjas	
$N^\circ = \frac{0,30 - 0,020}{0,020 + 0,012}$	9

### c. Trampa de Grasas y Aceites

Para el diseño de la trampa de lodos y grasas se tomó en referencia de las especificaciones técnicas de la norma del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 2 006, Ver Tabla N° 45.

Tabla N° 45: Dimensiones de la trampa de grasas y lodos

PARÁMETRO	RANGO O VALOR RECOMENDADO
Relación largo/ ancho	2:1 – 3:2
Profundidad del líquido (m)	>0,08 m
Altura de la entrada del agua por debajo del nivel del líquido (m)	0,15
Diferencia entre la tubería de ventilación para la salida del techo	< 0,05
Altura desde la entrada de la tubería de salida y fondo del tanque (m)	0,08 – 0,15
Distancia entre el nivel del líquido y el techo (m),	> 0,30
Capacidad mínima (L)	380 L
Volumen máximo de acumulación de grasas	1/3 del volumen total
Tiempo de retención (min)	2,5 – 3,0

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006. [38]

Rivas [39] en su investigación propone los siguientes criterios de diseño basándose en los caudales de entrada y en las especificaciones técnicas mostradas en la tabla anterior (Tabla N°45), estos criterios se muestran en la Tabla N° 46.

Tabla N° 46: Dimensiones recomendadas para trampas de grasa según caudal de diseño

Rango de caudales (L/s)	Volumen de trampa de grasa	Dimensiones estimadas (m)		
		Profundidad (H)	Ancho ( A)	Largo (L)
<1	1,80	1,5	1,00	1,20
		1,0	1,00	1,80
1 a 2	3,6	1,5	1,10	2,20
2 a 3	5,40	2,0	1,13	2,40
3 a 4	7,20	2,0	1,45	2,50
4 a 5	8,10	2,0	1,50	2,70
5	9,12	2,0	1,60	2,85

Sabiendo que el caudal máximo pronosticado es 0,0001 m<sup>3</sup>/s o 0,1 L/s, ver tabla N° 40, entonces las dimensiones para el diseño de la trampa de grasas propuesto son las seleccionadas en la tabla N° 46. Además, en el anexo N° 38 se pueden observar las diferentes vistas de la trampa de grasas con sus respectivas medidas.

## B. Dimensiones de Tratamiento Primario

### a. Dimensiones del Tanque de Coagulación-Floculación

Como parámetro básico de diseño para calcular el volumen del tanque se toma el tiempo de residencia necesario para la coagulación y floculación, según [11] es de 40 min (10 min para la coagulación y 30 min para la floculación). El volumen del tanque de coagulación y floculación se calcula mediante la siguiente ecuación.

#### Volumen del tanque

$$V = \text{Caudal diario (h)} \times \text{tiempo retención (h)}$$

Realizando cálculos:

$$V = 0,36 \text{ m}^3/\text{h} \times 40 \text{ min} \times 1\text{h}/60 \text{ min}$$

$$V = 0,24 \text{ m}^3$$

Se sobredimensiona el valor obtenido para evitar problemas derivados de la formación de vórtices en el líquido. Por simplicidad, el tanque de coagulación según es preferible que sea cilíndrico y se considera que el diámetro sea igual a su altura. Entonces las dimensiones finales son las siguientes.

- ✓ Volumen: 0,48 m<sup>3</sup>
- ✓ Diámetro: 0,85 m
- ✓ Altura: 0,85 m

Para evitar fenómenos de corrosión y dotar a la estructura del tanque del grado de grosor adecuado utiliza un acero inoxidable de AISI 316 de 3 mm de espesor. Una agitación rápida y de tiempo reducido producirá una mezcla óptima de los reactivos favoreciendo el proceso de coagulación, por lo que considera como velocidad mínima de agitación de 90 rpm.

Es importante considerar que la velocidad de agitación necesaria para el proceso de floculación es menor que para la coagulación, por lo que será necesario disminuir las rpm del agitador a un mínimo de 40 rpm. Además, se puede observar en el anexo N°39 las diferentes vistas del tanque de coagulación-floculación con sus respectivas medidas.

#### **b. DIMENSIONES DE AGITADOR**

Varios tipos de recipientes y tanques de diferentes formas y tamaños geométricos se utilizan para el mezclado de fluidos. La Figura N° 21 muestra la configuración estándar de un tanque de mezcla [40].

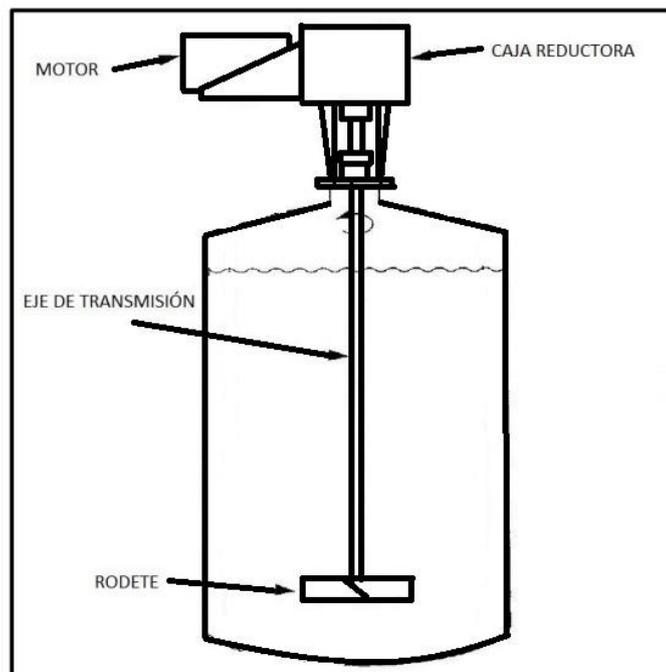


Figura N° 21: Configuración estándar de un tanque de mezcla  
Fuente: Paul, Ateimo-Obeng & Kresta, 2004

La Figura N° 23 muestra las variables dimensionales a considerar para la configuración mostrada en la Figura N°21. La figura N° 22 se muestra las proporciones geométricas de estas dimensiones para un sistema de agitación estándar [41].

$\frac{D_A}{D_T} = \frac{1}{4}$	$\frac{H}{D_T} = 1$
$\frac{E}{D_A} = 1$	$\frac{W}{D_A} = \frac{1}{8}$

Figura N° 22: Proporciones geométricas de un sistema de agitación estándar  
Fuente: Coker [41].

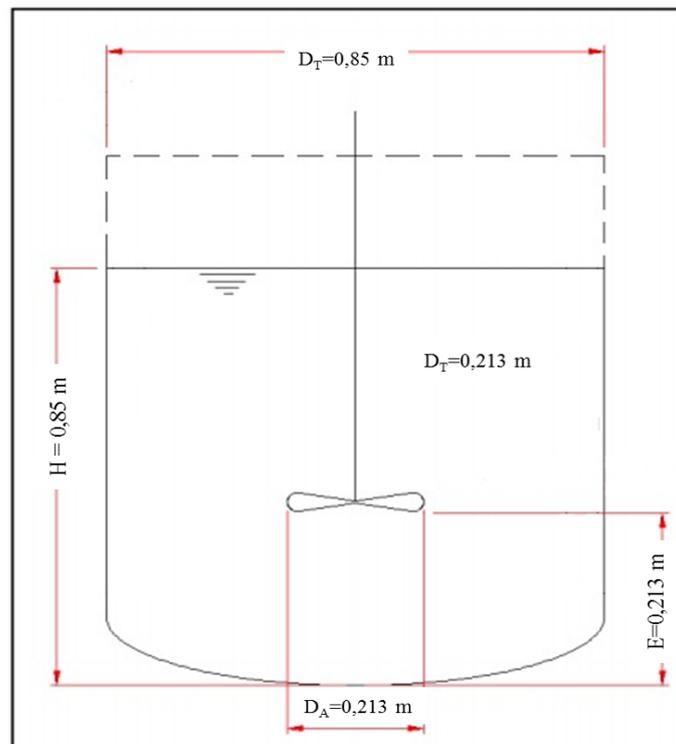


Figura N° 23: Variables dimensionales  
Fuente: Coker [41].

Dónde,

$D_T$ : Diámetro del tanque

H: Altura del líquido

$D_A$ : Diámetro del agitador

E: Distancia del fondo del tanque hasta base de las palas

W: Ancho de las espas de la turbina o agitador de paletas

Entonces las medidas para el agitador son las siguientes:

DA: 0,213 m

E: 0,213 m

### c. Dimensiones del Tanque de Lodos

El sistema requiere un tanque para almacenar los lodos generados en la coagulación-floculación, para el diseño se considera la cantidad de lodo generado y el tiempo que se almacenará en el tanque. El tiempo que la empresa dispone para llevar los lodos a un posterior tratamiento es de una semana. Además, se sabe que la coagulación-floculación genera 3,861 kg/día de lodos. Según [42] la densidad del lodo residual es 1020 kg/m<sup>3</sup>, el volumen diario 0,00378 m<sup>3</sup> o su equivalencia en 3,78 litros por día, siendo una cantidad a la semana de 26,46 litros.

Volumen del tanque de lodos = Volumen real x 1,2

Volumen del tanque de lodos = 26,46 L x 1,2

Volumen del tanque de lodos = **31,7 L**

$$r = \sqrt[3]{\frac{0,0317 \text{ m}^3}{2\pi}}$$

$$r = 0,1715$$

$$D = 0,34 \text{ m}$$

Siendo las dimensiones: 0,34 m para el diámetro y 0,34 m para la altura. Los lodos almacenados en el tanque serán recolectados por una empresa prestadora de servicio (EPS) para su posterior tratamiento. En el anexo N°42 se pueden observar las diferentes vistas del tanque de lodos junto con sus respectivas medidas.

## C. Dimensiones de Tratamiento Terciario

### a. Filtro de Carbón Activado

Es la última etapa que pasa el agua residual antes de poder ser reutilizada en el mismo servicio de lavado de vehículos. EL agua proveniente del tanque de floculación pasa por el filtro de carbón activado el cual retiene contaminantes orgánicos, incluyendo los que dan sabor, olor y color. Entre los principales grupos

de contaminantes están los detergentes, hidrocarburos, grasas y aceites disueltos. La función del equipo de carbón activado es la de remover contaminantes del agua por medio de adsorción. La adsorción es el proceso mediante el cual la materia se adhiere a la superficie de un adsorbente, en este caso el carbón activado. A continuación se muestra el equipo de carbón activado de 8" x 40" [43], el cual tiene las siguientes dimensiones:

Tabla N° 47: Dimensiones de Equipo de carbón activado 8"x40"

Tanque:	Polyglass 8" diámetro x 40" altura	Polyglass 0,2032mx 1,016m
Volumen del medio filtrante:	0,75 ft3, Carbón activado de cascara de coco	2123,76 litros
Volumen del tanque:	1,16 ft3 (pies cúbicos)	3284,75 litros
Área del tanque:	0,35 ft2 (pies cuadrados)	3,252 m <sup>2</sup>
Flujo para dechloración:	13,20 LPM, ( 3.49 GPM )	
Flujo para olores y sabores:	7,93 LPM, ( 2.09 GPM )	

Fuente: Carbotecnia S.A.



Figura N° 24: Equipo de carbón activado de 8" x 40"  
Fuente: Carbotecnia S.A.

### 3.3.4. Reutilización de Agua Tratada

Después de que las aguas residuales han pasado por el sistema de tratamiento se almacenaran en un tanque rotoplas para luego pasar a ser reutilizadas. Para reutilizar las aguas tratadas del servicio de lavado de vehículos según Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos [21] se necesita cumplir con los valores máximos admisibles para descargas al alcantarillado descritas en el Decreto Supremo N°001-2015-Vivienda [38]. El agua tratada será reutilizada en la misma actividad del lavado vehicular, directamente en la etapa de lavado. Según el indicador de eficiencia de reutilización anteriormente determinado el volumen a reutilizar será del 100%, es decir que se reutilizara toda el agua tratada. A continuación se muestra el tanque de 2 800 L que se va a utilizar, ver anexo N°26.



Figura N° 25: Dimensiones del Tanque Rotoplas

Con el objetivo de evitar posibles efectos acumulativos en las tuberías MinAqua [44] recomienda que para definir el número de veces en que se puede reutilizar el agua tratada en el servicio de lavado, primero se debe hacer un seguimiento de la calidad del agua tratada, utilizando análisis físico-químicos, análisis microbiológicos, turbidez y temperatura. Es por ello que el número de veces que se reutilizara el agua tratada es de 1 vez. Sin embargo esta única reutilización podría aumentar si los resultados de seguimiento son favorables, es decir cumplen con los valores máximos admisibles dados por ley.

### 3.3.5. MAQUINARIAS Y EQUIPOS

#### A) Bombas

Serán necesarias 2 bombas centrífugas de 0,5 HP, una para el transporte del agua residual desde las trampas de grasa hasta el tanque de coagulación-floculación, y una segunda para el transporte de las aguas tratadas hacia el tanque de almacenamiento. Para el transporte de lodos no se necesitará ninguna bomba porque los lodos serán eliminados por medio de tuberías hacia el tanque de lodos, el cual se encontrará a un nivel inferior para que los lodos se descarguen por gravedad. Se utilizarán bombas de la marca TRUPER, por ser una de las marcas más reconocidas por su calidad dentro del mercado, además porque tiene una capacidad de 23 m como altura máxima, ver anexo N° 27.



Figura N° 26. Bomba centrífuga de 0,5 HP.

Fuente: TRUPER

#### B) Motor para Agitadores

Para el tanque de coagulación-floculación se utilizará equipos para agitación como son el motor y el eje de agitación, lo cual permitirá que el coagulante realice su función correctamente. Por el tamaño del tanque y el volumen a mezclar la potencia de motor con la que se va a trabajar es de 0,37kW así lo recomienda Fluidmix [44].



Figura N° 26: Motor eléctrico 0,37kW

Fuente: Soluciones y Servicio.biz

### 3.3.6. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA. METODO GUERCHET

Con las dimensiones calculadas de todos los equipos para el sistema de tratamiento, a partir de tres superficies principales, se hallará el área total que ocupará toda el sistema de tratamiento, para esto se hará uso del método Guerchet ayudando a determinar de manera general las áreas principales para los equipos del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto:

**-Superficie estática (Ss):** Esta es la superficie productiva, es decir el área que ocupan físicamente los equipos, maquinas e instalaciones.

$$Ss = A \times L$$

**-Superficie de gravitación (Sg):** Es la superficie utilizada por los operarios que laboran en la planta de tratamiento. Esta superficie se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados (N) de cada equipo utilizado.

$$Sg = Ss \times N$$

**-Superficie de evolución (Se):** Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y paso de los caudales.

$$Se = k \times (Ss + Sg)$$

Donde “k” es una constante propia del proceso determinada a partir de la altura promedio de los elementos que se desplazan entre el doble de la altura promedio de los elementos que permanecen fijos.

**-Superficie total (St):** Es la suma de las tres superficies antes mencionadas teniendo en cuenta todos los puestos involucrados en la planta de tratamiento.

$$St = Ss + Sg + Se$$

Tabla N° 48: Método de Guerchet para la instalación del sistema de tratamiento de aguas residuales en Servicentro San Miguel

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (L)	SS	SG	Altura (h)	SE	S	ST
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	1		0,5	1	0,5		1,65			2,15
<b>Elementos fijos</b>										
Desbaste finos	1	2	0,9	0,3	0,27	0,54	0,3	0,93	1,74	1,74
Desbaste gruesos	1	2	0,9	0,3	0,27	0,54	0,3	0,93	1,74	1,74
Trampa de grasas	1	2	1,8	1	1,8	3,6	1	6,21	11,61	11,61
Tanque de coagulación	1	2	0,85	0,85	0,7225	1,445	0,85	2,49	4,66	4,66
Filtro de carbón activado	1	2	0,2032	0,2032	0,0413	0,0826	1,02	0,142	0,266	0,266
Tanque agua tratada	1	2	1,56	1,56	2,4336	4,8672	1,78	8,39	15,70	15,70
Tanque de lodos	1	2	0,34	0,34	0,1156	0,2312	0,34	0,40	0,75	0,75
Bombas	2	2	0,2	0,08	0,016	0,032	0,15	0,06	0,10	0,21
<b>Superficie Total m<sup>2</sup></b>										<b>38,82</b>

En la tabla N°48 se muestran las medidas de los equipos y maquinas necesarias para la propuesta del sistema de tratamiento. Además, en la tabla N°48 se obtiene el área total para la puesta en marcha de la propuesta. En el anexo N° 40 se detalla el área utilizada para la propuesta.

### 3.4. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO ECONÓMICO AMBIENTAL DE LA PROPUESTA

Al finalizar con el objetivo de diseño del sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales se procede a evaluar si la propuesta puede ser aplicada en el servicio de lavado de automóviles Servicentro San Miguel. Según la capacidad proyectada para el año 2022 la capacidad de tratamiento de aguas residuales será de 2,83 m<sup>3</sup>/día, lo cual permitirá minimizar la contaminación ambiental. El sistema de tratamiento a aplicar cuenta con un desbaste de finos y gruesos, trampa de grasas, coagulación-floculación y termina con un filtro de carbón activado. Las aguas tratadas serán almacenadas en un tanque rotoplas para ser reutilizadas en el mismo servicio de lavado.

### **3.4.1. COSTO DE INVERSIÓN DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Para determinar los costos de inversión se consideran los siguientes aspectos importantes: El primero es la inversión tangible la cual está conformada por los costos en obras de ingeniería civil, equipos y maquinaria para el tratamiento de las aguas residuales, los accesorios para la instalación y el recurso humano. Como segundo aspecto está la inversión intangible, que está conformada por los gastos de la empresa y puesta en marcha del sistema de tratamiento. Los costos para la propuesta se dan en base a los metros calculados vistos en la tabla N° 48. Esta propuesta no necesita de una amplia área para su funcionamiento, ya que puede trabajar en un área limitada, por tanto el área necesaria para su instalación según el método Guerchet es de 38,82 m<sup>2</sup>.

#### **3.4.1.1. INVERSIONES TANGIBLES**

Para garantizar un óptimo funcionamiento de la propuesta primero se debe de asegurar un área de terreno adecuada para la instalación de equipos y maquinarias del sistema de tratamiento. Las principales obras de ingeniería civil que se necesitan realizar para la puesta en marcha de la propuesta son las siguientes:

- Construcción de muros y columnas: placas de concreto E = 10 cm, albañilería, ladrillos, columnas, vigas de amarre de concreto armado.
- Techo: calamina metálica fibrocemento sobre viguería metálica.
- Pisos: cemento pulido, ladrillo y entablado.
- Revestimiento: pintado en ladrillo rústico, placa de concreto o similar.

Los precios que se muestran a continuación en la tabla N° 49 son los Valores Unitarios Oficiales de Edificación para las localidades de la Costa, vigentes para el ejercicio fiscal 2018, dadas por el ministerio de Vivienda. Estos precios aplican por metro cuadrado de área techada, ver anexo N° 1 de la Resolución Ministerial N° 415-2017-Vivienda.

Tabla N° 49: Inversión en Obras de ingeniería civil

Descripción de recurso	Unidad	Metrado	Precio (S/)	Total (S/)
Estructuras				
Muros y columnas	m <sup>2</sup>	18	213,23	3 838,14
Techos	m <sup>2</sup>	22,75	99,84	2 271,36
Acabados				
Pisos	m <sup>2</sup>	20	22,66	453,2
Revestimiento	m <sup>2</sup>	21	19,28	404,88
TOTAL				6 967,58

Fuente: Resolución Ministerial N° 414-2017-Vivienda

Tabla N° 50: Inversión en obras de concreto

Descripción de recurso	Unidad	Metrado	Precio (S/)	Total (S/)
Canal de entrada				
Excavación manual	m <sup>3</sup>	1,33	11,68	15,53
Concreto F'C = 100 kg/cm <sup>2</sup> para solado	m <sup>3</sup>	0,44	98,47	43,32
Concreto F'C = 280 kg/cm <sup>2</sup> con cemento Portland tipo V.	m <sup>3</sup>	0,88	157,42	138,52
Encofrado y Desencofrado	m <sup>2</sup>	4,4	5,35	23,54
Tarrajeo con impermeabilizante, espesor 0,015 m.	m <sup>2</sup>	4,4	13,34	58,69
TOTAL(1)				279,6
Cámara de Rejas de Desbastes				
Barras de fierro	und	1	21,88	21,88
Varillas de soldadura	und	10	5	50
TOTAL(2)				71,88
Trampa de aceites y grasas				
Excavación manual	m <sup>3</sup>	1,8	11,68	21,02
Concreto F'C = 100 kg/cm <sup>2</sup> para solado	m <sup>3</sup>	0,18	98,47	17,72
Concreto F'C = 280 kg/cm <sup>2</sup> con cemento Portland tipo V.	m <sup>3</sup>	0,56	157,42	88,15
Encofrado y Desencofrado	m <sup>2</sup>	5,6	5,35	29,96
Tarrajeo con impermeabilizante, espesor 0,015 m.	m <sup>2</sup>	5,6	13,34	74,7
TOTAL(3)				231,55
TOTAL (1+2+3)				583,03

Fuente: Moscoso y Alfaro [46]

En la tabla N° 50 se detallan las obras de concreto que se realizarán una vez preparado el terreno, como son el canal de entrada, las cámaras de rejillas de desbaste y la trampa de grasas. Estos precios son utilizados por Moscoso y Alfaro [46] para una planta de

tratamiento de aguas residuales. Siguiendo con la inversión tangible en la tabla N° 51 se detallan las características y costos de inversión de los equipos y maquinas necesarios para el sistema de tratamiento propuesto. Así como el costo de las bombas centrifugas las cuales se utilizarán para el transporte de lodos y la conducción del agua residual a tratar y el motor para la agitación del coagulante.

Tabla N° 51: Inversión de equipos y máquinas

Equipos y/o maquinas	Cantidad	Unidades	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
Tanque de Coagulación-Floculación	1	Unid.	S/ 1 847	S/ 1 847
Agitador para tanques	1	Unid.	S/ 135	S/ 135
Tanque de lodos	1	Unid.	S/ 1 119,5	S/ 1 119,5
Filtro de carbón activado	1	Unid.	S/ 439	S/ 439
Tanque rotoplas	1	Unid.	S/ 1 847	S/ 1 847
Motor para agitadores	1	Unid.	S/ 375	S/ 375
Bomba centrifuga	2	Unid.	S/ 2 181	S/ 2 181
TOTAL				S/7 943,5

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que para la propuesta las tuberías serán de PVC, ya que así lo recomienda la norma OS.90. Estas tuberías tienen la característica de que permiten que los lodos puedan fluir fácilmente, gracias a que cuentan con una superficie lisa. En la tabla N° 52 se describen cada uno de los accesorios que serán utilizadas en el sistema de tratamiento.

Tabla N° 52: Accesorios para el sistema de tratamiento

Accesorio	Cantidad	Especificaciones	Costo unitario	Costo Total (S/)
Tuberías PVC	18 m	$\varnothing = 3''$	12,0	216
Válvula check	1	$\varnothing = 3''$	50	50
Codos	10	$\varnothing = 3''$	4,5	45
Tee's	5	$\varnothing = 3''$	5	25
Válvulas esféricas	6	$\varnothing = 3''$	20	120
TOTAL				456

En la tabla N° 53 se muestra la inversión total tangible del sistema de tratamiento:

Tabla N° 53: Inversión Tangible

N°	ASPECTOS A CONSIDERAR	Costo Total (S/)
I	Obras de ingeniería civil	S/ 6 967,58
II	Obras de concreto	S/ 583,03
III	Equipos y maquinaria	S/ 7 943,5
IV	Accesorios	S/ 456
TOTAL		S/ 15 950,11

### 3.4.1.2. INVERSIONES INTANGIBLE

En la tabla N°54 se muestran los costos intangibles para el sistema de tratamiento, aquí se consideraron los siguientes: el análisis físico químico para las aguas residuales, siendo el más importante porque ayuda a determinar si las aguas residuales exceden o no los valores máximos admisible. También están los estudios de ingeniería, en estos costos se consideran los materiales y asesorías para realizar la investigación y por último están los costos de entrenamiento de personal, que es especialmente para el manejo del sistema y la adición del coagulante para estos costos se obtuvo un total de S/ 1 726 nuevos soles.

Tabla N° 54: Inversiones Intangibles

Descripción	Costos (S/)
Estudios de ingeniería	S/ 1 200
Análisis Físico-Químico	S/ 226,8
Gastos de entrenamiento de personal	S/ 300
TOTAL	S/ 1 726

Por lo tanto en la tabla N°55 se muestra la inversión total requerida para llevar a cabo el presente proyecto, la cual asciende a la suma de S/18 393,15 calculado a partir de la suma de las inversiones tangibles y las inversiones intangibles.

Tabla N° 55: Inversión total para la propuesta

Inversión Tangible	S/ 15 950,11
-Obras de ingeniería civil	S/ 6 967,58
-Obras de concreto	S/ 583,03
-Equipos y maquinaria	S/ 7 943,5
- Accesorios	S/ 456
Inversión Intangible	S/ 1 726
Estudios de ingeniería	S/ 1 200
Análisis Físico-Químico	S/ 226,8
Gastos de entrenamiento de personal	S/ 300
Imprevistos (4%)	S/ 707
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 18 383,15</b>

### **3.4.2. SANCIONES Y MULTAS POR CONTAMINAR LOS RECURSOS HÍDRICOS**

#### **a) Autoridad Nacional del Agua**

En este punto se describe la sanción que sería establecida por el ANA (Autoridad Nacional del Agua) al servicio de lavado de vehículos por no cumplir con las disposiciones contenidas en el Reglamento de Recursos Hídricos-Ley 29338. En la tabla N° 4 se detalla el tipo de infracción, las características de cada infracción y las multas expresadas en UIT. Según nos muestra la tabla N° 4 la empresa Servicentro San Miguel se encuentra en una infracción grave, debido a que efectúa vertimientos de aguas residuales en los cuerpos de agua con excesiva contaminación (Sobrepasando los valores máximos admisibles, VMA), lo cual haría que tenga una multa de 5 UIT que equivale a S/ 20 750 nuevos soles, donde la UIT para el 2 018 equivale a 4 150 nuevos soles.

#### **b) SUNASS: Pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en Anexo 1 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA**

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) es el ente regulador y supervisor que sanciona a las empresas que no cumplan con los Valores Máximos Admisibles dado por el Ministerio de Vivienda, al momento de descargar el agua residual al alcantarillado. Este es el caso de la empresa Servicentro San Miguel, la cual no cuenta con ningún tipo de tratamiento que ayude a minimizar el impacto negativo de sus aguas residuales. Al no cumplir con los parámetros fijados por el Ministerio de Vivienda y

Construcción la empresa se haría acreedora de una multa considerable, la cual se calculará con ayuda de la metodología dada por la SUNASS. Según la metodología que se describe en el anexo N° 24, lo primero que se debe conocer es el rango en el que se encuentran los parámetros (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, A&G) del servicio de lavado, ver tabla N° 56. Conforme a los resultados de la evaluación físico-química hechas a las aguas residuales, ver tabla N° 27, se puede afirmar que los parámetros de la empresa son superiores a los fijados por el D.S N° 021-2009-VIVIENDA. Teniendo los siguientes valores: DBO<sub>5</sub>= 629,2 mg/L, DQO= 1 333,28 mg/L, SST= 1 265,28 mg/L y A&G= 238,67 mg/L. Por tanto el rango en el que se encuentra la empresa Servicentro San Miguel en los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO y A & G, es el rango 3. Mientras que para el parámetro de solidos totales suspendidos se encuentra en el rango 4.

Tabla N° 56: Definición de rangos y parámetros

Rango	Parámetros			
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	A & G
VMA (mg/L)	500	1000	500	100
Rango 1	500,1-550	1000,1-1100	500,1-550	100,1-150
Rango 2	550,1-600	1100,1-1200	550,1-600	150,1-200
Rango 3	600,1-1000	1200,1-2500	600,1-1000	200,1-450
Rango 4	1000,1-10 <sup>4</sup>	2500,1-10 <sup>4</sup>	1000,1-10 <sup>4</sup>	450,1-10 <sup>4</sup>
Rango 5	>a 10 <sup>4</sup>	>a 10 <sup>4</sup>	>a 10 <sup>4</sup>	>a 10 <sup>4</sup>

Fuente: Resolución de Gerencia General N° 054-2014-SUNASS-GG [46]

Una vez determinado el rango en el que se encuentra cada parámetro evaluado se procede a hallar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros evaluados, para ello se utilizará la ecuación 1 y la ecuación 2 del anexo N° 24. Las cuales se muestran a continuación.

$$PA = \text{Importe a facturar por alcantarillado} * F \dots (\text{Ecuación 1})$$

$$F = F_{DBO} + F_{DQO} + F_{SST} + F_{A\&G} \dots (\text{Ecuación 2})$$

Para el factor de ajuste (F) se necesita saber el factor de exceso de cada uno de los parámetros de acuerdo al rango previamente determinado, ver tabla N°57. Los factores individuales de ajuste para la empresa Servicentro San Miguel son:  $F_{DBO5} = 25\%$ ,  $F_{DQO}=35\%$ ,  $F_{SST}=200\%$  y  $F_{A\&G}=20\%$ . Entonces el factor de ajuste total para hallar el pago adicional es de 280%, al ser la suma de los factores individuales. A mayor concentración

de descarga mayor será el pago, el cual está asociado al daño generado sobre sistema de alcantarillado.

Tabla N° 57: Factor de ajuste F según rango de vertimiento

Rango	Factores individuales				Total
	F <sub>DBO</sub>	F <sub>DQO</sub>	F <sub>SST</sub>	F <sub>A&amp;G</sub>	
Asignación Porcentual	25%	35%	20%	20%	
Rango 1	6%	9%	5%	5%	25%
Rango 2	19%	26%	15%	15%	75%
Rango 3	25%	35%	20%	20%	100%
Rango 4	250%	350%	200%	200%	10 veces más
Rango 5	500%	700%	400%	400%	20 veces más

Fuente: Resolución de Gerencia General N° 054-2014-SUNASS-GG [47]

Para determinar el pago adicional faltaría hallar el importe a facturar por alcantarillado, este valor se encuentra establecido en la estructura tarifaria aprobada mediante resolución de consejo directivo N° 022-2015-SUNASS-CD. Este tarifario presenta diferentes rangos de consumo dependiendo la clase y la categoría en que se encuentre la empresa. Servicentro San miguel se encuentra en el rango de consumo de más 50 m<sup>3</sup> al mes, además de encontrarse en la categoría de doméstico. En la tabla N° 58 se detalla el importe a facturar para 65,2 m<sup>3</sup> mensual por servicio de alcantarillado sin considerar IGV.

Tabla N° 58: Cálculo de importe a facturar por servicio de alcantarillado

Rango de m <sup>3</sup> /mes	S/. m <sup>3</sup> unitario	m <sup>3</sup>	S/. m <sup>3</sup> total	IGV	Total
0 a 10	0,504	0	-		
10 a 25	0,586	0	-		
25 a 50	1,293	0	-		
50 a más	2,193	65,2	142,98		
Total		65,2	142,98	0	142,98

Entonces el importe a facturar por servicio de alcantarillado es de S/ 142,98 nuevos soles al mes, lo cual significaría un pago de S/ 1 715,8 al año.

Por último quedaría determinar el pago adicional por exceso de concentración al año de los parámetros fijados en el Anexo 1 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, el cual se muestra a continuación:

$$PA = \text{Importe a facturar por alcantarillado} * F$$

$$PA = S/ 1 715,8 * 280\%$$

$$PA = S/ 4 804,25$$

Después de haber realizado toda la evaluación de sanciones a pagar por no tratar el agua residual generada (multas), la empresa Servicentro San Miguel al no cumplir con la normatividad exigida tanto por la ley de recursos hídricos, así como por la SUNASS, podría llegar a pagar hasta: S/25 554,25. Por tanto es de gran importancia mitigar la contaminación que se genera actualmente, con la finalidad que la empresa pueda estar en regla con las leyes vigentes y evitar pagos innecesarios, además de preocuparse por el cuidado del medio ambiente y deterioro del servicio de alcantarillado. El total de multas se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Total Multas} = \text{Multa por ANA} + \text{Multa por SUNASS}$$

$$\text{Total Multas} = S/ 20 750 + S/ 4 804,25 = S/ 25 554,25$$

### **3.4.3. COSTO POR CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL SERVICIO DE LAVADO**

Para conocer el pago por consumo de agua, sin el sistema de tratamiento, se necesita saber los datos de la proyección del consumo de agua del servicio de lavado (tabla N° 37) y la tarifa (S/ /m<sup>3</sup>) aprobada por la SUNASS, ver anexo N°25. En la tabla N° 59 se observa la cantidad total de agua residual a tratar para los próximos 5 años, la cual será utilizada en el servicio de lavado vehicular, y el costo por servicio de agua potable y alcantarillado. La tarifa por el servicio de agua potable (Anexo N°25) para la empresa se encuentra en la categoría de doméstico y en el rango de consumo de 50 a más m<sup>3</sup>/mes, teniendo a S/ 4,858/m<sup>3</sup> como su tarifa para el agua potable y a S/ 2,193/m<sup>3</sup> como su tarifa para el servicio de alcantarillado. Además en la tabla N° 59 se muestran los costos que la empresa tendrá que asumir sin la implementación de un sistema de tratamiento.

Tabla N° 59: Costos anuales por consumo de agua sin el sistema de tratamiento

Año	Generación de agua residual (m <sup>3</sup> /año)	Costo por Servicio de Agua potable anual (S/)	Costo por Servicio de Alcantarillado anual (S/)	TOTAL (S/)
2018	825,7241	4 011,36	1 810,81	5 822,17
2019	873,8138	4 244,98	1 916,27	6 161,25
2020	921,9035	4 478,60	2 021,73	6 500,33
2021	969,9932	4 712,23	2 127, 19	6 839,42
2022	1 018,083	4 945,85	2 232, 65	7 178,50

### 3.4.4. COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

#### 3.4.4.1. COSTO DE ENERGÍA

Para el cálculo de la energía consumida por el sistema de tratamiento propuesto se tendrá en cuenta la energía que consumen las 2 bombas centrifugas que se instalaran para la conducción del agua residual y el agua tratada, además de un motor para el agitador. El costo de la tarifa eléctrica nacional actualmente (2018) es de S/. 0,55 kWh, en la tabla N° 60 se muestra el consumo de energía de cada equipo, así como su potencia y el costo que genera.

Tabla N° 60: Costos por consumo de energía

Equipo	Potencia (kW)	Tiempo (h)	Energía Diaria (kW/h)	Costo de la Energía por (kW/h)	Costo Total (S/)
Bomba Centrifuga (2 x 0,373kW)	0,75	8	6	0,55	3,3
Motor agitador (1x0,55kW)	0,55	8	4,4	0,55	2,42
TOTAL					5,72

### 3.4.4.2. COSTO POR TRATAMIENTO DE EFLUENTE

Para el cálculo del costo de energía consumida por el sistema de tratamiento para cada m<sup>3</sup> de agua residual tratada se dividió el costo total del consumo de energía (S/ 5,72) entre la cantidad de efluente tratado al día (2,83 m<sup>3</sup>/día), teniendo un costo de S/ 2,02/m<sup>3</sup>. En la tabla N° 61 se muestra el costo de energía que consumirá el sistema de tratamiento para los años pronosticados.

Tabla N° 61: Costos de energía para el sistema propuesto

Equipo	Generación de agua residual (m <sup>3</sup> /año)	Costo de Energía (S./m <sup>3</sup> )	Costo de energía (S/)
2018	825,724	2,02	1 667,96
2019	873,814	2,02	1 765,01
2020	921,904	2,02	1 862,25
2021	969,993	2,02	1 959,39
2022	1 018,083	2,02	2 056,53

El sistema de tratamiento también utiliza un coagulante que ayudará con el sistema de tratamiento. Para obtener el costo total por la utilización de coagulante al año, primero se transformará los 350 mg/L que se utiliza para la coagulación a 0,350 kg/m<sup>3</sup>. Para luego multiplicarlo por el agua generada en todos los años pronosticados y el costo de Cloruro Férrico (S/ 6,40/kg).

Tabla N° 62: Costo del coagulante por año

Equipo	Generación de agua residual (m <sup>3</sup> /año)	Cantidad de FeCl <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Costo (S./kg) de FeCl <sub>3</sub>	Costo del FeCl <sub>3</sub> en S/año
2018	825,7241	0,350	6,40	1 849,62
2019	873,8138	0,350	6,40	1 957,34
2020	921,9035	0,350	6,40	2 065,06
2021	969,9932	0,350	6,40	2 172,78
2022	1 018,083	0,350	6,40	2 280,51

El último costo que incurriría el tratamiento de las aguas residuales es la del cambio del carbón activado que según su fabricante Carbotecnia [43] debe ser cada año. Entonces el costo anual según la cotización brindada por el mismo fabricante, Carbotecnia, es de \$27,82 con el tipo de cambio S/ 3,33 el monto en soles sería S/ 92,73.

### 3.4.4.3. COSTO POR TRATAMIENTO DE LODOS

Como cualquier otro sistema de tratamiento de aguas residuales el sistema propuesto también genera residuos (lodos). Estos no pueden ser eliminados sin previo tratamiento es por ello que es importante contratar a una empresa prestadora de servicio (EPS) que se haga cargo de la disposición final de los lodos. Eco vive S.A.C cobra S/. 1 por cada kilogramo a tratar. La cantidad de lodo que se genera al día según el balance de materia es de 3,861 Kg y el agua utilizada diariamente en la empresa es de 2,83 m<sup>3</sup>/día entonces se puede concluir que por cada m<sup>3</sup> de agua tratada se genera 1,36 Kg. Conociendo los Kg/m<sup>3</sup> y costo por tratar un Kg se procede a hallar el costo total por tratar los lodos generados en el sistema de tratamiento, ver tabla N° 63.

Tabla N° 63: Costo anual por el lodo tratado

Equipo	Generación de agua residual (m <sup>3</sup> /año)	Cantidad de lodo (kg/m <sup>3</sup> )	Costo (S/kg) de lodo	Costo del lodo en S/año
2018	825,7241	1,36	1	1 122,98
2019	873,8138	1,36	1	1 188,39
2020	921,9035	1,36	1	1 253,78
2021	969,9932	1,36	1	1 319,19
2022	1 018,083	1,36	1	1 384,59

### 3.4.5. ANÁLISIS COSTO BENEFICO DE LA PROPUESTA

Para evaluar la rentabilidad del proyecto es necesario utilizar la herramienta costo-beneficio, el cual es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el valor actual de los costos de inversión o costos totales (VAC) del proyecto. En la tabla N°64 se muestra la relación costo-beneficio, siendo los ahorros o disminuciones parte del beneficio que genera el proyecto. Y los costos de inversión tangible, inversión intangible, costos de energía del sistema de tratamiento y costo anual de compra de coagulante, costo anual por tratamiento de lodos y filtro de carbón

activado forman parte de los costos de la propuesta. El beneficio costo se empieza a generar desde el primer año (S/ 8 259,98), lo cual indica el inicio de la recuperación de la inversión hecha por el Servicentro San Miguel. El costo para el desarrollo del proyecto será cubierto por el dueño de la empresa Servicentro San Miguel.

Tabla N° 64: Análisis Costo-Beneficio

Descripción	Beneficios (S/)					Total
	2018	2019	2020	2021	2022	
Ahorro de costo por consumo de agua	5 822,17	6 161,25	6 500,33	6 839,42	7 178,5	VAI Beneficio
Ahorro por pago de multa	25 554,25	25 554,25	25 554,25	25 554,25	25 554,25	
<b>Total beneficio</b>	31 376,42	31 715,5	32 054,58	32 393,67	32 732,75	
Descripción	Costos (S/)					Total
	2018	2019	2020	2021	2022	
Costo de energía	1 667,96	1 765,01	1 862,25	1 959,39	2 056,53	VAC Costo
Costo de inversión total	18 383,15	18 383,15	18 383,15	18 383,15	18 383,15	
Costo de coagulante FeCl3	1 849,62	1 957,34	2 065,06	2 172,78	2 280,51	
Costo de filtro de carbón activado	92,73	92,73	92,73	92,73	92,73	
Tratamiento de lodo	1 122,98	1 188,39	1 253,78	1 319,19	1 384,59	
<b>Total costo</b>	23 116,44	23 386,62	23 656,97	23 927,24	24 197,51	
<b>Flujo</b>	8 259,98	8 328,88	8 397,61	8 466,43	8 535,24	

$$B/C = S/ 160271,92 / 118 284,78 = S/ 1,36$$

Después del análisis se puede concluir que el proyecto es rentable pues la relación beneficio-costos es mayor a la unidad, por cada sol que se invierte en la empresa se obtendrá S/ 0,36 de ganancia en los próximos años. Además teniendo un periodo de recuperación de 3 meses y 4 días. Esto se obtiene gracias a que según la tabla N°64 desde el primer año se tienen ganancias.

### **3.4.6. IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN SERVICENTRO SAN MIGUEL DESPUÉS DE LA PROPUESTA**

El vertimiento de efluentes con contenidos de grasa, aceites y sólidos generados en el lavado de vehículos según lo evaluado en el primer objetivo es el impacto más importante. Para poder identificar si el sistema de tratamiento propuesto ayuda a disminuir el impacto ambiental se realiza una nueva evaluación, con la ayuda de las matriz ya utilizadas previamente.

#### **A. MATRIZ LEOPOLD**

Con respecto a la primer matriz Leopold en esta solo se modificara las que presentaron mayor impacto, ver anexo 21.

- **Lavado de vehículos**

Ahora el impacto que genera disminuye a un promedio de (-19), siendo la etapa que menos impactos negativos genera sobre el medio físico, bilógico y socioeconómico.

- **Aseo del patio de lavado**

Esta actividad tiene un promedio aritmético de 1 al generarse aguas residuales, material particulado y consumo de agua.

Entonces:

- ✓ Dentro de medio físico ahora el que tiene con mayor ponderado es el factor aceite residuales (-21), seguido de calidad de suelo (-18) y ruido (-18).
- ✓ Dentro de medio biológico, el factor árboles en los alrededores de la empresa sigue siendo, es el mayor factor afectado con un ponderado de -2.
- ✓ Dentro del medio socioeconómico, la afectación a la salud de los operarios sigue teniendo un ponderado de -8.

#### **B. EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES EN SERVICENTRO SAN MIGUEL**

Siguiendo la metodología de la Guía de evaluación de riesgos ambientales se empieza identificando los peligros por cada categoría: humanos, ecológicos y socioeconómicos. Como estos ya se identificaron anteriormente lo que se procede a realizar es el cambio en la probabilidad de ocurrencia y la puntuación de la gravedad para después de la propuesta.

Una vez identificado la probabilidad y gravedad para cada uno de los escenarios se muestra a continuación el nuevo % del riesgo ambiental con la finalidad de identificar en qué tipo

de riesgo ambiental se encuentra cada uno de los entornos evaluados, ya sea significativo, moderado o leve. En las tablas N° 65, 66 y 67 se muestra cada uno de los resultados.

Tabla N° 65: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno humano Servicentro San Miguel

IT	Escenario de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Puntuación	%Riesgo Ambiental
1	Generación de efluentes con detergente en el área de lavado	4	1	16
2	Manejo inapropiado de aerosoles	5	4	80
3	Generación de agua de lavado de vehículos	4	1	16
4	Generación de efluentes con shampoo en el área de lavado	4	1	16
5	Generación de efluentes con aceite en el área de lavado	4	1	16
6	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	5	2	40
7	Emisión atmosférica de Metano en el distrito Chiclayo	5	4	80
8	Generación de ruidos en el servicio de lavado	5	2	40
9	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	5	4	80
10	Emisión atmosférica de Carbono en el distrito de Chiclayo	5	4	80
11	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	5	2	40
12	Generación de residuos de papel en el área de mantenimiento	4	1	16
13	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
14	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
15	Generación de envases de aerosoles en el área de post limpieza	4	1	16
16	Generación de residuos de cartón en el área de mantenimiento	4	1	16
17	Generación de filtros en el área de mantenimiento	4	1	16
18	Generación de aceite residual en el área de mantenimiento	5	3	60
19	Emisión atmosférica de material particulado en el área de mantenimiento	4	1	16
20	Generación de residuos de plástico en el área de mantenimiento	5	1	20
			<b>PROMEDIO</b>	30,6

Tabla N° 66: Evaluación de riesgo ambiental para el entorno ecológico de Servicentro San Miguel

IT	Escenario de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Puntuación	%Riesgo Ambiental
1	Generación de efluentes con detergente en el área de lavado	4	1	16
2	Manejo inapropiado de aerosoles	5	4	80
3	Generación de agua de lavado de vehículos	4	1	16
4	Generación de efluentes con shampoo en el área de lavado	4	1	16
5	Generación de efluentes con aceite en el área de lavado	4	1	16
6	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	5	2	40
7	Emisión atmosférica de Metano en el distrito Chiclayo	5	4	80
8	Generación de ruidos en el servicio de lavado	5	2	40
9	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	5	4	80
10	Emisión atmosférica de Carbono en el distrito de Chiclayo	5	4	80
11	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	5	2	40
12	Generación de residuos de papel en el área de mantenimiento	4	1	16
13	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
14	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	4	1	16
15	Generación de envases de aerosoles en el área de post limpieza	4	1	16
16	Generación de residuos de cartón en el área de mantenimiento	4	1	16
17	Generación de filtros en el área de mantenimiento	4	1	16
18	Generación de aceite residual en el área de mantenimiento	5	3	60
19	Emisión atmosférica de material particulado en el área de mantenimiento	4	1	16
20	Generación de residuos de plástico en el área de mantenimiento	5	1	20
21	Contaminación de los arbustos por los efluentes de la empresa.	5	1	20
22	Contaminación de los árboles por los efluentes de la empresa.	5	1	20
23	Disminución de animales domésticos en el área de eliminación de los efluentes de la empresa.	4	1	16
<b>PROMEDIO</b>				29,04

Tabla N° 67: Evaluación del riesgo ambiental para el entorno socioeconómico del Servicentro San Miguel

IT	Escenario de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad	%Riesgo Ambiental
1	Producción dentro de las instalaciones de la empresa Servicentro San Miguel	4	1	16
2	Variabilidad del empleo estacionario en la empresa	2	2	16
3	Generación de un ambiente con factores de riesgo para los colaboradores.	3	2	24
4	Generación de circunstancias de riesgo para la vida de los colaboradores.	3	1	12
<b>PROMEDIO</b>				17

Cuando ya se conoce la probabilidad de ocurrencia y la puntuación según la gravedad el siguiente paso es estimar el riesgo ambiental para cada entorno. Según la Guía de evaluación de riesgos ambientales se debe determinar de la siguiente manera. Los resultados de la estimación de riesgo según el entorno se muestran en las siguientes tablas.

Tabla N° 68: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el Entorno Humano del Servicentro San Miguel

		CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4	<b>E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19</b>				
	5	<b>E8, E20, E1, E4, E5, E6, E3, E2</b>	<b>E11</b>	<b>E18</b>	<b>E7, E9, E10</b>	

Según la escala de riesgo los siguientes escenarios se encuentran en un riesgo leve E1, E2, E3, E4, E5, E6, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E8, E20. Por otro lado los de riesgo moderado son: E11, E18. Por último los que están en riesgo significativo son: E7, E9, E10.

Tabla N° 69: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Ecológico del Servicentro San Miguel

		CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4	<b>E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E23</b>				
	5	<b>E8, E20, E21, E22, E1, E4, E5, E6, E3, E2</b>	<b>E11</b>	<b>E18</b>	<b>E7, E9, E10</b>	

Según la escala de riesgo los siguientes escenarios se encuentran en un riesgo leve: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E23, E8, E20, E21, E22. Por otro lado los de riesgo moderado son: E11, E18. Por último los que están en riesgo significativo son: E7, E9, E10.

Tabla N° 70: Estimador del riesgo ambiental de las consecuencias en el entorno Socioeconómico del Servicentro San Miguel

		CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2		<b>E2</b>			
	3	<b>E4</b>	<b>E3</b>			
	4	<b>E1</b>				
	5					

Según la escala de riesgo los siguientes escenarios se encuentran en un riesgo leve: E1, E2, E4. Por otro lado los de riesgo moderado son: E3. En este entorno no se cuenta con riesgos ambientales significativos. Por último se evalúan los riesgos ambientales de cada entorno. El resultado final de esta evaluación, por cada entorno, es un promedio de los resultados de cada escenario de riesgo.

Habiendo seguido toda la metodología de la guía de evaluación de riesgos ambientales propuestas por en MINAN en la tabla N° 71 se muestran el resumen de los resultados para cada categoría evaluada.

Tabla N° 71: Porcentajes de riesgo ambiental

Entorno	% Riesgo ambiental antes de propuesta	% Riesgo ambiental después de propuesta
Entorno Humano	39,6%	30,6%
Entorno Ecológico	36,17%	29,04%
Entorno Socioeconómico	17%	17%
Promedio	30,92%	25,5%

Según el promedio de los resultados de los tres entornos, que se muestra en la tabla N° 71 la empresa Servicentro San Miguel tiene un nuevo riesgo ambiental de 25,5 %, el cual es moderado según la escala establecida por la guía de evaluación de riesgo, lo que significa que un sistema de tratamiento de aguas residuales no es suficiente para obtener un riesgo ambiental leve.

Los riesgos ambientales referidos al entorno humano obtuvieron un porcentaje de 30,6%, lo cual lo clasifica como un riesgo moderado. Con respecto al entorno ecológico se obtuvo un porcentaje de riesgo ambiental de 29,04%, ubicando a dichos escenarios como un riesgo moderado. Finalmente, el entorno socioeconómico se mantiene en un 17% de porcentaje de riesgo ambiental, catalogándolo como un riesgo leve.

#### IV. CONCLUSIONES

- Las aguas residuales del servicio de lavado de automóviles Servicentro San Miguel son muy contaminantes, debido a que la empresa no cuenta con ningún tipo de tratamiento para sus aguas residuales y descargando más de 500 m<sup>3</sup> de agua residual al año. lo cual significa un impacto ambiental negativo sobre las fuentes de agua. Según la matriz de Leopold los factores con mayor impacto son el consumo de agua y la generación de aguas residuales. Debido a estos factores la empresa se encuentra en un riesgo ambiental moderado.
- Los parámetros analizados (DBO, DQO, SST, A&G) llegan a superar hasta 2 veces los Valores Máximos Admisibles establecidos por el ministerio de Vivienda y Construcción. Teniendo como resultados: DBO (629,2 mg/L), DQO (1 333,28 mg/L), SST (1 265,28 mg/L) y A&G (238,67 mg/L).
- Para la elección de los tratamientos que forman parte de la propuesta se utilizó el método de factores ponderados. Para el pre-tratamiento se eligió el desaceitado y desengrasado, en el tratamiento primario se eligió a la coagulación-floculación principalmente gracias a una mejor eficiencia de remoción. Por último el tratamiento que tuvo mayor puntaje para el tratamiento terciario fue el filtro de carbón activado. Al terminar todo el sistema de tratamiento propuesto se logra una alta eficiencia de remoción en cada parámetro. Según el balance de materia el DBO logra disminuir en un 98,56 %, el DQO en 99,65%, el SST en un 99,79% y los aceites y grasas en un 95,61%, logrando así encontrarse dentro los VMA establecidos por ley. El agua tratada será reutilizada en la misma actividad del lavado vehicular, directamente en la etapa de lavado. Además, el volumen a reutilizar será del 100% de toda el agua tratada y solo se podrá reutilizar 1 vez, mientras no se tengan los resultados que permitan reutilizarlas más de una vez sin afectar a las fuentes de agua ni a los trabajadores.
- Para el análisis costo-beneficio de la propuesta se calcularon los costos de implementación y funcionamiento, las multas por las descargas al alcantarillado y el ahorro en soles del consumo de agua. El VAI total para los años proyectados es de S/.160 272,92 y el VAC total es de S/.118 284,78, siendo la relación B/C de S/. 1,36 lo cual indica que el proyecto es rentable y además, el periodo de recuperación de la inversión es de 3 meses y 4 días. Con ayuda del proyecto también se logra minimizar el riesgo ambiental de la empresa, el cual disminuyó en un 17,53%.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Realizar más estudios para el tratamiento de aguas residuales en la Industria de lavado de vehículos con la finalidad de poder contar con más opciones aplicables y así poder minimizar los impactos negativos que las aguas residuales sin tratamiento pueden ocasionar a las fuentes de agua y/o medio ambiente.
- Con el objetivo de reutilizar al máximo las aguas tratadas y evitar posibles efectos acumulativos en las tuberías se recomienda hacer un seguimiento de la calidad del agua tratada utilizando análisis físicos-químicos, análisis microbiológicos, turbidez y temperatura.

## VI. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] U. d. A. d. Sur, «Latinoamérica Situación Automotriz,» BBVA Research, Santiago de Chile, 2010.
- [2] A. A. d. Perú, «Boletín informativo,» Autoridad Única del Transporte, Lima, 2017.
- [3] S. Carrasquero, K. Terán, M. Mas, G. Colina y A. Díaz, «Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización,» *Revista Arbitrada Venezolana*, vol. 10, n° 2, pp. 122-139, 2015.
- [4] M. Costa, J. Sousas, V. Leite, W. Lopez y K. Santos , «Impactos socioambientais dos lava-jatos em umacidade de médio porte,» *Revista Saúde e Ambiente-Health and Environment Journal*, vol. 8, n° 1, pp. 32-38, 2009.
- [5] M. Panizza y G. Cerisola, «Aplicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 2: Electrocoagulation and anodic oxidation integrated process.,» *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 638, pp. 236-240, 2010.
- [6] O. d. e. y. f. ambiental, «Fiscalización ambiental de aguas residuales,» OEFA, LIMA, 2014.
- [7] B. Svensson, L. Mathiasson, L. Martensson y P. Kangsepp, «Evaluation of filter Material for treatment of Different Types of Wastewater,» *Journal of Environmental protection*, vol. 2, n° 7, pp. 888-894, 2012.
- [8] A. A.-G. e. al, «Treatment of Wastewater from car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System,» *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, p. 136, 2016.
- [9] R. Zaneti , R. Etchepare y J. Rubio , «More Environmentally Friendly vehicle washes: Water reclamation,» *Journal of Cleaner production*, vol. 37, pp. 115-124, 2012.
- [10] J. P. Rodriguez Miranda, C. A. Garcia Ubaque y J. Pardo Pinzón, «Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales,» *Tecnura*, vol. 19, n° 46, pp. 149-164, 2015.
- [11] F. N. d. Ambiente, «Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residual en el Peru,» Fondo nacional del ambiente, Peru, 2010.
- [12] A. Barrenechea Martel, «Tratamiento de agua para consumo humano,» *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*, vol. 4, n° 109, pp. 174-178, 196-198, 2004.
- [13] E. Rocha Castro, «Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas,» Universidad Autónoma de Chihuahua, España, 2010.
- [14] J. M. Ortega, «La Osmosis Inversa como Proceso de Potabilización en España,» de *XXII CONGRESO DE CENTROAMERICA Y PANAMA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL “ SUPERACION SANITARIA Y AMBIENTAL: EL RETO”*, Tegucigalpa, 2001.
- [15] J. J. Brenes Varo, «Diseño del proceso de tratamiento terciario de ozonización del agua de salida de una E.D.A.R convencional para su reutilización en el riego de campos del golf,» Universidad de Cádiz, España, 2006.

- [16] Á. Arango Ruiz, «La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales,» *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 2, n° 1, pp. 49-56, 2005.
- [17] DIGESA, «Muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marco de la autorización sanitaria de vertimiento,» MINSA, Lima , 2006.
- [18] V. ESPINOZA V, R. CASTILLO y D. M. ROVIRA, «Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de sub cuenca baja del Río David, Provincia de Chiriquí Panamá,» UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA OTEIMA, David, 2014.
- [19] *Decreto Supremo N° 001-2015-Vivienda , Construcción y Saneamiento*, 2015.
- [20] *LEY 29338-LEY DE RECURSOS HIDRICOS*, 2009.
- [21] *REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HIDRICOS*, 2010.
- [22] N. O. García, «Estrucplan on Line,» Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort, Col. del Bosque Chetumal, 24 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=3646>. [Último acceso: 2 Octubre 2018].
- [23] I. Español Echániz, «HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL,» PROBIDES, Rocha, 2002.
- [24] G. Espinoza, «GESTIÓN Y FUNDAMENTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,» ANDROS impresores, Santiago , 2002.
- [25] Ministerio del ambiente-MINAN, «Guía de Evacuación de riesgos ambientales,» Serv. Gen. Q&F Hnos. S.A.C, Lima, 2010.
- [26] IDEAM- Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales, «Toma de Muestras de Aguas Residuales,» Subdirección de Hidrología , Colombia, 2007.
- [27] A. EFE, «Agencia EFE,» EFE, 30 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.efe.com/efe/america/economia/toyota-pierde-el-trono-mundial-en-ventas-2016-por-primera-vez-5-anos/20000011-3163442>. [Último acceso: 01 Abril 2018].
- [28] G. Espinoza , «Gestion y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental,» Banco Interamericano de desarrollo, Chile, 2007.
- [29] *Norma OS.090-Plantas de tratamiento de aguas residuales*, 2009.
- [30] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, «Guía para el diseño de tanques sépticos , tanques imhoff y lagunas de estabilización,» Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Lima, 2005.
- [31] S. A. Chuchón Martínez y C. A. Aybar Escobar , «Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "La totora", Ayacucho, Peru,» *Ecología Aplicada*, vol. 7, n° 1-2, pp. 165-171, 2008.

- [32] E. Rocha Castro, «Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas,» Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, 2010.
- [33] G. Soto Alvarez y M. Soto Benavidez, «Desalación de agua de mar mediante sistema de osmosis inversa y Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Islas Damas, Región de Coquimbo,» Centro del Agua para Zonas Áridas y semiáridas para América Latina y el Caribe (CAZALAC), Coquimbo, 2013.
- [34] Environmental Protection Agency, «Folleto informativo de tecnología de aguas residuales, Desinfección con ozono,» Market Street, Philadelphia, 2002.
- [35] A. P. Restrejo Mejía, A. Arango Ruiz y L. F. Garces Giraldo, «La electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas,» *Producción + Limpia*, vol. 1, n° 2, pp. 58-77, 2006.
- [36] S. Ramalho Rubens, Tratamiento de aguas residuales, Barcelona: Editorial Reverté, 2013.
- [37] H. Janik y A. Kupiec, «Trends in modern car washing,» *Polish J, of Environ, Stud*, vol. 16, n° 6, pp. 927-931, 2007.
- [38] *Decreto Supremo N° 001-2015-VIVIENDA*, 2012.
- [39] W. A. Lozano Rivas, «Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales,» Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, 2012.
- [40] E. L. Paul, V. A. Atiemo-Obeng y S. M. Kresta, «Handbook of Industrial Mixing Science and Practice,» Jhon Wiley & Sons, Inc, New Jersey, 2004.
- [41] A. K. Coker, «Modeling of chemical Kinetics and Reactor Desin,» Gulf Publishing Company, Texas, 2001.
- [42] L. Ortiz Hernández, M. Gutierrez Ruiz y E. Sanchez Salinas, «PROPUESTA DE MANEJO DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD INDUSTRIAL DEL VALLE DE CUERNAVACA, ESTADO DE MORELOS, MEXICO,» *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 2, n° 11, pp. 105-115, 1995.
- [43] Carbotecnia, «Carbotecnia,» 22 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.carbotecnia.info/producto/equipo-de-carbon-activado-8-x-40/>. [Último acceso: 22 Octubre 2018].
- [44] MinAqua, «GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA INSTALACIONES DE LAVADO DE VEHÍCULOS,» Glam Comunicació S.L, Barcelona, 2016.
- [45] FluidMix Effective Mixing, «FluidMix effective Mixing,» FluidMix effective Mixing, 22 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.agitadoresfluidmix.com/agitador-industrial-vhs/>. [Último acceso: 22 Octubre 2018].
- [46] J. Moscoso y T. Alfaro, «Panorama de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales en lima metropolitana y callao,» Promoción del desarrollo sostenible, Lima, 2015.
- [47] *Resolución de Gerencia General N° 054-2014-SUNASS-GG*, 2014.
- [48] IPES, «Estudios de caso de experiencia de tratamiento y uso de aguas residuales en la ciudad de Lima.,» Fundación RUAF y Proyecto Global Switch, Lima, 2009.

## VII. ANEXOS

### ANEXO N° 1: MATRIZ DE LEOPOLD ANTES DE LA PROPUESTA

			ACCIONES					Impacto por subcomponente	Impacto por componente	Impacto total del proyecto		
			Lavado de vehículos	Cambio de aceite	Cambio de filtros	Mantenimiento de filtros	Post-Lavado				Aseo de patio de lavado	
FACTORES	Medio Físico	Aire	Material particulado			-2/2	-2/2		-1/1	-9	-202	-191
			Ruido	-3/3			-3/3			-18		
			Olores residuales		-2/2			-2/2		-8		
		Agua	Consumo de agua	-8/7					-3/2	-62		
			Aguas residuales	-8/7					-2/2	-60		
		Suelo	Calidad del suelo	-3/3	-3/3					-18		
			Aceites residuales		-3/7					-21		
	Grasas Residuales					-3/2			-6			
	Medio Paisaje	Flora	Árboles			-1/1	-1/1			-2	-5	
			Arbustos			-1/1	-1/1			-2		
		Paisaje	Alteración paisajística	-1/1						-1		
			Forma del relieve							0		
	S.E	Pobla	Salud de trabajadores	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2			-8	16	
			Empleo	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	24		
TOTAL			-129	-32	-4	-19	0	-7	-191	-191	-191	

Importancia	
Muy baja	1-2
Baja	3-4
Moderada	5-6
Alta	7-8
Muy alta	9-10

Magnitud	
Puntual	1-2
Parcial	3-4
Medio	5-6
Extenso	7-8
Total	9-10

ANEXO N° 2 IDENTIFICACIÓN TÍPICA DE FUENTES DE PELIGRO

Causas		
Humano	Ecológico	Socioeconómico
<p><b>Ámbito organizativo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Errores humanos;</li> <li>▪ Sistemas de Gestión</li> <li>▪ Condiciones ambientales</li> <li>▪ Esporádica capacitación del personal técnico y auxiliar de la empresa, organización o entidad gubernamental.</li> </ul> <p><b>Instalaciones y actividades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manipulación de materia prima</li> <li>▪ Manipulación de combustibles;</li> <li>▪ Generación de diversos productos terminados;</li> <li>▪ Generación de diversos productos intermedios;</li> <li>▪ Generación de residuos sólidos;</li> <li>▪ Generación de efluentes;</li> <li>▪ Generación de emisiones atmosféricas;</li> <li>▪ Operación de equipos y maquinaria pesada;</li> <li>▪ Deficiente nivel de medidas de seguridad;</li> <li>▪ Diversas condiciones del proceso;</li> <li>▪ Deficiente gestión de mantenimiento;</li> <li>▪ Elevada tasa de ruidos y vibraciones;</li> <li>▪ Deficiente calidad de tratamiento de aguas;</li> <li>▪ Deficiente calidad de tratamiento de emisiones atmosféricas.</li> <li>▪ Inadecuada implementación de los planes de cierre de los pasivos mineros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tala indiscriminada de especies forestales;</li> <li>▪ Movimiento continuo de masas de tierra;</li> <li>▪ Alteración del paisaje natural;</li> <li>▪ Manejo inapropiado de los recursos hídricos; ▪ Uso de sustancias a base de Fluor entre otros;</li> <li>▪ Sobreexplotación de los recursos naturales; ▪ Intensificación del uso de maquinaria agrícola y pesada;</li> <li>▪ Uso excesivo de plaguicidas a base de arsénico y otros;</li> <li>▪ Uso excesivo de sustancias contaminantes;</li> <li>▪ Uso excesivo de detonantes en minería;</li> <li>▪ Incremento de la tasa turística en zonas reservadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bajo nivel de ingresos que cubre necesidades básicas;</li> <li>▪ Baja oferta laboral;</li> <li>▪ Deficiente nivel organizacional;</li> <li>▪ Baja participación de la población en trabajos comunales en post del restablecimiento turístico de la zona (pérdida de ingresos);</li> <li>▪ Escasa área urbana para habitabilidad, tienden a expandirse en zonas de riesgo, posteriormente esto representa un alto costo para la autoridad local;</li> <li>▪ Proceso migratorio de zonas rurales a zonas urbanas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escaso conocimiento sobre la ocurrencia de desastres naturales; ▪ Falta de actitud frente a la ocurrencia de desastres naturales; ▪ Construcción de viviendas cercanas a zonas ribereñas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incremento de especies forestales, consecuentemente se tiene un aumento de taladores informales;</li> <li>▪ Incremento de fauna nociva (caso de la Langosta migratoria entre el 2000 y 2002 zona norte del país).</li> <li>▪ Incremento de precipitaciones pluviométricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aprovechamiento de bancadas de arena en zonas ribereñas;</li> <li>▪ Aprovechamiento de los recursos naturales indiscriminadamente;</li> <li>▪ Extracción continuada de material de acarreo de zonas ribereñas.</li> </ul>

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

### ANEXO N° 3: DEFINICIÓN DE FUENTES DE PELIGRO

Tipología de peligro	Causa Físico Química											
	Sustancia	Tipo		Peligrosidad								
		MP	R	Mi	Mt	Ii	Exp	Inf	Cor	Com	Otro	Volumen
Atrópico												
Natural												

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

### ANEXO N° 4: ANÁLISIS DEL ENTORNO HUMANO

Elemento de riesgo	Suceso indicador/Parámetro de evaluación	Fuente de información
<b>Exposición potencial de agua a:</b> Contaminación superficial Contaminación subterránea	Efluentes generados o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental	Deposiciones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con LMP internacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental
<b>Exposición Potencial de Aire a:</b> ▪ Contaminación por ruidos ▪ Contaminación por material particulado ▪ Contaminación por emisiones atmosféricas	Emisiones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental	Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero
<b>Exposición potencial de suelo a:</b> Contaminación por Residuos Contaminación por sustancias químicas	Deposiciones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con LMP internacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental	Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

## ANEXO N° 5: ANÁLISIS DEL ENTORNO ECOLÓGICO O NATURAL

Elemento de riesgo	Suceso indicador/Parámetro de evaluación	Fuente de información
<b>Exposición potencial de agua a:</b> Contaminación superficial Contaminación subterránea	Efluentes generados o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental	Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta ind
<b>Exposición potencial a la atmósfera:</b> ▪ Contaminación por ruidos ▪ Contaminación por material particulado ▪ Contaminación por emisiones atmosféricas Radiaciones n	Emisiones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental	Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero
<b>Exposición potencial de suelo a:</b> ▪ Contaminación por residuos ▪ Contaminación por sustancias químicas	Deposiciones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con LMP internacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental	Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero
<b>Exposición potencial de flora a:</b> Efectos directos sobre la cubierta vegetal	Se identifican especies, posteriormente se evalúan y cuantifica.	Consultar o levantar línea de base del ámbito en estudio
<b>Exposición potencial de fauna a:</b> Efectos directos sobre especies de la zona	Se identifican especies, posteriormente se evalúan y cuantifica.	Consultar o levantar línea de base del ámbito en estudio

## ANEXO N° 6: ANÁLISIS DEL ENTORNO SOCIOECONÓMICO

Elemento de Riesgo	Suceso indicador/Parámetro de evaluación	Fuente de información
Exposición potencial del espacio físico en aire, agua y/o suelo	Cambio de uso Variabilidad del medio	Sector, organismos, instituciones, ONG y gobiernos regionales y gobiernos locales
Exposición potencial de la infraestructura según actividad productiva	Cambios en la disponibilidad de área Cambios en la accesibilidad Cambios en la red de servicios Cambios en el tráfico vehicular	Organismos, instituciones, ONG, gobiernos regionales y gobiernos locales
Exposición potencial de recursos humanos	Cambios en la seguridad Cambios en el bienestar Cambios en el hábitat	Entidades públicas, sector, organismos, ONG y gobiernos regionales y gobiernos locales
Exposición potencial de economía y población.	Cambio del valor del suelo Variabilidad de empleo fijo Variabilidad de empleo estacional Variabilidad de ingresos económicos	Entidades públicas, sector, organismos, ONG y gobiernos regionales y gobiernos locales
Exposición potencial de centros antropológicos, arqueológicos e históricos	Alteración del espacio físico con valor antropológico, arqueológico e histórico.	Información del INC entidades públicas, organismos, ONG y gobiernos regionales, gobiernos locales

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

## ANEXO N° 7: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS

Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad de ocurrencia

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

## ANEXO N° 8: RANGOS DE ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

Valor	Probabilidad	
5	Muy probable	< una vez a la semana
4	Altamente probable	>una vez a la semana y <una vez al mes
3	Probable	>una vez al mes y <una vez al año
2	Posible	>una vez al año y <una vez cada 5 años
1	Poco posible	>una vez cada 05 años

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

## ANEXO N° 9: FORMULARIO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	= cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+calidad del medio
Entorno humano	= cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+población afectada
Entorno Socioeconómico	= cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+patrimonio y capital productivo

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

## ANEXO N° 10: FORMULACIÓN DE ESCENARIO

Escenario de Riesgo	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada	Gravedad	Puntuación

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

## ANEXO N° 11: VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS IDENTIFICADOS

Valor	Valoración	Valor asignado
Crítico	20-18	5
Grave	17-15	4
Moderado	14-11	3
Leve	10-8	2
No relevante	7-5	1

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

ANEXO N° 12: ESTIMADOR DEL RIESGO AMBIENTAL

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

	R. Significativo: 16-25
	R. Moderado: 6-15
	R. Leve: 1-5

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

ANEXO N° 13: EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

Escenario de Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad	% de riesgo
Promedio			

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

ANEXO N° 14: CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

	Valor Matricial	Equivalencia Porcentual (%)	Promedio (%)	
	<b>Riesgo Significativo : 16 - 25</b>	<b>64 - 100</b>	<b>82</b>	 <b>RIESGO ALTO</b>
	Riesgo Moderado : 6 - 15	24 - 60	42	
	Riesgo Leve : 1 - 5	1 - 20	10,50	

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales, 2010

ANEXO N° 15: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS EN EL ENTORNO HUMANO  
SERVICENTRO SAN MIGUEL ANTES DE LA PROPUESTA

	Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad ocurrencia
E1	Utilización de Detergente	Generación de efluentes con detergente en el área de lavado	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E2	CFC	Manejo inapropiado de aerosoles	Uso para la limpieza de autos	Contaminación al aire	5
E3	Agua residual	Generación de agua de lavado de vehículos	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E4	Shampoo	Generación de efluentes con shampoo en el área de lavado	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E5	Aceite y grasas	Generación de efluentes con aceite en el área de lavado	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E6	Residuos orgánicos	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	Salen del área de administrativa	Contaminación del suelo	5
E7	CH <sub>4</sub>	Emisión atmosférica de Metano en el distrito Chiclayo	Putrefacción del material orgánico que se almacena	Contaminación del aire	5
E8	Ruido	Generación de ruidos en el servicio de lavado	Emitido por la compresora de aire y la bomba de agua	Contaminación del aire	5
E9	Monóxido de carbono	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	Emitido por los autos desplazándose en el lavadero	Contaminación del aire	5
E10	Dióxido de carbono	Emisión atmosférica de dióxido de carbono en el distrito de Chiclayo	Emitido por los autos desplazándose en el lavadero	Contaminación del aire	5
E11	Aerosol	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	Emitido al momento de la limpieza final del carro	Contaminación del aire	5
E12	Papel	Generación de residuos de papel en el área de mantenimiento	Uso de papel en las Oficinas de la empresa.	Contaminación del suelo	4
E13	Envases de aceite	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	Uso en el cambio de aceite del auto	Contaminación del suelo	4
E14	Envases de grasas	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E15	Envases de aerosoles	Generación de envases de aerosoles en el área de post limpieza	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E16	Cartón	Generación de cartón en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E17	Filtros	Generación de filtros en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E18	Aceite residual	Generación de aceite residual en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	5
E19	Material particulado	Emisión atmosférica de material particulado en el área de mantenimiento	Polvo generado en el sopleteado de filtros	Contaminación del aire	4
E20	Plástico	Generación de residuos de plástico en el área de mantenimiento	Bolsas de empaque de productos para mantenimiento, botellas, bolsas de basura	Contaminación del suelo	5

ANEXO N° 16: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS EN EL ENTORNO ECOLÓGICO SERVICENTRO SAN MIGUEL ANTES DE LA PROPUESTA

	Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad ocurrencia
E1	Utilización de Detergente	Generación de efluentes con detergente en el área de lavado	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E2	CFC	Manejo inapropiado de aerosoles	Uso para la limpieza de autos	Contaminación al aire	5
E3	Agua residual	Generación de agua de lavado de vehículos	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E4	Shampoo	Generación de efluentes con shampoo en el área de lavado	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E5	Aceite y grasas	Generación de efluentes con aceite en el área de lavado	Salen del área de lavado de carros	Contaminación del agua	5
E6	Residuos orgánicos	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	Salen del área de administrativa	Contaminación del suelo	5
E7	CH <sub>4</sub>	Emisión atmosférica de Metano en el distrito Chiclayo	Putrefacción del material orgánico que se almacena	Contaminación del aire	5
E8	Ruido	Generación de ruidos en el servicio de lavado	Emitido por la compresora de aire y la bomba de agua	Contaminación del aire	5
E9	Monóxido de carbono	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	Emitido por los autos desplazándose en el lavadero	Contaminación del aire	5
E10	Dióxido de carbono	Emisión atmosférica de dióxido de carbono en el distrito de Chiclayo	Emitido por los autos desplazándose en el lavadero	Contaminación del aire	5
E11	Aerosol	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	Emitido al momento de la limpieza final del carro	Contaminación del aire	5
E12	Papel	Generación de residuos de papel en el área de mantenimiento	Uso de papel en las Oficinas de la empresa.	Contaminación del suelo	4
E13	Envases de aceite	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	Uso en el cambio de aceite del auto	Contaminación del suelo	4
E14	Envases de grasas	Generación de envases de aceite en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E15	Envases de aerosoles	Generación de envases de aerosoles en el área de post limpieza	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E16	Cartón	Generación de cartón en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E17	Filtros	Generación de filtros en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	4
E18	Aceite residual	Generación de aceite residual en el área de mantenimiento	Uso en el área de mantenimiento	Contaminación del suelo	5
E19	Material particulado	Emisión atmosférica de material particulado en el área de mantenimiento	Polvo generado en el sopleteado de filtros	Contaminación del aire	4
E20	Plástico	Generación de residuos de plástico en el área de mantenimiento	Bolsas de empaque de productos para mantenimiento, botellas, bolsas de basura	Contaminación del suelo	5
E21	Arbustos	Contaminación de los arbustos por los efluentes de la empresa.	Efluentes del servicio de lavado de vehículos	Pérdida de flora	5
E22	Árboles	Contaminación de los árboles por los efluentes de la empresa.	Efluentes del servicio de lavado de vehículos	Pérdida de flora	5
E23	Animales domésticos	Disminución de animales domésticos por efluentes	Efluentes del servicio de lavado de vehículos	Pérdida de fauna	4

ANEXO N° 17: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO  
SERVICENTRO SAN MIGUEL ANTES DE LA PROPUESTA

	Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad ad ocurrencia
E1	Cambios en la disponibilidad del área	Servicio de lavado y mantenimiento en las instalaciones de la empresa Servicentro San Miguel	Operación de máquinas	Aumento del sector automotriz	4
E2	Variabilidad del empleo estacionario	Variabilidad del empleo estacionario en la empresa	Contratación de operarios	Afectación a la atmósfera	2
E3	Cambios en el bienestar	Generación de un ambiente con factores de riesgo para los colaboradores.	Constante ruido y generación de gases que circulan dentro del entorno laboral.	Enfermedades ocasionadas en la zona de trabajo.	3
E4	Cambios en la seguridad	Generación de circunstancias de riesgo para los colaboradores.	Manejo de maquinarias por trabajadores no capacitados.	Accidentes laborales en la zona de trabajo.	3

ANEXO N° 18: ESTIMACIÓN DE GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS EN EL ENTORNO HUMANO DEL SERVICENTRO SAN MIGUEL ANTES DE LA PROPUESTA

IT	Escenario de riesgo	Calidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Puntuación
E1	Generación de residuos de detergente en el servicio de lavado	1	1	2	4	9	2
E2	Generación de emisiones de CFC	1	4	2	4	15	4
E3	Generación de agua residual en la empresa	2	2	2	4	12	3
E4	Generación de efluentes con Shampoo en el servicio de lavado	1	2	1	3	9	2
E5	Generación de efluentes de aceites y grasas en el servicio de lavado	1	2	2	3	10	2
E6	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	1	1	2	4	9	2
E7	Emisión atmosférica de Metano en el distrito de Chiclayo	1	4	2	4	15	4
E8	Generación de ruidos en el área de la empresa	1	1	1	2	5	1
E9	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	1	4	2	4	15	4
E10	Emisión atmosférica de dióxido de Carbono en el distrito de Chiclayo	1	4	2	4	15	4
E11	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	1	2	2	2	9	2
E12	Generación de residuos de papel en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E13	Generación de envases de aceite en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E14	Generación de envases de grasas en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E15	Generación de envases de aerosoles en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E16	Generación de residuos de cartón en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E17	Generación de filtros en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E18	Generación de agua residual en el servicio de lavado	1	3	2	2	11	3
E19	Emisión atmosférica de material particulado distrito de Chiclayo	1	1	2	2	7	1
E20	Generación de residuos de plástico en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1

ANEXO N° 19: ESTIMACIÓN DE GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS EN EL ENTORNO ECOLÓGICO DEL SERVICENTRO SAN MIGUEL ANTES DE LA PROPUESTA

IT	Escenario de riesgo	Calidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Puntuación
E1	Generación de residuos de detergente en el servicio de lavado	1	1	2	4	9	2
E2	Generación de emisiones de CFC	1	4	2	4	15	4
E3	Generación de agua residual en la empresa	2	2	2	4	12	3
E4	Generación de efluentes con Shampoo en el servicio de lavado	1	2	1	3	9	2
E5	Generación de efluentes de aceites y grasas en el servicio de lavado	1	2	2	3	10	2
E6	Generación de residuos orgánicos en el Servicio de lavado	1	1	2	4	9	2
E7	Emisión atmosférica de Metano en el distrito de Chiclayo	1	4	2	4	15	4
E8	Generación de ruidos en el área de la empresa	1	1	1	2	5	1
E9	Emisión atmosférica de CO en el distrito de Chiclayo	1	4	2	4	15	4
E10	Emisión atmosférica de dióxido de Carbono en el distrito de Chiclayo	1	4	2	4	15	4
E11	Emisión atmosférica de aerosol en el distrito de Chiclayo	1	2	2	2	9	2
E12	Generación de residuos de papel en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E13	Generación de envases de aceite en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E14	Generación de envases de grasas en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E15	Generación de envases de aerosoles en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E16	Generación de residuos de cartón en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E17	Generación de filtros en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E18	Generación de agua residual en el servicio de lavado	1	3	2	2	11	3
E19	Emisión atmosférica de material particulado distrito de Chiclayo	1	1	2	2	7	1
E20	Generación de residuos de plástico en el área de la empresa	1	1	1	2	6	1
E21	Contaminación de los arbustos por los efluentes de la empresa.	2	1	1	1	6	1
E22	Contaminación de los árboles por los efluentes de la empresa.	1	1	1	1	5	1
E23	Disminución de animales domésticos en el área de eliminación de los efluentes de la empresa.	1	1	1	1	5	1

ANEXO N° 20: ESTIMACIÓN DE GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO DEL SERVICENTRO SAN MIGUEL ANTES DE LA PROPUESTA

IT	Escenario de riesgo	Calidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Puntuación
E1	Producción dentro de las instalaciones de la empresa Servicentro San Miguel	1	1	1	1	5	1
E2	Variabilidad del empleo estacionario en la empresa	1	2	1	1	8	2
E3	Generación de un ambiente con factores de riesgo para los colaboradores.	1	2	1	1	8	2
E4	Generación de circunstancias de riesgo para la vida de los colaboradores.	1	1	1	1	5	1

ANEXO N° 21: MATRIZ DE LEOPOLD DESPUÉS DE LA PROPUESTA

			ACCIONES						Impacto por subcomponente	Impacto por componente	Impacto total del proyecto	
			Lavado de vehículos	Cambio de aceite	Cambio de filtros	Mantenimiento de filtros	Post-Lavado	Aseo de patio de lavado				
FACTORES	Medio Físico	Aire	Material particulado			-2/2	-2/2		-1/1	-9	-84	-73
			Ruido	-3/3			-3/3			-18		
			Olores residuales		-2/2			-2/2		-8		
		Agua	Consumo de agua	-1/1					-1/1	-2		
			Aguas residuales	-1/1					-1/1	-2		
			Suelo	Calidad del suelo	-3/3	-3/3						
	Aceites residuales			-3/7					-21			
	Grasas Residuales					-3/2			-6			
	Medio Biotico	Flora	Árboles			-1/1	-1/1			-2	-5	
			Arbustos			-1/1	-1/1			-2		
		Paisaje	Alteración paisajística	-1/1						-1		
	S.E	Pobla	Salud de trabajadores	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2			-8	16	
			Empleo	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	24		
	TOTAL			-19	-32	-4	-19	0	1	-73	-73	

ANEXO N° 22: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO</b>						
<b>¿MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SERVICIO DE LAVADO DE AUTOMOVILES SE PODRIA REUTILIZAR EL AGUA Y MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LAS FUENTES DE AGUA?</b>						
<b>Área</b>	<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Metodología</b>	<b>técnica/herramienta</b>	<b>Logros</b>	<b>Indicadores</b>
Tecnología y Medio Ambiente	<b>Impacto ambiental negativo sobre las fuentes de agua</b>	Alto consumo de agua potable	Tratamiento de agua residual	Reutilización de aguas residuales tratadas	Reducir el consumo de agua	Consumo de agua = m <sup>3</sup> /mes Δ Consumo=C. actual-C. nuevo
		No existe un tratamiento previo de las aguas residuales		Análisis de aguas residuales	Reducir las concentraciones de DBO <sub>5</sub> , DQO, SST, Aceites y Grasas	Concentración DBO <sub>5</sub> = mg/L ΔDBO <sub>5</sub> =DBOactual-DBO nuevo
		Utilización de grasas, aceites y detergentes.				Concentración DQO = mg/L ΔDQO=DQOactual-DQO nuevo
						Concentración SST= mg/L ΔDQO=SST actual- SST nuevo
						Concentración Aceites y Grasas = mg/L ΔAyG = AyG actual- AyG nuevo
	Mejorar calidad del agua	Calidad del agua ≤ VMA				

## ANEXO N° 23: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS  
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

**"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE  
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"**

EPSEL S.A.  
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

### RESULTADOS DE ANALISIS FÍSICO QUÍMICOS LAVADO DE AUTOMÓVILES

PARAMETROS	Agua Residual
Fecha de Análisis:	02/03/2018
Código de Muestra	Lcc - 0744 - 18
DBO <sub>5</sub> , mg/L	629.2
DQO, mg/L	1 333.28
SST, mg/L/h	1 265.28
Aceites y Grasas, mg/l	238.67
pH	7.88

OFICINAS: Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo - Teléf.: 252291 (Central de Telefónica) - 253479 (G.G.)  
Gerencia Operacional Teléf.: 254132  
Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Teléf.: 273809 (G.C.) - 235751 (Central Telefónica)  
Emergencias: Teléf.: 238363 - 326747 - 0-80027092  
Pag. Web: www.epsel.com.pe

**ANEXO N° 24: METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL PAGO ADICIONAL POR EXCESO DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARAMETROS FIJADOS EN EL ANEXO N°1 DEL DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA**

**1.- ESTABLECIMIENTO DE RANGOS**

En concordancia con el principio de incentivar la reducción de las descargas de los parámetros del Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2010-VIVIENDA, la presente metodología establece cinco (05) rangos de concentración de los parámetros (DBO, DQO, SST y A&G) en relación a los incrementos de concentraciones establecidas como valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales en el sistema de recolección del servicio de alcantarillado sanitario y la transición de estos valores en relación a la dilución de la ciudad los efectos generados y proyectados en la operación y mantenimiento de la red colectora y plantas de tratamiento de desagüe, con la finalidad de incentivar en los usuarios no domésticos la adecuación de sus sistemas con un pre tratamiento antes de verter sus desagües a la red colectora.

**Definición de Rangos de Parámetros**

Rango	Parámetros			
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	A Y G
VMA (mg/L)	500	1000	500	100
Rango 1	500,1-550	1000,1-1100	500,1-550	100,1-150
Rango 2	550,1-600	1100,1-1200	550,1-600	150,1-200
Rango 3	600,1-1000	1200,1-2500	600,1-1000	200,1-450
Rango 4	1000,1-10 <sup>4</sup>	2500,1-10 <sup>4</sup>	1000,1-10 <sup>4</sup>	450,1-10 <sup>4</sup>
Rango 5	>a 10 <sup>4</sup>	>a 10 <sup>4</sup>	>a 10 <sup>4</sup>	>a 10 <sup>4</sup>

**2.- ESTABLECIMIENTO DE LIMITE DE PAGO ADICIONAL POR CADA RANGO**

Adicionalmente, se establece los límites del pago adicional para cada rango establecido:

**Definición de límite de pago adicional**

Rango	Límite de pago adicional
Rango 1	25% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 2	75% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 3	100% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 4	10 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 5	20 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado

### 3.- ESTABLECIMIENTO DE PESOS ESPECÍFICOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS

La metodología establece pesos específicos para cada uno de los parámetros: DBO, DQO, SST y A&G:

Asignación Porcentual	
Parámetro	Asignación porcentual
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	25%
Demanda química de oxígeno (DQO)	35%
Sólidos suspendidos totales (SST)	20%
Aceites y Grasas	20%

#### A. FORMULA

El pago adicional a ser aplicado a los usuarios no domésticos que producen agua residual no doméstica con concentraciones de DBO, DQO, SST y Aceites y Grasas por encima de los valores máximos admisibles del anexo n°1 del decreto supremo N° 021-2009-VIVIENDA, en adelante VMA, será aplicado sobre la estructura tarifaria previamente definida entre la EPS y la SUNASS. Por tanto únicamente los usuarios que opten por arrojar en la red colectora pública agua residual no doméstica con concentraciones de DBO, DQO, SST y aceites y grasas por encima de los VMA deberán realizar el pago adicional.

Ecuación 1:

$$PA = \text{Importe a facturar por el servicio de alcantarillado} * F$$

Dónde:

PA: Pago adicional

F: Factor de ajuste para calcular el pago adicional

Ecuación 2:

$$F = F_{DBO} + F_{DQO} + F_{SST} + F_{A\&G}$$

Donde:

$F_{DBO}$ : Factor de exceso de DBO de acuerdo al rango

$F_{DQO}$ : Factor de exceso de DQO de acuerdo al rango

$F_{SST}$ : Factor de exceso de SST de acuerdo al rango

$F_{A\&G}$ : Factor de exceso de A&G de acuerdo al rango

### Factores por cada Rango

Rango	Factores individuales				Total
	F <sub>D</sub> BO	F <sub>D</sub> QO	F <sub>S</sub> ST	F <sub>A</sub> &G	
Asignación Porcentual	25%	35%	20%	20%	
Rango 1	6%	9%	5%	5%	25%
Rango 2	19%	26%	15%	15%	75%
Rango 3	25%	35%	20%	20%	100%
Rango 4	250%	350%	200%	200%	10 veces más
Rango 5	500%	700%	400%	400%	20 veces más

### B. ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

La presente metodología será aplicada en cumplimiento con lo dispuesto en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Luego del primer año de aplicación, esta superintendencia revisará los rangos y factores haciendo los ajustes pertinentes.

ANEXO N° 25 ESTRUCTURA TARIFARIA DE SEDAPAL



SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA - SEDAPAL S.A.

**ESTRUCTURA TARIFARIA APROBADA MEDIANTE  
RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 022-2015-SUNASS-CD**  
Por los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

1. CARGO FIJO (S/. / Mes) 4,886

2. CARGO POR VOLUMEN

CLASE CATEGORIA	RANGOS DE CONSUMOS	Tarifa (S/. / m <sup>3</sup> )	
	m <sup>3</sup> /mes	Agua Potable	Alcantarillado <sup>(1)</sup>
<b>RESIDENCIAL</b>			
Social	0 a más	1,116	0,504
Doméstico	0 - 10	1,116	0,504
	10 - 25	1,295	0,586
	25 - 50	2,865	1,293
	50 a más	4,858	2,193
<b>NO RESIDENCIAL</b>			
Comercial	0 a 1000	4,858	2,193
	1000 a más	5,212	2,352
Industrial	0 a 1000	4,858	2,193
	1000 a más	5,212	2,352
Estatal	0 a más	3,195	1,396

<sup>(1)</sup> Incluye los servicios de recolección y tratamiento de agua residuales.

Notas:

A.- No incluye I.G.V.

B.- En aplicación a lo dispuesto en el Anexo N° 3 de la Resolución de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD publicada en el Diario Oficial El Peruano el 17.06.2015.

C.- La presente Estructura Tarifaria se aplicará a partir del primer ciclo de facturación posterior a la entrada en vigencia de la citada Resolución.

Gerencia de Desarrollo e Investigación

## ANEXO N° 26: COSTO DE CISTERNA DE AGUA



### Cisterna de Agua 2800 L

Cisterna

Ver precio por Tienda:  
Chiclayo ▼

**S/ 1847.90**

sku: 200557

Precios y stock actualizados el 23/10/2018 7:15am  
Precios referenciales y sujetos a variaciones.  
Stock sujeto a disponibilidad de cada tienda. Consultar precio y stock en tienda.  
Imágenes referenciales, los productos no incluyen accesorios excepto lo indicado en la descripción del producto.

### Ficha Técnica

Atributos	Detalles
Características	Exclusiva capa interior antibacterias con tecnología Expel. Tapa click de cierre perfecto
Marca	Rotoplas
Material	Polietileno
Diámetro de la base	1.56 m
Altura	1.78 m
Capacidad	2800 L
Cantidad de personas	10
Color	Celeste
Uso	Ideal como depósito subterráneo para recoger y guardar agua.
Incluye	Válvula de llenado con reducción de 3/4" a 1/2" y flotador, tapa click de cierre perfecto, tubo de succión de 1"
Garantía	De por vida
Procedencia	Nacional
Recomendaciones	Realizar la excavación de acuerdo a la capacidad de la Cisterna, considerar que el fondo de la excavación debe tener una base o plantilla de concreto, llenar la cisterna con agua antes de rellenar con tierra la fosa

## ANEXO N° 27: Motor para agitador

26/11/2018

Motor monofasico 0,37 Kw 1500 Rpm 220 V B14 - Motores electricos



### Motor monofasico 0,37 Kw 1500 Rpm 220 V B14

N.º de producto: TXS71B4PB14

En existencias

97,53 €

IVA incl

[Comprar](#)

Formas de entrega posibles: Envío normal, Envío Baleares, Retirada en nuestra tienda., Envío Portugal Península, Envío Canarias, Envío Europa

## ANEXO N° 28: BOMBA CENTRIFUGA 1/2 HP

**10072 / BOAC-1/2**

**BOMBA CENTRÍFUGA PARA AGUA 1/2 HP**

[VER Y COMPARAR OTROS](#)

[VER MANUAL](#)

[ACCESORIOS](#)

[> ESPECIFICACIONES](#)

Flujo máximo:	90 L/min
Potencia:	373 W (1/2 HP)
Tensión / Frecuencia:	120V / 60Hz
Corriente:	5 A
Velocidad:	3450 rpm
Altura máxima:	23 m
Máxima profundidad:	8 m
Ø Entrada / salida:	1 NPT
Tipo:	Centrífuga
Ciclo de trabajo:	50 min. de trabajo x 20 min. de descanso
Máximo diario:	6 horas
Usos:	Ideal para el abastecimiento de agua en casas, apartamentos y más

## ANEXO N° 29: AGITADOR DIMENSIONES



### SERIE VHS3

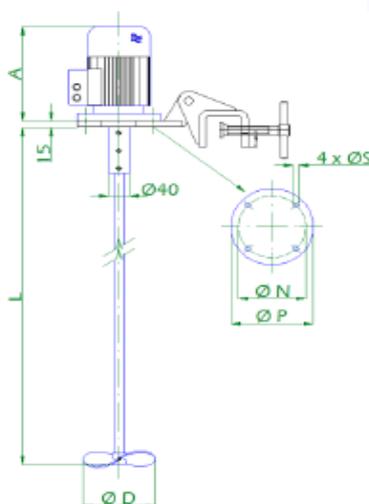
Las agitadores más pequeños de nuestro programa de fabricación son los de la serie VHS. Son agitadores rápidos, disponibles en velocidades de 750, 1000 y 1500 rpm, y adecuados para depósitos de volúmenes entre 50 y 1000 litros. Son apropiados para disoluciones de productos químicos y líquidos no viscosos. Su móvil estándar es la hélice marina de tres palas. La sencillez y la economía son características de los agitadores VHS. En caso necesario, la hélice se puede ajustar fácilmente a lo largo del eje, o se puede equipar con dos o más hélices.

#### Características:

- o Para tanques de 50 – 1000 litros.
- o Motores de 0,12 kW a 0,55 kW.
- o Velocidades de 750, 1000, 1500 rpm.
- o Hélice marina tripala de diámetros entre 80 y 140 mm.
- o Diámetro del eje 15 o 20 mm, longitud máxima 800 mm.
- o Eje y hélice en AISI 316, o revestido de polietileno.
- o Brida de anclaje con retén de doble labio.

#### Extras opcionales:

- o Brida en AISI 316.
- o Revestimientos especiales.
- o Ejecución alimentaria o pulida.
- o Motores ATEX..
- o Bridas DIN o ANSI.
- o Sujeción por pinza.



**ATENCIÓN:** ¡No deben trabajar en tanques vacíos!

Modelo	Motor kW	rpm	A	D	L max.	N	P	S	kg	Vol. *
VHS3-00 03 B 00	0,12	1500	196	80	500	100	120	7	8	50 l.
VHS3-01 01 B 01	0,18	750	224	100	800	130	160	10	15	100 l.
VHS3-01 02 B 02	0,18	1000	224	128	800	130	160	10	12	200 l.
VHS3-02 03 B 01	0,25	1500	196	100	800	130	160	10	11	300 l.
VHS3-03 03 B 02	0,37	1500	224	128	900	130	160	10	12	500 l.
VHS3-04 02 B 03	0,55	1000	234	140	800	165	200	11	15	1000 l.

Dimensiones en [mm].

(\*) Volúmenes orientativos de tanques.

Debido a nuestra política de constante mejora, los valores indicados pueden cambiar.

Tineo, 17 • 28031 Madrid (Spain) • Tel: + 34 91 170.19.24 • sales@fluidmix.es

ANEXO N° 30: Costos por fabricar tanque de coagulación-floculación, eje de agitador y tanque de lodos.

Tanque de coagulación-floculación	Cantidad	Precio unitario (S./)	Total (S./)
Plancha de acero inoxidable	1	500	500
Electrodo	40	4,5	180
Disco de Corte	2	6	12
Rolado	1	45	45
Vizagra	2	10	20
Tubo para patas	1	100	100
Eje de agitador (5/8)	1	90	90
Mano de obra	2	450	900
		<b>TOTAL</b>	<b>1847</b>

Fuente: El Aguila- Metal mecánica

Agitador	Cantidad	Precio unitario (S./)	Total (S./)
Ángulo de 316 x 1 1/2	1	100	100
Electrodos	10	3,5	35
		<b>TOTAL</b>	<b>135</b>

Fuente: El Aguila- Metal mecánica

Tanque de lodos	Cantidad	Precio unitario (S./)	Total (S./)
Plancha de acero inoxidable	1	500	500
Electrodo	25	4,5	112,5
Disco de Corte	2	6	12
Rolado	1	45	45
Mano de obra	1	450	450
		<b>TOTAL</b>	<b>1119,5</b>

Fuente: El Aguila- Metal mecánica

## ANEXO N° 31: Cotización de filtro de carbón activado.



Carbón activado y equipo de tratamiento de agua

Carbotecnia, S.A. de C.V.  
Calle B 2105 A  
El Tigre Zapopan Zapopan  
Jalisco México 45134

**Dirección de facturación y de envío:**  
Jose Enrique Fernandez Silva  
México  
Cotización # A42121

Jose Enrique Fernandez Silva  
México

**Fecha de cotización:**  
21/09/2018 10:13:18

**Vendedor:**  
Alejandra Martin Valdez

**Término de Pago:**  
Contado

**Vigencia:**  
28/09/2018

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Desc. (%)	Impuestos	Precio
[P_070100] Filtro manual de carbón activado: Tanque aquatrol 8x44, Multiválvula manual Aquatrol, 0.75 ft3 de carbón activado	1.0000 pieza(s)	138.71	20.00	IVA 16%	\$ 110.97
[P_010205_02] Micro 4 8x30 ft3 (Saco Impre.) Carbon Activado Granular Concha de Coco / Saco de 1 ft3	1.0000 pieza(s)	34.77	20.00	IVA 16%	\$ 27.82
<b>Total base</b>					\$ 138.79 USD
Impuestos					\$ 22.21 USD
<b>Total</b>					\$ 161.00 USD

**CONDICIONES DE VENTA:**

Material puesto en: Nuestra Planta en Zapopan Jalisco.

Tiempo de entrega:

(T.E. Corre a partir de la fecha del depósito y datos completos.)

Las cotizaciones o facturas en dólares se pueden pagar en dólares o pesos al tipo de cambio de CITIBANAMEX del día de la operación.

Las cotizaciones solicitadas en pesos de un producto que en nuestra lista de precios esté en dólares, su vigencia será de 2 días hábiles.

Productos disponibles salvo previa venta, favor de confirmar la disponibilidad antes de hacer la compra.

En cristalería, bulbos y tubos de cuarzo, no nos hacemos responsables por daños en las paqueterías.

NO INCLUYE INSTALACIÓN.

Puede leer nuestras políticas de venta en la siguiente liga: <https://www.carbotecnia.info/politicas-y-condiciones/>

Término del pago: Fin de Mes Siguiente

Depósitos en Moneda Nacional.

Banco: Citibanamex Cta. 5500499 Sucursal. 891

Clabe. 002320089155004993

Depósitos en Moneda Extranjera (USD)

Banco: Citibanamex Cta. 9766205 Sucursal. 891

Clabe. 002320089197662050

Cuenta para transferencia internacional. 002320089197662050

Código SWIFT: BNMXXMM

Código ABA (BANAMEX): 026007715

Se puede cotizar/facturar en pesos al tipo de cambio a la venta del día de la operación en Banamex; <http://www.banamex.com.mx/>

En algunos casos los precios no incluyen gastos de envío. Material puesto en cualquier paquetería de la ZM de Guadalajara Jal.

¡¡ **IMPORTANTE** !! Es indispensable mínimo los últimos 4 dígitos de su cuenta. La clave de método de pago corresponde conforme al siguiente catálogo: 01 Efectivo 02 Cheque nominativo 03 Transferencia electrónica de fondos. Además, para la expedición de su factura necesitamos que nos proporcione el "Uso de CFDI" y el "Método de pago" conforme a los requisitos de la facturación electrónica 3.3. Puede leer nuestras políticas de venta en la siguiente liga: <https://www.carbotecnia.info/politicas-y-condiciones/>

ANEXO N° 32: Cotización de análisis físico-químico



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS  
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

**"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE  
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"**

	FORMATO	Código	F03-JOCC-PR-01
	Cotización del Servicio	Versión	0
		Página	1 de 4
		Fecha	01/03/2017

**COTIZACIÓN N° 001**

Fecha:	13 de Enero del 2018
Solicitante:	JOSÉ ENRIQUE FERNÁNDEZ SILVA
RUC / DNI:	70545877
Domicilio legal:	Av. Las Américas N° 774 - UPIS Señor de los Milagros
Atención - Código:	518576
Teléfono(s):	943930563
Fax:	.....
Correo(s) Electrónico(s):	.....
Factura a:	Razón Social: JOSÉ ENRIQUE FERNÁNDEZ SILVA
	DNI N°: 70545877
	Domicilio Legal: Av. Las Américas N° 774 - UPIS Señor de los Milagros

**Detalle del servicio:**

Ensayo	Método	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio (S/.)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	50.42	1	50.42
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	50.42	1	50.42
Acetres y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	50.42	1	50.42
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	33.90	1	33.90
pH	-	7.06	1	7.06

Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL - LAVADO DE AUTOMÓVILES			
Procedencia de la Muestra: SERVICENTRO SAN MIGUEL			
Muestreado por: CLIENTE			
Tiempo de entrega de resultados: 07 DÍAS			
Validez de la Cotización: 15 DÍAS			
Servicio de toma de muestras	Precio Unitario (S/.)	Número de días	Precio (S/.)
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
Total sin IGV (S/.)			192.22
IGV (S/.)			34.60
<b>Total (S/.)</b>			<b>226.82</b>




**OFICINAS:** Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo - Telef.: 252291 (Central de Telefónica) - 253479 (G.G.)  
 Gerencia Operacional Telef.: 254132  
 Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Telef.: 273609 (G.C.) - 235751 (Central Telefónica)  
 Emergencias: Telef.: 238363 - 326747 - 0-80027092

## ANEXO N°33: AUTORIZACIÓN DE SERVICENTRO SAN MIGUEL

### CONSTANCIA

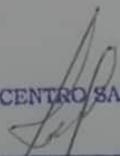
El señor **Ramón Reinaldo Larrea Serquen** identificado con DNI N° 16480025 representante de **SERVICENTRO SAN MIGUEL** con dirección en el PP.JJ San miguel Ca. Los Cedros 170 -Chiclayo-Lambayeque.

Qué, el señor **José Enrique Fernandez Silva**, identificado con DNI N° 70545877, estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, obtendrá información de la empresa a la cual represento **SERVICENTRO SAN MIGUEL** para la elaboración de su tesis que lleva por nombre: **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL SERVICIO DEL LAVADO DE AUTOMÓVILES SERVICENTRO SAN MIGUEL PARA MINIMIZAR SU IMPACTO AMBIENTAL”**, demostrándonos responsabilidad, honestidad, con la información y el trabajo realizado.

Se extiende la presente a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Chiclayo 10 de Noviembre del 2017

SERVICENTRO SAN MIGUEL

  
Ramón Reinaldo Larrea Serquen

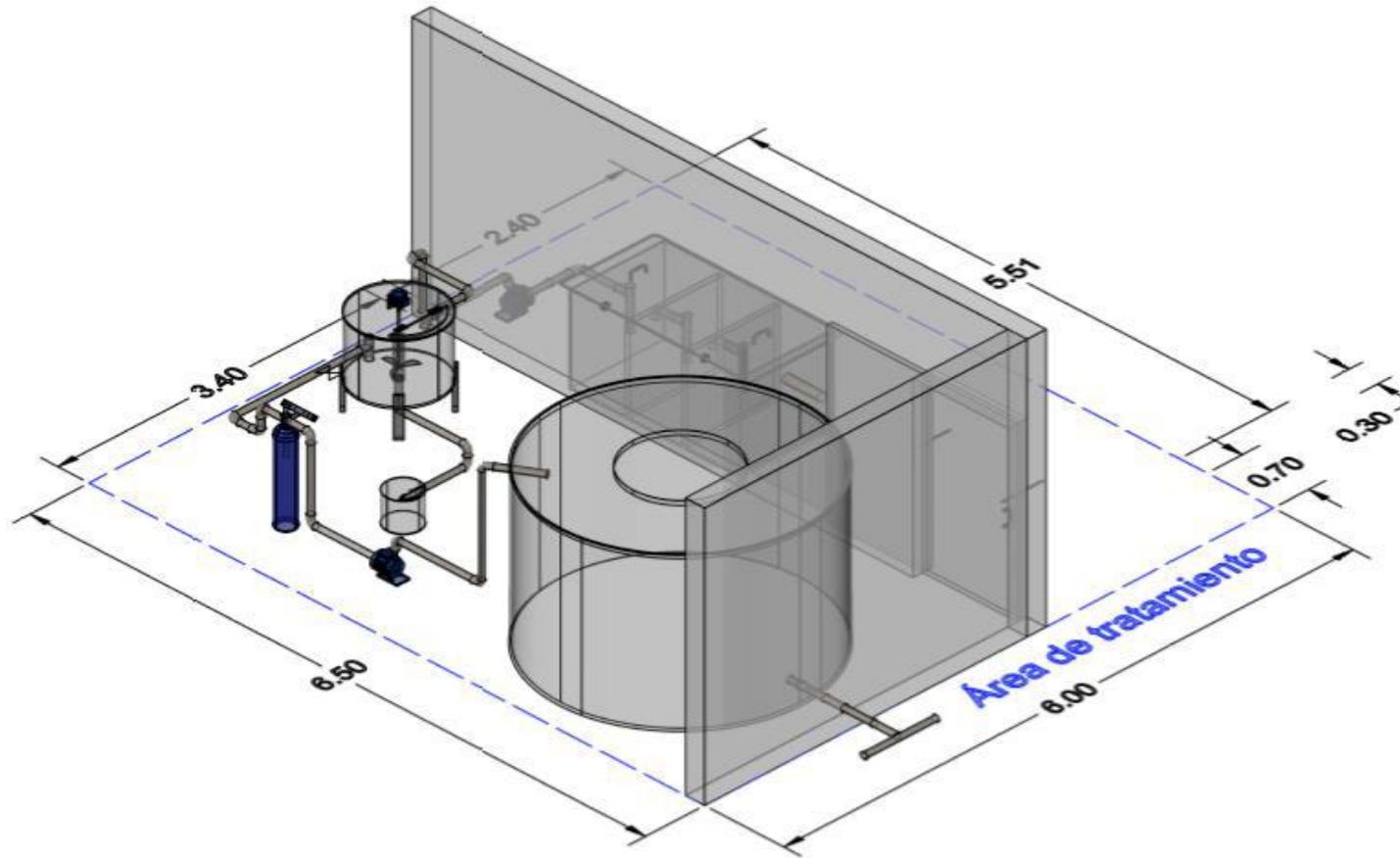
REPRESENTANTE  
REPRESENTANTE

Ramón Reinaldo Larrea Serquen

N° Telefónico: 979212874

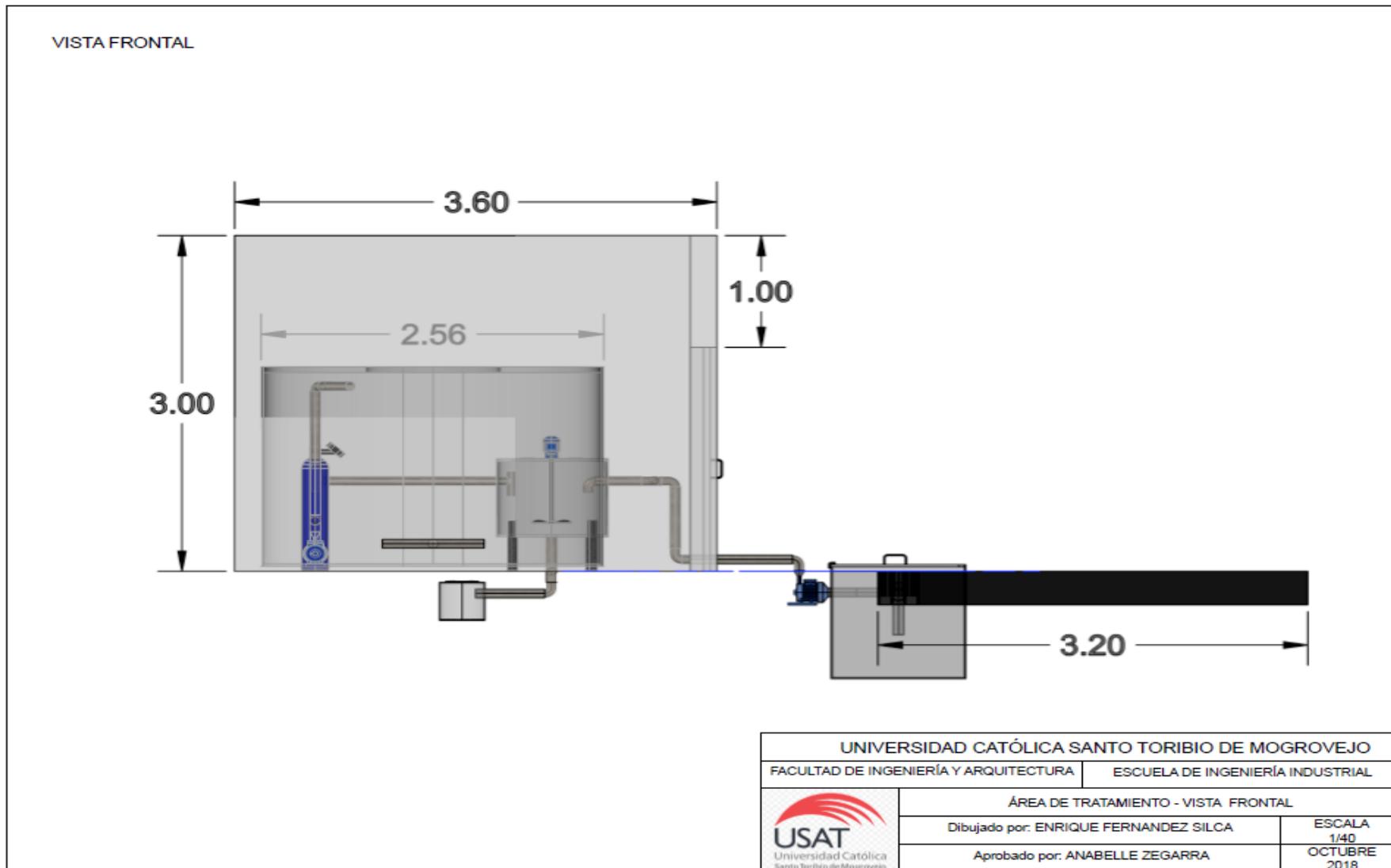
ANEXO N° 34: VISTA ISOMETRICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

VISTA ISOMÉTRICA

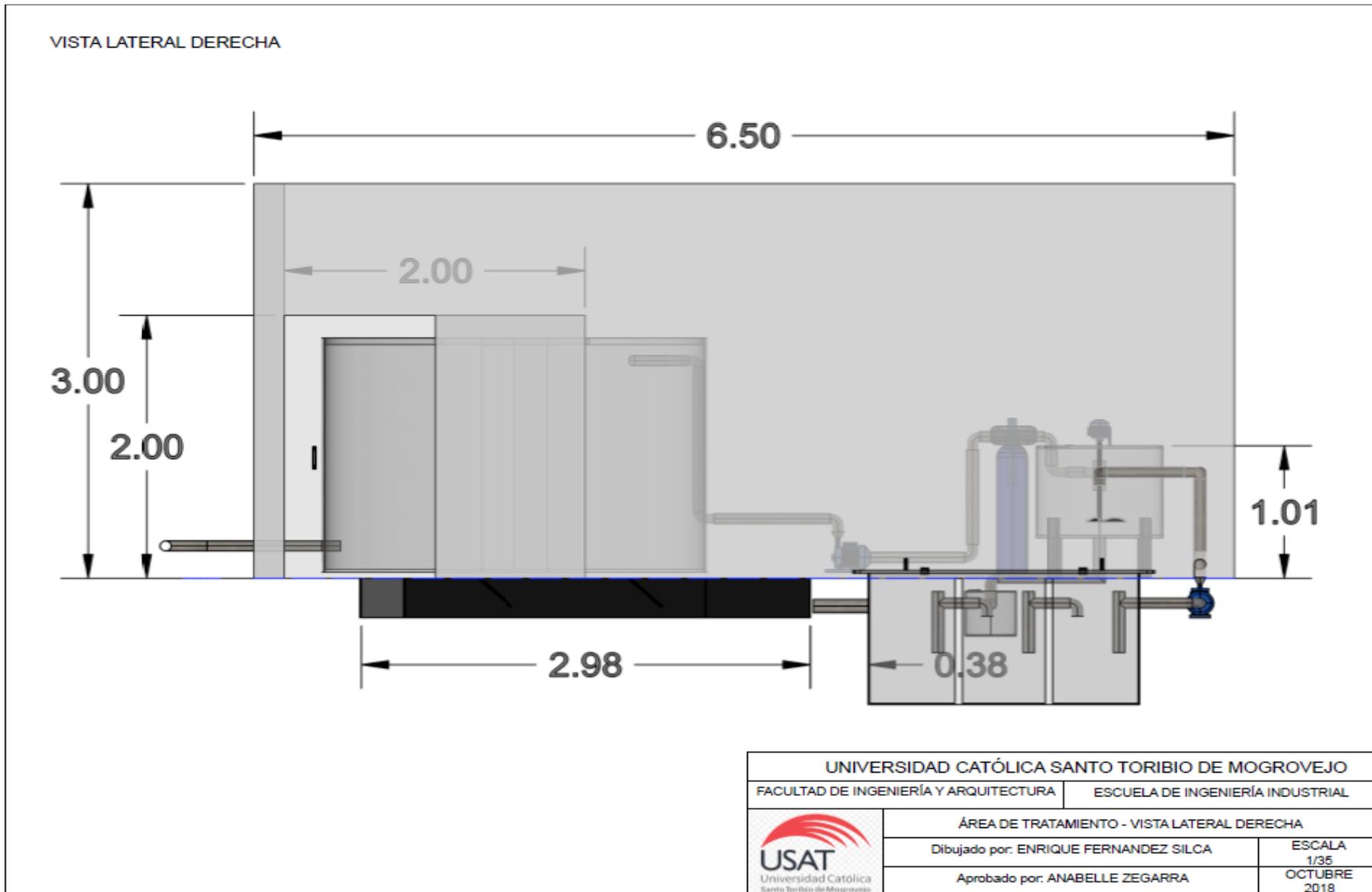


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ÁREA DE TRATAMIENTO - VISTA ISOMÉTRICA	
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	Dibujado por: ENRIQUE FERNANDEZ SILCA
	Aprobado por: ANABELLE ZEGARRA
ESCALA 1/50 OCTUBRE 2018	

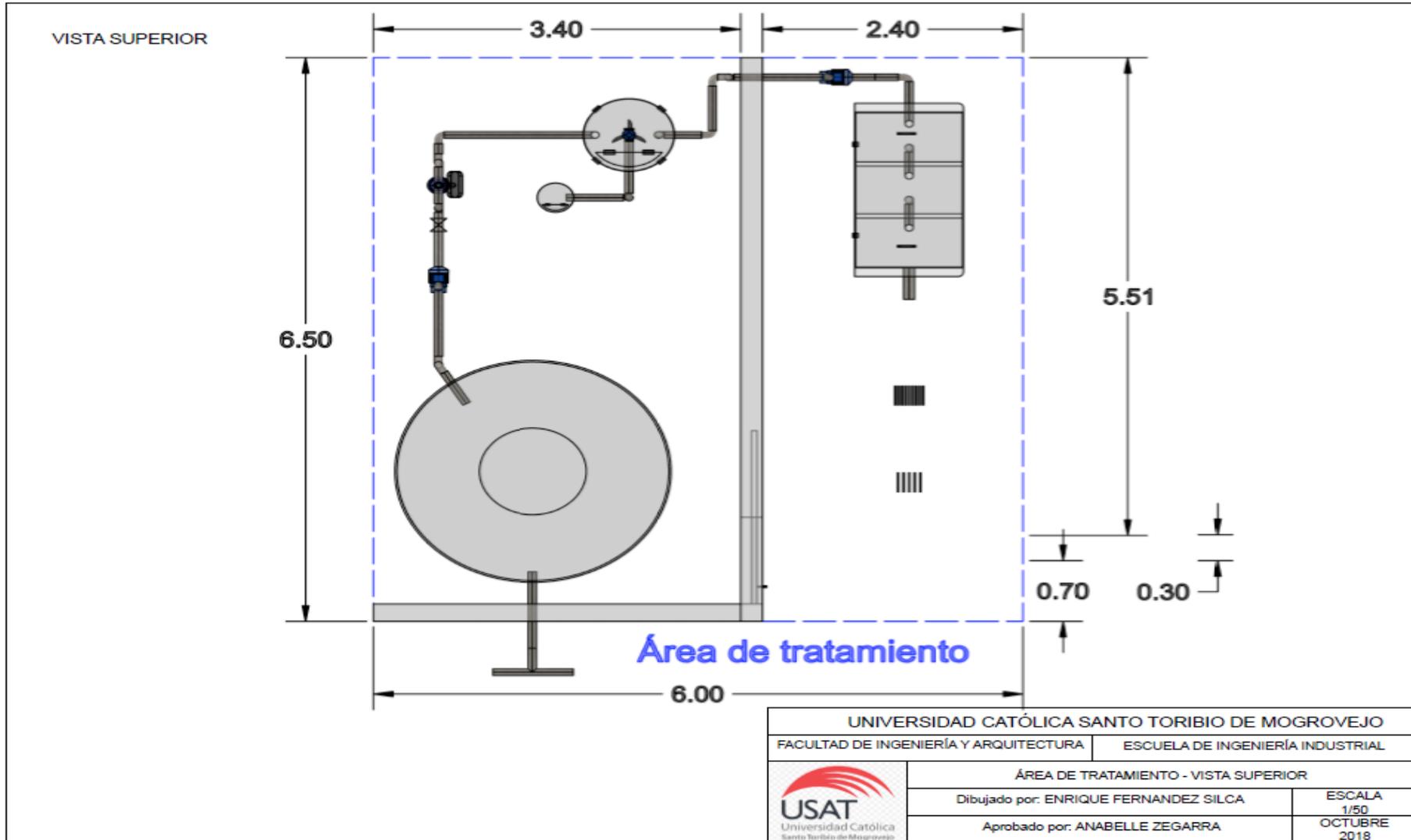
ANEXO N°35: VISTA FRONTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



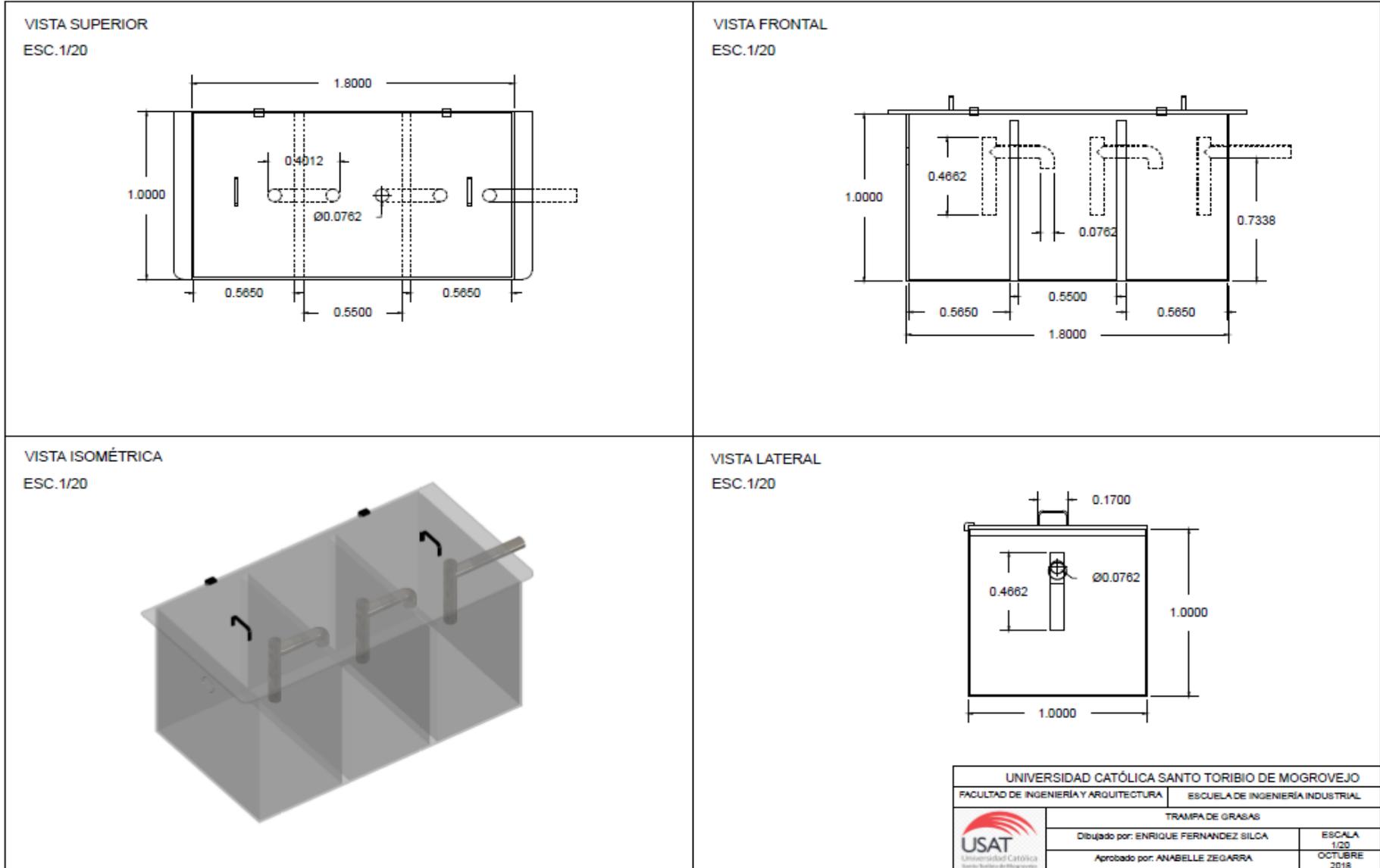
ANEXO N° 36: VISTA LATERAL DERECHA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



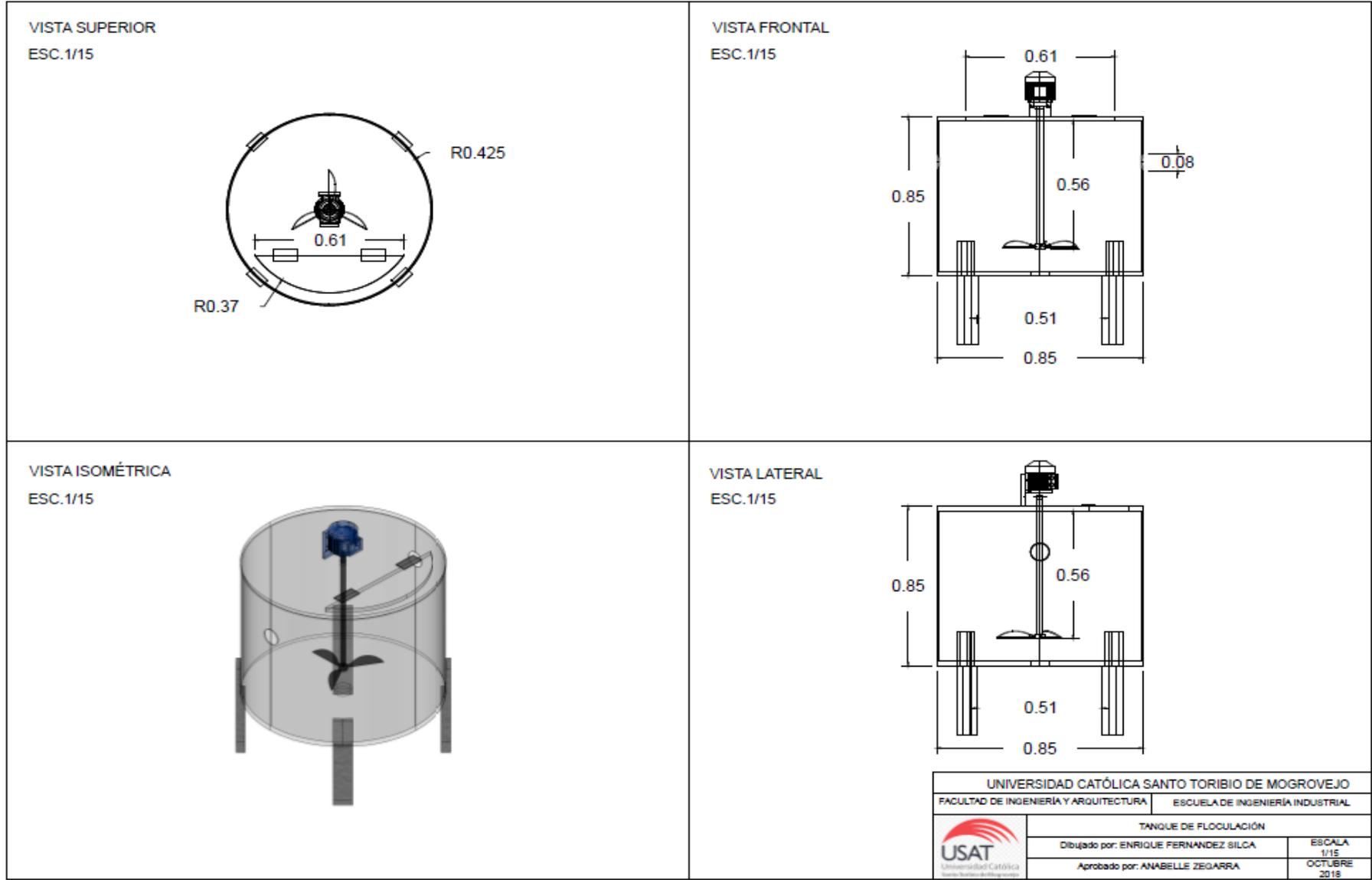
ANEXO N° 37: VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



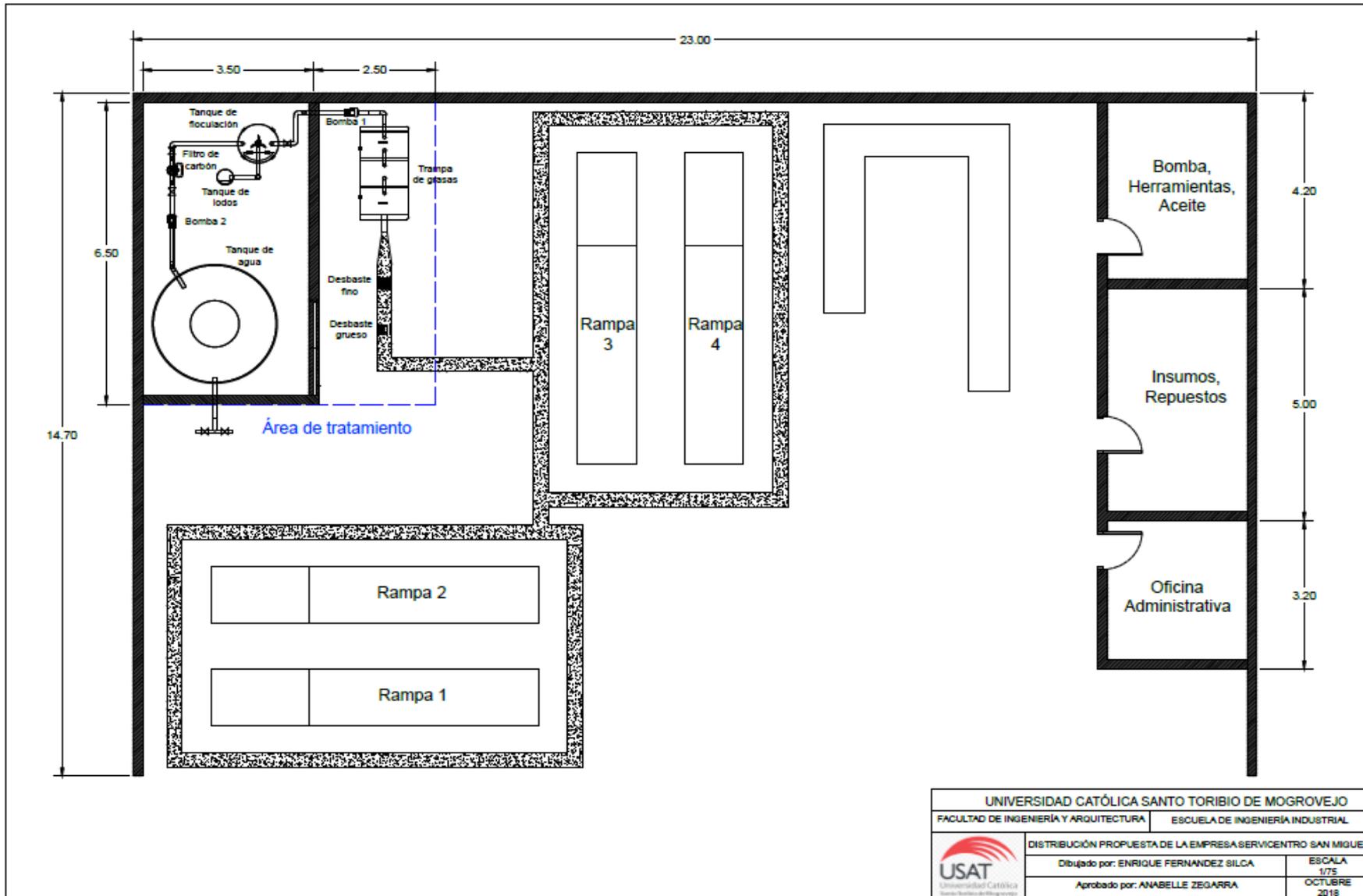
# ANEXO N° 38: VISTA DE TRAMPA DE GRASAS



# ANEXO N° 39: VISTA DEL TANQUE DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

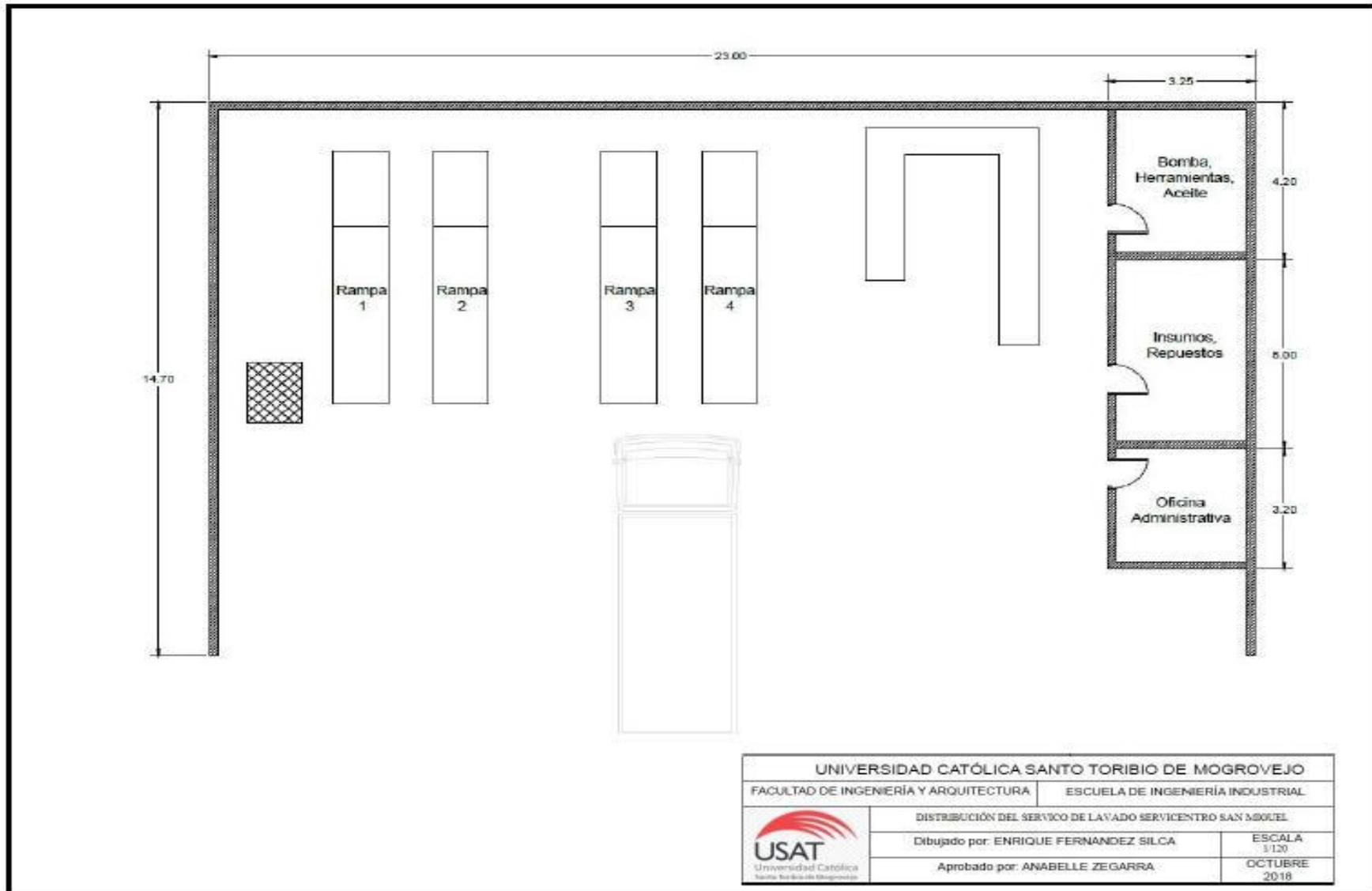


# ANEXO N° 40: PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DISTRIBUCIÓN PROPUESTA DE LA EMPRESA SERVICENTRO SAN MIGUEL	
Dibujado por: ENRIQUE FERNANDEZ SILCA	ESCALA 1/75
Aprobado por: ANABELLE ZEGARRA	OCTUBRE 2018

ANEXO N° 41: DISTRIBUCIÓN DEL SERVICIO DE LAVADO SERVICENTRO SAN MIGUEL



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
DISTRIBUCIÓN DEL SERVICIO DE LAVADO SERVICENTRO SAN MIGUEL		
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	Dibujado por: ENRIQUE FERNÁNDEZ SILCA	ESCALA 3/120
	Aprobado por: ANABELLE ZEGARRA	OCTUBRE 2018

ANEXO N° 42: VISTAS DE TANQUE DE LODOS

