

Estudio de las aguas residuales provenientes del lavado de carros en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. Study of wastewater from washing cars of Ambato, province of Tungurahua, Ecuador.

Fabian Morales Fiallos¹; Lenin Maldonado Narváez²; Lourdes Peñafiel Valla³

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, frmorales@uta.edu.ec

²Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, lr.maldonado@uta.edu.ec

³Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, lg.penafiel@uta.edu.ec

DOI: <http://dx.doi.org/10.31243/id.v15.2022.1598>

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad la caracterización de las aguas residuales provenientes de los desechos de las lavadoras de autos del cantón Ambato provincia de Tungurahua, para lo cual se realiza una investigación de campo y experimental que permite conocer el estado actual de estas industrias en el cantón Ambato. Se cuantifica los valores de caudales de agua potable que ingresan a 10 lavadoras de vehículos y el volumen de agua utilizado en el lavado de tres tipos de carros (automóviles, camionetas y 4x4). El volumen promedio de agua que se utiliza en el lavado de un automóvil, camioneta y 4x4 es 88,52 L, 122,49 L y 113,90 L respectivamente y se determina el volumen descargado, ya sea a los sistemas de pretratamiento existentes o en el sistema de alcantarillado, que es de alrededor de 1/3 del volumen del agua potable, de esta manera los volúmenes que se descargan en promedio son 31,90, 45,80 y 41,10 L según se lave automóvil, camioneta y 4*4 respectivamente. Se analiza en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato los parámetros físico – químicos como aceites y grasas, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno a los 5 días, sólidos presentes, del agua residual provenientes del lavado de carros, dando resultados que sobrepasan los límites máximos permisibles del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente con excepción de los sólidos sedimentables. Mediante el análisis de estudios reportados en bibliografía especializada se analiza los procesos de tratamiento existente y eficaces del agua residual provenientes de las lavadoras de carros como son la implementación de cribado, sedimentador, aireación, semillas de moringa, plantas acuáticas, filtración y uso de coagulantes.

Palabras clave: *agua residual, volumen de agua, parámetros físico – químicos, sólidos sedimentables, DQO, DBO5.*

Abstract

The following research study is the wastewaters characterization coming from the car washing machines of Ambato, province of Tungurahua. Thus, a field and experimental investigation is carried out that allowed to know the current state that present the washing machines that work in the city. The flow rates of 10 washing machines and the volume occupied in the washing of three types of cars (cars, vans, 4 * 4) was determined. The average volume of water used in the washing of automobile, truck and 4x4 is 88,52 L, 122,49 L and 113,90 L respectively, and it was determined that the volume discharged either to the existing treatments or to the sewage system is 1/3 of the volume used, in this way the volumes come to be unloaded 31,90, 45,80

and 41,10 L according to car, truck and 4 * 4 wash respectively. The physic - chemical parameters of the wastewater coming from the washing of cars were analyzed in the laboratory of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato such as oil and fats, COD, BOD, solids present, of wastewaters coming from the car washing machines obtaining results that exceed the maximum permissible limits of the UNIFIED TEXT OF SECONDARY ENVIRONMENTAL LEGISLATION except for the sedimentable solids.

Through an analysis of studies reported in the literature, it was determined that the efficient wastewater treatment processes from car washers are the implementation of screening, sedimentation, aeration, moringa seeds, aquatic plants, filtration, use of coagulants.

Keywords: *wastewater, water amount, physic - chemical parameters, sedimentable solids, COD, BOD.*

Introducción

El agua es el líquido vital más valioso del planeta Tierra. La Tierra está conformada por un 70% de agua, la cual se dispone de un 0,003% para el suministro de agua potable como fuente superficial. Ecuador se cataloga por ser uno de los países más ricos en recursos hídricos de Sudamérica, dispone de alrededor 43.500 m³ de agua por persona (Cabrera, Garcés, & Paredes, 2012). En Latinoamérica se producen 225.000 toneladas de residuos sólidos por día generados por 300 millones de habitantes, menos del 5% de las aguas residuales que recolecta el sistema de alcantarillado es tratado, lo que genera riesgos para la salud humana, animales y contaminación del medio ambiente (Reynolds, 2002a), solo en Ecuador el 8% de las aguas negras tienen algún nivel de tratamiento, esto debido al acelerado y desordenado crecimiento industrial, que es la primera causa de la contaminación del agua, y a la falta del cumplimiento de la política de conservación de los cuerpos receptores se tienen graves problemas medio ambientales (Cabrera et al., 2012).

El crecimiento continuo de la población en las zonas urbanas exige que la ciudad incremente sus servicios de transporte público y privado, estos medios de transporte requieren limpieza y mantenimiento en las estaciones de lavado. Las empresas de lavado se han incrementado debido al alto índice de crecimiento del parque automotor en los últimos años en el país. (Carrasquero, Terán, Mas y Rubi, Colina, & Díaz, 2015). El lavado de vehículos ocasiona impactos ambientales negativos al medio ambiente, por el hecho de un elevado consumo de agua potable y la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado doméstico o cuerpos receptores, sin un tratamiento previo o control de ningún tipo. (Carrasquero et al., 2015). En el proceso de lavado se utilizan agentes desengrasantes, ácidos y alcalinos que se utiliza para limpiar la suciedad y el polvo, el uso de brillo para proteger al vehículo de la abrasión, además del uso de aceites, grasas, detergentes, compuestos orgánicos, compuestos de fósforo, compuestos de nitrógeno y el polvo de los frenos (Kiran, Arthanareeswaran, Thuyavan, & Ismail, 2015). Los químicos mencionados son letales para el ser humano y se presentan en el agua residual proveniente del lavado, por lo que un tratamiento adecuado de esos efluentes en las lavadoras es necesario para proteger al ecosistema (Rodríguez Boluarte et al., 2016).

Las aguas residuales provenientes del lavado de carros contienen altas cargas contaminantes de aceites y grasas, DQO, DBO₅, sólidos suspendidos y un nivel de acidez (pH) muy elevado (Huybrechts, De Baere, Van Espen, Wellens, & Dijkmans, 2002), (Belmont et al., 2004), (Tavera Garcia & Torres Burgos, 2015). La presencia de estos parámetros contaminantes en niveles superiores a los límites máximos permitidos por la ley, nos indica que el agua debe pasar un por un tratamiento adecuado para su disposicoon final. La meta

de un tratamiento aplicado a este tipo de aguas nunca ha sido obtener un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros, para que el agua pueda ser reutilizada o descargada al sistema de alcantarillado con el fin de minimizar los riesgos tanto para el medio ambiente como para las poblaciones (Reynolds, 2002b), (Agua, 2008), (Ministerio del Ambiente, 2015).

Las estaciones de lavado de carros convencionales son uno de los sectores de servicios que más consume agua y que más la desperdician en su proceso, incumpliendo con las normas ambientales y generando un alto pago del servicio público. Erróneamente las personas creen que un óptimo lavado es cuando más cantidad de agua se utilice en el proceso, es por eso que en la actualidad los países subdesarrollados utilizan medidas más estrictas, como ejemplo en Holanda y en la región de Escandinavia el uso máximo permitido para el lavado de carros es 60-70 L/vehículo (Tavera Garcia & Torres Burgos, 2015), en Australia se ha establecido que el consumo máximo es de 100 L/ vehículo, (Kiran et al., 2015).

En la actualidad el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de carros es muy común teniendo resultados impresionantes, algunos de estos tratamientos son: el uso de membranas con coagulantes (Kiran et al., 2015), (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012) y (Patiño, Díaz, & Ordóñez, 2014). El uso de filtros biológicos con diferentes materiales (Higuera Cobos, Arroyave Londoño, & Florez Garcia, 2009), (Ruiz Arango, 2004). El uso de procesos biológicos como plantas acuáticas (el Jacinto, la lenteja, el buchón de agua, etc.) (Hidalgo, Montano, & Sandoval, 2005), (METCALF, 1995), (Rodríguez-Miranda, Gómez, Garavito, & López, 2010), semillas como la Moringa. El objetivo de este estudio es analizar la calidad del afluyente proveniente de las lavadoras de carros en la provincia de Tungurahua y ver las problemática existente en los establecimientos.

Metodología

Caracterización de las lavadoras en estudio

Para realizar el estudio se realizó el catastro facilitado por el Ing. Mg. Fabián Morales docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. En la actualidad, los establecimientos registrados de lavadoras de carros son 61 teniendo lavadoras adicionales no registradas con o sin permiso de funcionamiento, de las cuales se tomó una muestra de 10 lavadoras para el análisis.

Tabla 1. *Ubicación geográfica de las lavadoras en estudio.*

Lavadora	Sigla	Nombre	Coordenada x	Coordenada y	Sector
Lavadora 1	L1	CARWASH	764.550	9'859.600	Av. Atis y Gregorio Escobedo
Lavadora 2	L2	NITRO	764.099	9'859.142	Av. Cervantes y Av. Chasquis
Lavadora 3	L3	BANDYS	764.015	9'858.905	Av. Julio Jaramillo y Los Chasquis
Lavadora 4	L4	ByB	765.314	9'858.772	La joya, frente a Juanchos's grill
Lavadora 5	L5	HENKAT	763.441	9'857.527	Av. Atahualpa y Antonio Salas
Lavadora 6	L6	ZURITA	763.666	9'859.940	Víctor Hugo y Manuel Isaías Sánchez
Lavadora 7	L7	SPEEDWASH	763.164	9'859.620	Av. Víctor Hugo y Ernesto Alvarado
Lavadora 8	L8	VISCARRA	763.009	9'859.548	Av. Víctor Hugo y Horacio Hidrobo
Lavadora 9	L9	L. FREIRE	763.850	9'861.036	Av. los Shiris y Duchicela
Lavadora 10	L10	España	763.480	9'861.090	Av. Atahualpa y José Antepara

Determinación de caudales mediante investigación de campo.

Mediante un investigación de campo en cada lavadora se determina el caudal diario, para esto se toman los datos de carros lavados durante un día laborable, todos los establecimientos abren a partir de las 7h00 am y cierran alrededor de las 6h00 pm. Los carros se les dividió en tres categorías: camionetas, automóviles y 4*4.

Para determinar el caudal de entrada y el volumen de agua consumidos por vehículo se utilizó un medidor de volumen de agua marca Century, el cual se conectó directamente a la manguera del agua que se usa en el lavado de carros, y con ayuda de un cronómetro se tomó el tiempo de lavado por vehículo, datos que permiten calcular el caudal usado. Para determinar el caudal de descarga se realiza mediante el método volumétrico, que consiste en medir el volumen de agua de llenado del balde en un determinado tiempo o viceversa, este método se lo realizó en la tubería de desagüe hacia el pozo de revisión y se lo realizó por vehículo. También se realiza un conteo de carros lavados diariamente divididos en las 3 categorías mencionadas durante un mes, en periodo de 4 semanas para tener estadísticas de consumo de agua de las lavadoras.

Muestreo de aguas residuales

El proceso de recolección y conservación de la muestra del agua residual proveniente del lavado de carros se basó en las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013). La recolección de las muestras se realizó en botellas de plástico de tres litros debidamente cerradas para evitar el ingreso de aire lo cual limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte. El diseño experimental para las pruebas de laboratorio se hace recogiendo muestras de dos lavadoras por día según las fechas expuestas en la Tabla 2. Para la conservación de las muestras se utilizó un refrigerador de campo con un baño de hielo a una temperatura aproximadamente de 3°C, es por eso que se utilizó botellas de plástico porque las botellas de vidrio no son adecuadas para el congelamiento, el transporte se lo hizo en un lugar oscuro y fresco hasta su traslado al laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Tabla 2. *Día de recolección de las muestras en las lavadoras.*

Lavadora	Día de recolección
Lavadora 1	15 de Mayo del 2018
Lavadora 2	16 de Mayo del 2018
Lavadora 3	16 de Mayo del 2018
Lavadora 4	18 de Mayo del 2018
Lavadora 5	18 de Mayo del 2018
Lavadora 6	17 de Mayo del 2018
Lavadora 7	17 de Mayo del 2018
Lavadora 8	15 de Mayo del 2018
Lavadora 9	21 de Mayo del 2018
Lavadora 10	21 de Mayo del 2018

Caracterización fisicoquímica de aguas residuales de las 10 lavadoras en estudio

Demanda química de oxígeno (DQO).

La determinación de la DQO se basa en la guía 5220D *Standard methods for the examination of water and wastewater* (American Public Health Association, 1992), para la realización de estas pruebas experimentales se utilizaron los equipos de la marca HANNA INSTRUMENT e instrumentos y materiales del Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Los equipos usados fueron un fotómetro HI83099 COD Multiparameter Fotometer y un digestor HI839800 COD Reactor, también se usó el reactivo HI93754C-0, agua destilada, una gradilla, pipetas y equipo de protección.

Sólidos Sedimentables

Para determinar los Sólidos Sedimentables se realiza mediante el método 2540-F de la guía *Standard methods for the examination of water and wastewater* (American Public Health Association, 1992). Los instrumentos necesarios para realizar el ensayo son: cono Imhoff, probeta graduada de 1.000 mL, un sedimentador y pipetas. Para el desarrollo del ensayo se mezcló bien la muestra por agitación, se llenó el cono Imhoff, evitando verter la muestra por las paredes del cono, hasta la marca de 1.000 mL, se dejó sedimentar por 45 minutos, se removió suavemente las paredes del cono con una varilla agitadora, se dejó sedimentar 15 minutos más, con este método se obtuvo el volumen de sólidos sedimentables por litro de agua residual (mL/L).

Sólidos Suspendedos Totales

Los sólidos totales presentes en las aguas residuales de las lavadoras de carros se obtuvieron mediante el método 2540-D de la guía *Standard methods for the examination of water and wastewater* (American Public Health Association, 1992).

Para esta prueba se utilizó la incubadora marca Pol-eko, bomba de vacío marca Welch y el desecador marca Iciencewre, los materiales de laboratorio necesarios fueron papel filtro, crisol de porcelana, probeta graduada de 100 mL, balanza, equipo de filtración, pinzas, equipo de protección.

El proceso realizado para determinar los sólidos totales se detalla a continuación:

La fórmula matemática utilizada para calcular la concentración de sólidos suspendidos totales es:

$$C_{ag} = \frac{(W_{iF} - W_{fF}) + (W_{ic} - W_{fc})}{Var}$$

Donde,

W_{iF} es el peso del filtro después de permanecer en el desecador por primera vez.

W_{fF} es el peso del filtro después de los procesos de filtración y permanecer en el desecador por segunda vez.

W_{ic} es el peso del crisol después de permanecer en el desecador por primera vez.

W_{fc} es el peso del crisol con el agua filtrada seca.

Var es el volumen de agua residual utilizada en la prueba.

Aceites y Grasas

Para determinar aceites y grasas se sigue el proceso detallado en el método 5520 de la guía *Standard methods for the examination of water and wastewater de la American Public Health Association* (American Public Health Association, 1992). Los químicos utilizados fueron: hexano que para la realización del proyecto se utilizó la marca Emsure, ácido clorhídrico al 0,1N. La fórmula matemática utilizada para calcular la concentración de aceites y grasas es:

$$C_{ag} = \frac{W_f - W_i}{Var}$$

Donde,

W_i es el peso del balón a temperatura ambiente.

W_f es el peso del balón después del proceso de condensación.

Var es el volumen de agua residual utilizada en la prueba.

Resultados y discusión

Características de las lavadoras

En la investigación de campo realizada a las lavadoras se observaron los procesos de lavado, características del lugar, personal, nivel de seguridad, productos utilizados (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de las lavadoras en estudio.

Sigla	Tipo de Asfalto	Tipo de Piso	Canales de Conducción	Lugar de Lavado	Tratamientos Existentes	Limpieza de Pozos
L1	Hormigón	Impermeable	Si	Rampa	Cribado-lodos	Mes
L2	Hormigón	Permeable	No	Rampa	Lodos-grasas	Mes
L3	Hormigón	Impermeable	Si	Piso-elevador	Lodos	Semana
L4	Hormigón – ripio	Permeable	Si	Piso-elevador	Lodos-grasas	Tres meses
L5	Hormigón – ripio	Permeable	No	Rampa	Cribado	Mes
L6	Hormigón	Permeable	Si	Rampa	Lodos-grasas	Dos meses
L7	Hormigón – ripio	Permeable	No	Elevador	Lodos	Mes
L8	Hormigón	Permeable	Si	Rampa	Lodos-grasas	Tres meses
L9	Hormigón	Permeable	Si	Piso-elevador	No posee	Tres meses
L10	Hormigón	Impermeable	Si	Piso-elevador	Lodos	Tres meses

Se observó que muy pocas lavadoras tiene un piso impermeable con su respectiva pendiente para que el fluido se deslice con hacia los canales de conducción. La mayoría de las lavadoras tiene como tratamiento, trampas de lodos y grasas, y la limpieza de los pozos se limpia en una frecuencia que va desde cada semana hasta cada tres meses.

Todas las lavadoras son talleres de pequeña magnitud en las cuales se realizan las siguientes operaciones:

cambio de aceite, lavado, engrasado, pulverizado y aspirado (Tabla 4). La mayoría de las lavadoras utilizan detergentes industriales y otras utilizan detergente en polvo, para pulverizar las partes metálicas de los carros utilizan grafito mezclado con una cantidad de agua. Utilizan diferentes marcas de aceites, y la más utilizada es Kendall, lo cual se utiliza en promedio aproximado de 1 galón y 1 litro por vehículo.

Análisis del consumo de agua

Mediante un análisis de datos se obtiene el volumen total por lavadora y caudal usado (entrada) y volumen de (salida) que se presenta en la Tabla 4.

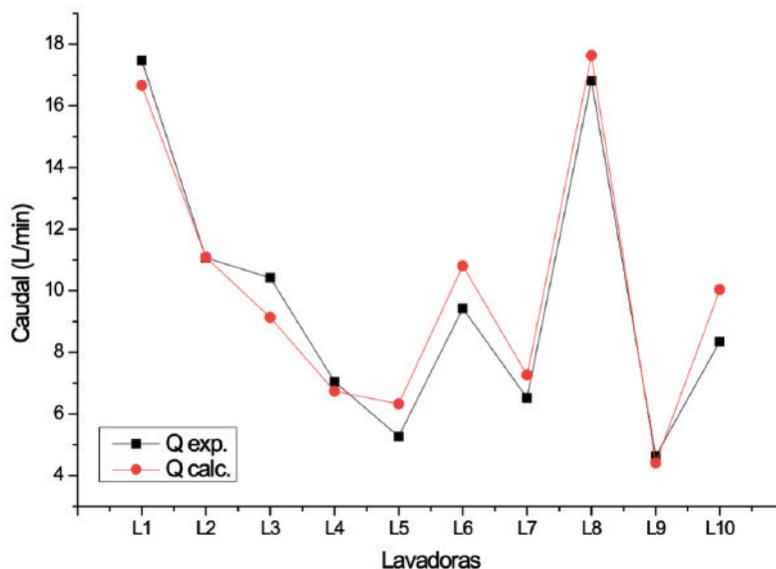
El caudal de entrada que se encuentra entre 4 a 18 L/min dependiendo de la lavadora, pero en la mayoría se encuentra por debajo de los 10,5 L/min. También se puede observar cómo varía los datos entre el volumen de entrada y de salida, esto se debe a las características del recubrimiento del piso de las lavadoras que son en la mayoría permeables (tierra suelta o grava) y así el agua contaminada filtra fácilmente contaminando el suelo.

Tabla 4. Determinación de caudales mediante cálculos matemáticos simples.

Lavadoras	ΣV entrada	ΣV salida	Σt lavado	\bar{Q} (entrada)	Q_{exp} (entrada)
unidades	L	L	(min)	L/min	L/min
L1	2.561,82	750,30	147,51	17,47	17,37
L2	1.639,75	546,58	148,22	11,06	11,06
L3	1.216,2	429,17	117,47	10,42	10,35
L4	648,6	325,07	92,89	7,04	6,98
L5	188,25	62,75	35,6	5,27	5,29
L6	548,35	182,78	57,75	9,43	9,50
L7	418,2	181,35	63,75	6,52	6,56
L8	823,8	407,64	48,96	16,81	16,83
L9	473,42	201,76	103,11	4,63	4,59
L10	320,95	79,19	38,13	8,35	8,42

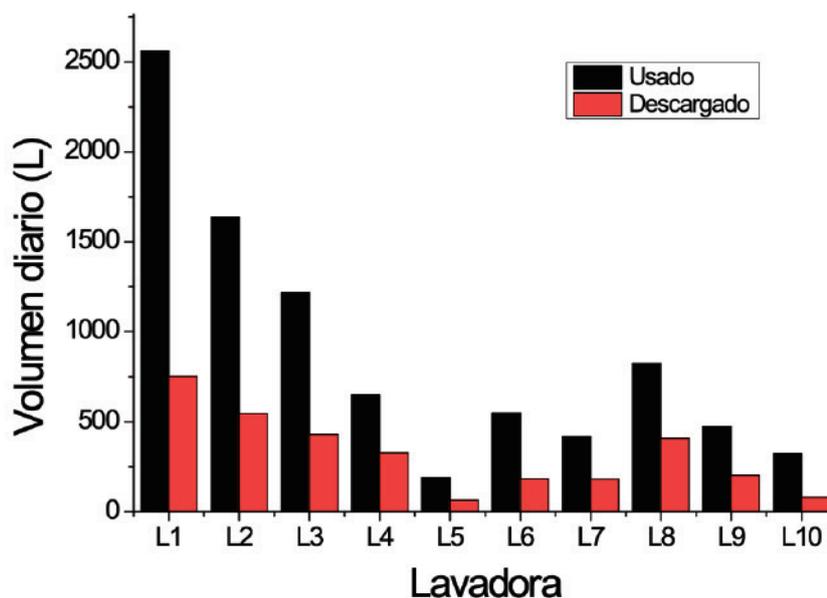
En la Figura 1 se puede evidenciar un comportamiento de los caudales de entrada determinados mediante los parámetros de las líneas de tendencia realizadas para cada lavadora que se encuentran en la Tabla 4. Como se puede notar el Q_{exp} . es el valor del caudal medido en el punto de descarga final, y es muy similar al caudal de ingreso y en ocasiones idénticos los que corrobora los procesos de obtención de los caudales.

Figura 1. Gráfico del caudal de entrada de cada lavadora.



La Figura 2 muestra como el volumen de descarga de las 10 lavadoras es mucho menos que el de uso llegando a ser hasta más de 50% del inicial. Además, se puede observar que la L1 presenta el volumen de uso mayor con más de 2.500 L a pesar de no ser la que más autos lava en el día, mientras que la con mayor cantidad de autos tiene casi la mitad de consumo, siendo estas las L2 (18 autos) y L3 (10 autos).

Figura 2. Gráfico de barras del volumen consumido y descargado en un día para cada lavadora.



Determinación estadística del volumen de lavado por carro.

Estos volúmenes oscilan dependiendo del tipo de lavado que se realiza, ya sea completo o rápido, pero mediante un promedio de los autos lavados el día de estudio se determinó el volumen de agua que ocupa

cada lavadora en los 3 tipos de auto (Tabla 5), así se observa que la L1 es la que consume el mayor volumen de agua para los 3 tipos y la las que consumen menor volumen son la L9 en camionetas y 4*4 y la L10 en automóviles.

Tabla 5. *Volumen de agua de uso y de descarga de cada lavadora según lo 3 tipos de autos en estudio.*

Lavadora	#	Automóvil		#	Camioneta		#	4*4	
		Vuso (L)	Descarga (L)		Vuso (L)	Vdescarga (L)		Vuso (L)	Vdescarga (L)
L1	3	256,33	76,41	3	348,24	101,28	3	249,37	72,41
L2	12	79,07	26,36	3	148,15	49,38	2	123,23	41,08
L3	4	90,33	30,29	3	143,55	50,85	3	141,42	51,83
L4	7	67,62	37,88	1	70,75	26,10	1	104,50	33,84
L5	1	48,50	16,17	1	71,20	23,73	1	68,55	22,85
L6	2	58,00	19,33	3	94,87	31,62	2	73,88	24,63
L7	4	61,60	22,79	1	89,45	58,42	1	82,35	31,76
L8	2	135,50	64,16	1	155,30	75,24	2	198,75	102,04
L9	5	48,91	16,78	3	36,89	22,76	3	39,40	16,52
L10	5	39,38	8,81	1	66,50	18,19	1	57,55	14,05
Promedio		88,52	31,90		122,49	45,76		113,90	41,10
Suma	45	885,24	318,98	20	1.224,90	457,56	19	1.138,98	411,00

Tomando en cuenta que cada lavadora presenta diferentes características del volumen de uso (entrada) solo se descarga (salida) 1/3 del volumen de entrada hacia los tanques de tratamiento o en ocasiones directamente al alcantarillado de esta manera en promedio se consume 88,52, 122,49 y 113,90 L en automóvil, camioneta y 4*4 respectivamente, y de esos volúmenes vienen a ser descargado 31,90, 45,80 y 41,10 L según se lave automóvil, camioneta y 4*4 respectivamente. Lo cual tiene relación con investigaciones realizadas que determinaron que para aun automóvil se necesita de 60-70L/veh en Holanda y Región Escandinava (Tavera Garcia & Torres Burgos, 2015), en Australia 100 L/veh(Kiran et al., 2015), para vehículos compactos y subcompactos 170 L/veh y para camionetas 300 L/veh(Rubí, Fall, & Ortega, 2009). El volumen que se ocupa en las camionetas y 4*4 es muy similar pero mucho mayor que el que se ocupa en los automóviles.

Parámetros Físico – Químicos

En las Tablas 6, 7, 8, 9 y 10 se detallan los datos de las pruebas experimentales realizada para la determinación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales.

Tabla 6. Concentración de aceites y grasas.

Lavadoras	V _{AR}	V (C ₆ H ₁₄)	V (HCl)	Wi (balón)	Wf (balón)	ΔW	Concen- tración	LMP
	mL	mL	ml	Mg	mg	mg/150mL	mg/L	mg/L
L1	150	25	2	106.170	107.140	970	6.466,67	70
L2	150	25	2	126.370	127.070	700	4.666,67	70
L3	150	25	2	106.170	106.190	20	133,33	70
L4	150	25	2	126.370	126.500	130	866,67	70
L5	150	25	2	126.370	126.530	160	1.066,67	70
L6	150	25	2	126.370	127.100	730	4.866,67	70
L7	150	25	2	106.170	106.200	30	200,00	70
L8	150	25	2	106.170	106.270	100	666,67	70
L9	150	25	2	106.130	106.260	130	866,67	70
L10	150	25	2	106.120	106.190	70	466,67	70

VAR: volumen agua residual; VC₆H₁₄ : volumen hexano; V HCL : volumen ácido clorhídrico; Wi: peso inicial; Wf: peso final; ΔW: diferencia de pesos; C A.G: concentración de aceites y grasas.

Tabla 7. Concentración Sólidos Suspendidos.

Lavadoras	V _{AR}	Wi (F)	Wf (F)	ΔW (F)	C sólidos ($\frac{\Sigma\Delta W}{VAR}$)	LIMITE MAX PER
	L	mg	mg	mg	mg/L	mg/L
L1	0,10	100	440	340	3.400	220
L2	0,10	80	110	30	300	220
L3	0,10	70	260	190	1.900	220
L4	0,10	130	160	30	300	220
L5	0,10	80	100	20	200	220
L6	0,10	90	330	240	2.400	220
L7	0,10	60	450	390	3.900	220
L8	0,10	110	700	590	5.900	220
L9	0,10	90	120	30	300	220
L10	0.10	100	150	50	500	220

VAR: volumen agua residual; Wi (F): peso inicial del filtro; Wf (F): peso final del filtro; ΔW: diferencia de pesos; C sólidos: concentración de sólidos suspendidos.

Tabla 8. Concentración Sólidos Totales.

Lavadoras	VAR L	Wi (F) Mg	Wf (F) mg	ΔW (F) mg	Wi (c) Mg	Wf (c) mg	ΔW (c) mg	$\Sigma \Delta W$ mg	C (ST) mg/L	LMP mg/L
L1	0,10	100	440	340	85.520	85.610	90	430	4.300	1.600
L2	0,10	80	110	30	89.480	89.650	170	200	2.000	1.600
L3	0,10	70	260	190	86.480	86.530	50	240	2.400	1.600
L4	0,10	130	160	30	86.890	87.000	110	140	1.400	1.600
L5	0,10	80	100	20	76.500	76.570	70	90	900	1.600
L6	0,10	90	330	240	83.080	83.190	110	350	3.500	1.600
L7	0,10	60	450	390	88.690	88.740	50	440	4.400	1.600
L8	0,10	110	700	590	86.490	86.540	50	640	6.400	1.600
L9	0,10	90	120	30	82.250	82.310	60	90	900	1.600
L10	0,10	100	150	50	82.980	83.070	90	140	1.400	1.600

VAR: volumen agua residual; Wi (c): peso inicial del crisol; Wf (F): peso final del crisol; ΔW : diferencia de pesos; C (ST): concentración de sólidos totales; LMP: límite máximo permitido.

Tabla 9. Concentración Sólidos Sedimentables.

Lavadoras	VAR L	t sedim h	C SD ml/L	LIMITE MAX PER ml/L
L1	1,00	1,00	7,00	20
L2	1,00	1,00	2,00	20
L3	1,00	1,00	3,50	20
L4	1,00	1,00	2,50	20
L5	1,00	1,00	2,50	20
L6	1,00	1,00	4,00	20
L7	1,00	1,00	8,50	20
L8	1,00	1,00	9,50	20
L9	1,00	1,00	1,50	20
L10	1,00	1,00	2,00	20

VAR: volumen agua residual; t sedim: tiempo de sedimentación; C SD: concentración de sólidos sedimentables.

Tabla 10. Concentración DQO Y DBO5.

Lavadoras	V _{AR} mL	Vreactivo mL	T incub °C	tincub h	C DQO mg/l	C DBO mg/l
L1	2,00	4,75	200,00	2,00	917	458,50
L2	2,00	4,75	200,00	2,00	>15.000	7.500,00
L3	2,00	4,75	200,00	2,00	517	258,50
L4	2,00	4,75	200,00	2,00	1.080	540,00
L5	2,00	4,75	200,00	2,00	540	270,00
L6	2,00	4,75	200,00	2,00	>15.000	7.500,00
L7	2,00	4,75	200,00	2,00	1.097	548,50
L8	2,00	4,75	200,00	2,00	1.293	646,50
L9	2,00	4,75	200,00	2,00	332	166,00
L10	2,00	4,75	200,00	2,00	1.136	568,00

VAR: volumen agua residual; Vreactivo: volumen del reactivo; tincub: tiempo de incubación; C DQO: concentración de DQO; C DBO: concentración de DBO.

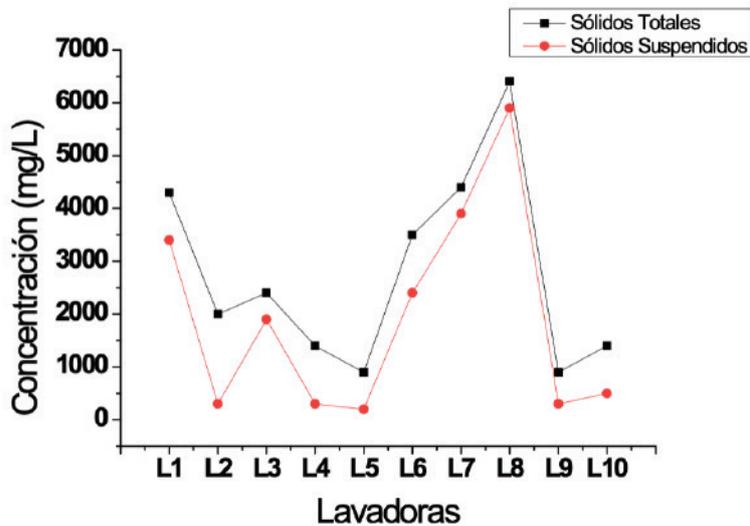
Aceites y Grasas

Las concentraciones de aceites y grasas (AG) de cada lavadora sobrepasan el LMP para aceites y grasas que es 70 mg/L (Ministerio del Ambiente, 2015). Los análisis evidencian que la L1, L2 y L6 son las lavadoras con mayor concentración de AG en el agua residual que producen sobre pasando los 4.500 mg/L. Mientras tanto el 70 % de las lavadoras se mantiene por debajo de los 1.000 mg/L que es un valor muy elevado para hacer una descarga al alcantarillado público.

Sólidos Suspendidos y sólidos totales

Las aguas residuales de las 10 lavadoras tienen presencia de sólidos tanto suspendidos como totales. Solamente la L5 está por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA con 200 mg/L para sólidos suspendidos y 900 mg/L para sólidos totales (Ministerio del Ambiente, 2015). La L4 también cumple con la concentración adecuada para sólidos totales alcanzando 1.400 mg/L. El comportamiento de las concentraciones (Figura 3) de los sólidos suspendidos y sólidos totales es muy similar, pero muestran concentraciones muy elevadas la L1. L7 y L8.

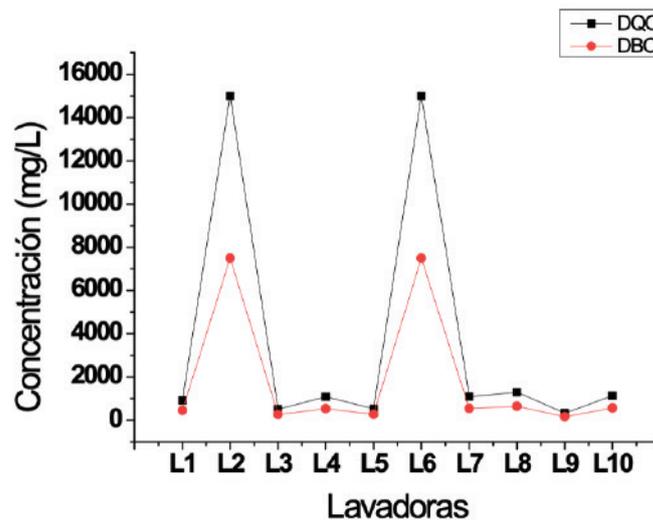
Figura 3. Concentración de Aceites y Grasas. Sólidos Suspendidos. Sólidos Totales.



Demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

En la Figura 4 se puede ver los resultados de la concentración de DQO y DBO₅ que presenta cada lavadora. Donde la L2 y la L6 presentan las concentraciones más altas de alrededor de 1.500 mg/L y sobre los 700 mg/L para la DQO y DBO₅ respectivamente. Para las otras lavadoras se mantiene entre 500 y 1.500 mg/L para los dos parámetros.

Figura 4. Concentración DQO Y DBO₅.



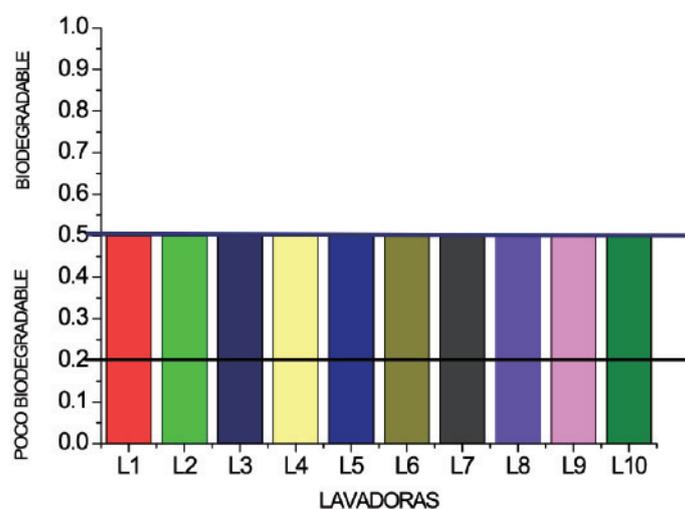
Relación de la biodegradabilidad

Como se muestra en la tabla 11 y la Figura 5, la relación de la biodegradabilidad en nuestras lavadoras es constante debido a que los estudios muestran que el DBO₅ es aproximadamente el 50% del DQO. Por lo que se obtiene el resultado de 0,5 lo cual indican que existen vertidos de naturaleza urbana. Son biodegradables y el agua residual puede ser tratada mediante tratamientos biológicos.

Tabla 11. Relación de la biodegradabilidad.

LAVADORAS	DQO	DBO	RELACIÓN
L1	917	458,50	0,50
L2	>15.000	7.500,00	0,50
L3	517	258,50	0,50
L4	1.080	540,00	0,50
L5	540	270,00	0,50
L6	>15.000	7.500,00	0,50
L7	1.097	548,50	0,50
L8	1.293	646,50	0,50
L9	332	166,00	0,50
L10	1.136	568,00	0,50

Figura 5. Relación de la biodegradabilidad.



Conclusiones

La infraestructura de las lavadoras analizadas no cumple con la Guía de prácticas ambientales de mecánicas, lubricadoras y lavadoras en especial en la parte de pisos impermeables adecuados, canales de evacuación del agua y almacenamiento de los desechos. Los volúmenes de entrada y de salida tienen una diferencia de más del 50% esto debido a las características del piso de las lavadoras que son en la mayoría permeables y así el agua contaminada filtra fácilmente contaminando el suelo. La cantidad de agua promedio que se ocupa para lavar un automóvil en la provincia de Tungurahua cantón Ambato es 88,52 L/veh, para lavar una camioneta es 122,49 L/veh y para lavar un 4*4 es 113,90 L/veh. La cantidad de agua máxima que se ocupa para lavar un automóvil es 381,60 L/veh, una camioneta es 598,32 L/veh, un 4*4 es 363,35 L/veh. Los parámetros analizados del agua residual proveniente de las lavadoras de carros presentan valores mayores a los especificados en el TULSMA en la mayoría de los casos para la descarga del efluente al sistema de

alcantarillado. Los procesos analizados para cada establecimiento tienen la similitud que la mayoría de las lavadoras cuentan con tratamientos de lodos, grasas, cribados y otras lavadoras no tienen ningún tratamiento, descargando directamente al alcantarillado público. Todas las lavadoras utilizan el agua para un prelavado y lavado del carro.

Referencias

- Alianza por el Agua. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Centa, Secretariado de Alianza Por El Agua, Ecología Y Desarrollo. <https://doi.org/Z-2802/08>
- Alcaldía Metropolitana. (2008). Guía de prácticas ambientales, mecánicas, lubricadoras y lavadoras. Guía de Prácticas Ambientales.
- Belmont, M. A., Cantellano, E., Thompson, S., Williamson, M., Sánchez, A., & Metcalfe, C. D. (2004). Treatment of domestic wastewater in a pilot-scale natural treatment system in central Mexico. *Ecological Engineering*, 23(4–5), 299–311. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.11.003>
- Cabrera, H., Garcés, M., & Paredes, P. (2012). Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador H. Ministerio de Agricultura, Ganadería Y Pesca Ministerio de Salud Pública `
- Carrasquero, S., Terán, K., Mas y Rubí, M., Colina, G., & Díaz, A. (2015). Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización. *Impacto Científico*, 10(2), 122–139.
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2), 52–73.
- González, A., De Mejías, L., González, J., Carrasquera, S., & Montiel, A. (2017). Uso de las Semillas de Moringa oleífera como coagulante en el tratamiento de efluentes provenientes del lavado de vehículos. *Revista Internacional de Biología*, 51(1), 31–42.
- Hidalgo, J., Montano, J., & Sandoval, M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Teoría*, 14(1), 1–10. Recuperado de <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a2.pdf>.
- Higuera Cobos, O. F., Arroyave Londoño, J. F., & Flores García, L. C. (2009). Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros. *Dyna*, 76(160), 107–119. <https://doi.org/0012-7353>
- Huybrechts, D., De Baere, P., Van Espen, L., Wellens, B., & Dijkmans, R. (2002). Best available techniques for car- and truckwash companies.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2669.
- Kiran, S. A., Arthanareeswaran, G., Thuyavan, Y. L., & Ismail, A. F. (2015). Influence of bentonite in polymer membranes for effective treatment of car wash effluent to protect the ecosystem. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.001>
- Mas y Rubí, M., Martínez, D., Carrasquero, S., & Vargas, L. (2011). Uso de la moringa oleífera para el mejoramiento de la calidad del agua de un efluente doméstico proveniente de lagunas de estabilización. *Boletín Del Centro de Investigaciones Biológicas*, 45(2), 169–180.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Anexo 1 Del Libro vi Del Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental Y de Descarga de Efluentes Al Recurso Agua.

- Patiño, Y., Díaz, E., & Ordóñez, S. (2014). Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, 5(2), 1–20.
- Reynolds, K. A. (2002a). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema. *De La Llave*, 1–4.
- Rodríguez-Miranda, J. P., Gómez, E., Garavito, L., & López, F. (2010). Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 1(1), 1–10.
- Rodríguez Boluarte, I. A., Andersen, M., Pramanik, B. K., Chang, C. Y., Bagshaw, S., Farago, L., ...Shu, L. (2016). Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 113, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.01.017>
- Ruiz Arango, A. (2004). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Lasallista De Investigación*, 1(2), 61–66.