



SOCIEDAD-MEDIO AMBIENTE

El futuro fluye

Gotas de cambio en el análisis de la
contaminación y sostenibilidad hídrica.
Casos de estudio

***Editor.* Oscar Tinoco Gómez**

Jorge Enrique Castillo Cueva
Schelah Nadia De la Colina Rivas
Miguel Angel Oruna Rodriguez
Alberto Rodriguez Palacios Miñano
Aldo Guillermo Rivadaneira Cuya
Darwin Dean Duran Janampa
Percy Wenceslao Lature Bustamante
Alcides Guillermo Joo Aguayo
Augusto Denis Madueño Macedo

Eduardo Julian Villarroel Nuñez
Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez
Duilio Angel Aranda Ipince
Silvia Coronado Ramirez
Luis Adrián González Quiñónez
Pedro Jesús De Bracamonte Morales
Julio Douglas Vergara Trujillo
Deina Candelaria Tinoco Orihuela
Oscar Rafael Tinoco Gómez

El futuro fluye

Gotas de cambio en el análisis de la
contaminación y sostenibilidad hídrica.

Casos de estudio

Editor. Oscar Tinoco Gómez

El futuro fluye

Autores:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| © Jorge Enrique Castillo Cueva | © Eduardo Julian Villarroel Nuñez |
| © Schelah Nadia De la Colina Rivas | © Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez |
| © Miguel Angel Oruna Rodriguez | © Duilio Angel Aranda Ipince |
| © Alberto Rodriguez Palacios Miñano | © Silvia Coronado Ramirez |
| © Aldo Guillermo Rivadaneira Cuya | © Luis Adrián González Quiñónez |
| © Darwin Dean Duran Janampa | © Pedro Jesús De Bracamonte Morales |
| © Percy Wenceslao Lature Bustamante | © Julio Douglas Vergara Trujillo |
| © Alcides Guillermo Joo Aguayo | © Deina Candelaria Tinoco Orihuela |
| © Augusto Denis Madueño Macedo | © Oscar Rafael Tinoco Gómez |

Editado por :

© Oscar Rafael Tinoco Gómez
Calle El Abutillon 3881, Urb. Las Palmeras - Los Olivos
otinocog@unmsm.edu.pe

Diagramación de texto, maquetación y diseño:

© Carlos Alberto Vega Vidal

Hecho el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-00101

Primera edición digital, Enero 2025

ISBN: 978-612-03-0468-6

Libro electrónico disponible en: [http:// librosctscafe.ctscafe.pe/](http://librosctscafe.ctscafe.pe/)

ISBN: 978-612-03-0468-6



Capítulo 4

Producción más limpia para el sector servicios con enfoque en el uso del agua.

Eduardo Julian Villarroel Nuñez

Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez

Duilio Angel Aranda Ipince

Silvia Coronado Ramirez

INTRODUCCIÓN

El planeta tierra está compuesto por un aproximado del 75% de masas de agua, de allí que se le llama planeta azul sin embargo solo el 0,025% se corresponde al agua dulce, de este porcentaje es el que puede ser usado para el consumo humano, animal y el sector industrial y sus diversos procesos, la importancia de este líquido es tal que sin él no sería posible ningún tipo de vida dentro de este planeta.

A través de los siglos los seres humanos han aprendido el valor del vital líquido, desde el uso para su consumo hasta los sistemas novedosos de riego y cisternas creadas por los antiguos romanos, al pasar los siglos el agua ha sido universalmente utilizada para muchos procesos de la vida cotidiana del ser humano, sin embargo y lamentablemente este recurso el cual es finito no ha sido valorado correctamente en estos últimos años, la contaminación de múltiples fuentes de agua dulce ha causado estragos en la salud del planeta y por ende en la de los seres humanos, el despilfarro de este líquido también genera problemas como la escasez del vital líquido, en muchas ocasiones por el uso indiscriminado en procesos industriales y domésticos que no cumplen con las debidas regulaciones ambientales y que desencadenan en la contaminación de cuerpos de agua en las ciudades y localidades no tan urbanizadas.

Uno de los impactos negativos hacia el medio ambiente es el uso que se le da al agua en diversos procesos industriales, los cuales realizan mezclas con otros elementos contaminantes y las aguas residuales no son tratadas y se vierten en las redes cloacales de la zona, provocando así no solo la contaminación de los afluentes como ríos, mares o lagunas sino también contaminando los suelos y lo que allí pueda sembrarse, por lo general estos suelos al pasar de los años resultan infértiles perdiendo así el potencial de producción no solo en la agricultura sino en la ganadería.

Por otro lado, las afectaciones graves que se han sucedido a la salud de los habitantes alrededor de las zonas en las que descargan las aguas contaminadas, provocando diversas enfermedades y hasta malformaciones genéticas en los niños de la zona. Todo esto se agrava aún más con el pasar del tiempo, y resulta paradójico ya que hoy día se cuenta con mucha más información en todos los ámbitos, y se cuenta con tecnología de punta con la cual poder realizar un mejor uso de las aguas en todo el mundo, pero se siguen contaminando y provocando problemas ambientales importantes en cualquier rincón del planeta.

Existe un sector de la industria que utiliza el agua como recurso fundamental para su funcionamiento, este es el sector de los autolavados, los cuales en su gran mayoría no solo ofrece el lavado de los vehículos, sino que también incluyen entre su servicio el lavado y desengrasado de motor y chasis. Este tipo de servicios ha crecido exponencialmente y forma parte de las pymes en todos los países, lo cual en cierto modo es importante ya que proporciona trabajo a cierta población y atiende un sector económico de la sociedad, sin embargo, según Ortiz (2020) menciona que las características que presentan las aguas residuales procedentes de autolavados dependen de los factores socioeconómicos de cada país. En este sentido, se han reportado en Brasil valores de DQO de 259 ± 40 mg/L; conductividad a 446 ± 55 μ S/cm y turbidez a 139 ± 45 NTU; en Turquía un estudio realizado reporta valores de pH 8, COD 560 mg/L, aceites y grasas 125 mg/L, sólidos suspendidos 2300 mg/L, conductividad 980 mS/cm.

En el caso específico de los establecimientos de lavado de automóviles, los contaminantes que se encuentran generalmente son materiales de arena, polvo, emulsiones de agua-aceite, grasas, carbono, asfalto, sales, surfactantes y materia orgánica, que pueden ser tratados, entre otros, por procesos de coagulación – floculación (Ramos y Avila, 2021).

MARCO TEÓRICO

La producción más limpia (PML) se constituye como una estrategia holística de gestión ambiental que tiene como objetivo primordial la mitigación de los efectos negativos que los procesos industriales ejercen sobre el entorno, mientras que simultáneamente busca optimizar la eficiencia en el uso de recursos. Este enfoque es congruente con los principios del desarrollo sostenible y ha ganado una relevancia significativa en el ámbito de la ingeniería industrial. La PML no se limita únicamente a la reducción de residuos y emisiones, sino que también fomenta un uso más eficiente de la energía y los materiales, favoreciendo así la sostenibilidad económica y ambiental de las industrias (United Nations Environment Programme [UNEP], 2020).

Conceptualización de Producción Más Limpia

La producción más limpia (PML) se define como la implementación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos, productos y servicios, con el fin de incrementar la eficiencia y reducir los riesgos tanto para los seres humanos como para el medio ambiente (UNEP, 2020). Este enfoque proactivo se distingue de las estrategias tradicionales de control de la contaminación, que generalmente son reactivas y se aplican después de que el daño ha ocurrido. La PML engloba una variedad de técnicas y prácticas, tales como la mejora de procesos, la innovación tecnológica, el rediseño de productos y la adopción de nuevas prácticas de gestión.

Principios y Estrategias de la Producción Más Limpia

Los principios esenciales de la producción más limpia (PML) abarcan:

- Prevención en la fuente: Minimización de la generación de residuos y emisiones desde su origen, en lugar de gestionarlos una vez producidos.
- Uso eficiente de los recursos: Optimización del empleo de materiales y energía, lo cual conlleva la reducción de desperdicios y el incremento de la productividad.
- Sustitución de materiales peligrosos: Reemplazo de sustancias tóxicas por alternativas menos perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana.
- Innovación tecnológica: Adopción de nuevas tecnologías y prácticas que mejoren la eficiencia y disminuyan el impacto ambiental.

Estas estrategias se llevan a cabo mediante diversas prácticas específicas, tales como el reciclaje interno de materiales, la reutilización de subproductos, la mejora en la eficiencia energética y la disminución de emisiones mediante tecnologías más limpias. (Van Berkel, 2010).

Implementación de la Producción Más Limpia en la Industria

La implementación de la PML en el sector industrial implica varios pasos críticos, que incluyen:

1. Diagnóstico ambiental: Evaluación inicial de los procesos productivos para identificar oportunidades de mejora y áreas de alto impacto ambiental.
2. Desarrollo de alternativas: Generación de opciones técnicas y operativas para reducir los impactos ambientales identificados.
3. Evaluación y selección de opciones: Análisis técnico y económico de las alternativas propuestas para seleccionar las más viables.
4. Implementación y monitoreo: Ejecución de las alternativas seleccionadas y seguimiento continuo de los resultados para asegurar la efectividad de las medidas implementadas (Van Berkel, 2010).

Beneficios de la Producción Más Limpia

Los beneficios de la producción más limpia (PML) son diversos y abarcan dimensiones ambientales, económicas y sociales. En el ámbito ambiental, se destacan la disminución de la contaminación del aire y del agua, la reducción de la generación de residuos y la conservación de recursos naturales. Desde una perspectiva económica, la PML puede conducir a una mayor eficiencia operativa, la reducción de los costos de producción y un mejor posicionamiento en el mercado. En el aspecto social, la PML contribuye a la mejora de la salud pública y al bienestar de las comunidades adyacentes a las instalaciones industriales (OECD, 2018).

Desafíos y Limitaciones

A pesar de sus numerosos beneficios, la adopción de la producción más limpia (PML) enfrenta varios desafíos y limitaciones. Entre ellos se encuentran la resistencia al cambio por parte de la gerencia y el personal, la carencia de conocimiento y capacitación en técnicas de PML, y las restricciones financieras para la implementación de nuevas tecnologías. Además, la variabilidad en las regulaciones ambientales y la falta de incentivos claros por parte de los gobiernos pueden dificultar la adopción generalizada de la PML (González-Torre & Adenso-Díaz, 2004).

Casos de Estudio

Numerosos estudios de caso demuestran la aplicación exitosa de la producción más limpia (PML) en diversas industrias. Por ejemplo, en la industria textil, la adopción de tecnologías de teñido sin agua ha logrado reducir significativamente el consumo de agua y la generación de efluentes contaminantes (Smith, 2019). En la industria alimentaria, la optimización de los procesos de producción ha resultado en una notable disminución del desperdicio de alimentos y del consumo energético (Jones & Hill, 2018).

Si se incluyen los servicios de lavado de automóviles, se identifica por ejemplo un estudio realizado por Marek Gryta y Piotr Woźniak (2024) en donde se reveló que la tecnología de ultrafiltración (UF) para el tratamiento de aguas residuales de lavados de autos puede recuperar hasta el 80% del agua utilizada. Este alto porcentaje de recuperación se logra manteniendo un flujo de permeado estable durante pruebas prolongadas, gracias a la limpieza periódica de las membranas con soluciones alcalinas, comúnmente utilizadas en los lavados de autos para la limpieza de ruedas y eliminación de insectos. Al lavar las membranas cada 5-7 horas durante 30 minutos, se puede mantener un flujo de permeado en un 80% del flujo inicial a lo largo de pruebas de 100 horas.

De acuerdo con el compendio de casos prácticos nacionales e internacionales desarrollado por Alegre (2007) a través del centro de ecoeficiencia y responsabilidad social (CER) se identifica que la aplicación de las estrategias PML por mejora de procesos logran reducir el consumo del agua por encima del 28% (Mercurio Industria y Comercio S.A.C. 40%, La Bellota s.a. 57%, Curtiembre la Pisqueña S.A. 28%), información que nos ayudará a estimar los beneficios esperados específicamente en el servicio lavado de autos.

Finalmente, se puede concluir que la producción más limpia constituye un enfoque integral y preventivo para la gestión ambiental dentro del ámbito de la ingeniería industrial. Mediante la implementación de prácticas y tecnologías que optimizan el uso de recursos y minimizan los impactos negativos sobre el medio ambiente, la PML contribuye de manera significativa al desarrollo sostenible. Sin embargo, para que la adopción de la PML sea efectiva, es esencial contar con un compromiso firme por parte de las industrias, respaldo gubernamental y una cultura organizacional que valore la sostenibilidad y la innovación.

METODOLOGÍA

Dada la naturaleza de la problemática y la información disponible, la investigación adoptó un enfoque exploratorio.

Objetivo de la investigación

Identificar las variables en un contexto específico, sin realizar manipulaciones ni controlar variables, como lo haría en un diseño experimental. Se enfatiza la importancia de examinar cómo interactúan las variables entre sí.

Recolección de datos

En el estudio, empleamos métodos de recolección de datos no experimentales como búsqueda documental “Datos Reales”. Se buscó recopilar datos de forma no intrusiva, observando las variables tal como se manifiestan en el contexto natural.

Análisis de datos

Se emplearon técnicas de análisis cuantitativo para examinar los datos recopilados. Esto incluyó utilizar estadísticas descriptivas y técnicas de análisis de correlación para identificar relaciones entre variables; en esencia, se analizaron los datos existentes para obtener conclusiones.

Población y muestra

La población o universo de la presente investigación, estuvo referida a los establecimientos de lavado de autos ubicados en la región 7 de Lima. Dentro de la población mencionada anteriormente, se ha decidido, por razones operativas de ubicación de las empresas y por conveniencia, que la muestra consistió en 1 empresa.

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los autolavados surgen en los años 20's en Estados Unidos como un servicio que supliría la falta de tiempo de lavar el auto por sí mismo en la época. Esta industria llega a generar presión frente al consumo del recurso hídrico, además de la generación de aguas residuales, estos lugares ofrecen el servicio de lavar automóviles disponiendo como materia prima agua y jabón. Un autolavado en promedio lava de 60 a 150 autos al día, empleando 80 litros de agua por auto. No obstante, menos del 40% de esta agua residual es tratada, esta problemática genera contaminación en los cuerpos de agua aledaña al autolavado (Plata, 2020).

A nivel internacional esta industria ha venido creciendo en los últimos años. En Alemania existe el centro de autolavado más grande del mundo llamado Mr Wash, allí se cuenta con más de 100 empleados que lavan cerca de 4000 autos al día. Para combatir las afectaciones ambientales y el gasto excesivo de agua el autolavado Mr Wash implementó una planta de tratamiento de aguas con procesos como coagulación y floculación la cual remueve emulsiones y metales pesados por medio de la electrocoagulación, con el fin de evitar la escorrentía de productos químicos (Ramos y Avila, 2021).

La industria de los autolavados ha experimentado un desarrollo monumental en las últimas décadas, producto del crecimiento demográfico y, por tanto, de la demanda de vehículos, fenómeno que a buen seguro continuará mantendrá su tendencia de crecimiento en el futuro (Correa, 2020). La cultura como sociedad se ha fortalecido y vinculado con el cuidado del medio ambiente, basándose en el cuidado de los recursos, especialmente el agua, esta medida sin dejar de lado la satisfacción de las necesidades humanas, por lo anterior se considera fundamental dicho manejo desde acciones básicas, tal es el caso de la limpieza de automóviles, actividad en la cual se gastan aproximadamente 500 litros de agua, siendo un proceso que propicia el desgaste del recurso natural (Ortiz et al., 2019).

Ahora bien, estas aguas provenientes de los autolavados en su gran mayoría se vierten en los drenajes municipales de las ciudades, sin ningún tipo de tratamientos fisicoquímicos que puedan evitar la gran contaminación de los afluentes de aguas residuales. Si se trata de establecimientos comerciales legales, por lo general se consumen grandes volúmenes de agua dulce para eliminar la suciedad de los vehículos, como consecuencia se generan grandes cantidades de agua residual, siendo esta vertida sin tratamiento alguno a la red de aguas residuales municipales

de la ciudad, incrementando la problemática (Ortiz, 2020).

En este sentido las empresas de los autolavados utilizan una gran cantidad de agua para su funcionamiento, de hecho este es el tipo de negocios que sin el agua no pudiesen funcionar, por lo que su servicio principal es el lavado y limpieza de vehículos, lavados de motor y chasis, por lo que utilizan el agua como base para la preparación de algún detergente que sirve para la remoción de polvo y grasas de cualquier tipo al vehículo, y es precisamente allí que radica el problema, estas aguas compuestas con otros elementos químicos son vertidas (en su gran mayoría) a la red de alcantarillados de la ciudad sin ningún tratamiento físico químico que permita evitar que los afluentes de agua se contaminen.

El servicio de lavado de autos en Perú en sus inicios se realizaba con baldes de agua y shampoo, conforme avanzaban los años, empezaron a surgir nuevas necesidades de los clientes y con ello la implementación de uso de mangueras y nuevas tecnologías. Actualmente, existen varios de estos servicios en todos los distritos de la capital que en su mayoría se caracterizan por ofrecer solo prestaciones relacionadas a la limpieza de vehículos desde lo más básico hasta lo más especializado.

Asimismo, han surgido nuevas necesidades de los clientes como búsqueda de comodidad durante la espera de la finalización del servicio, cuidado del medio ambiente y de sus recursos, minimización del tiempo de duración del proceso, entre otros. Por ello, el presente proyecto de servicio de carwash se caracterizará por contar con un servicio express de autolavado (túnel) con sistema de reutilización de agua y un ambiente agradable de espera para el cliente.

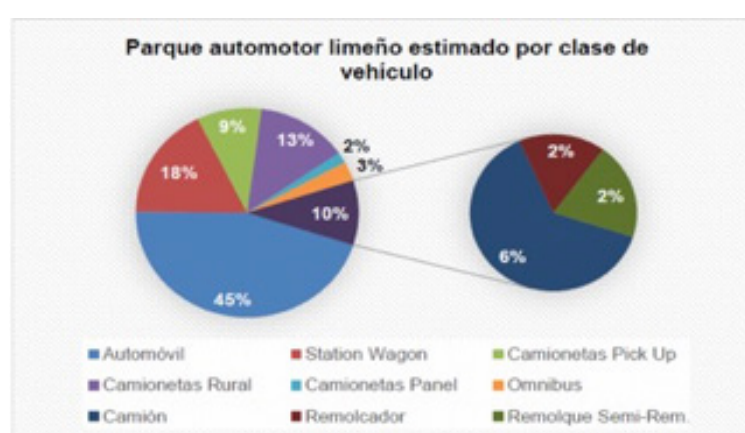
GraficoN°1 Evolución del Parque Automotor



Fuente: MTC (2021)

Tal como se mostró en el Gráfico 1, en Perú, el sector automotriz se encuentra en constante crecimiento desde hace más de 10 años. Según el MTC, solo Lima y Callao con 10 '365,300 habitantes tienen 1' 908,672 vehículos al 2018 lo que hace que haya 0.184 coches/persona y juntos contienen más del 60% del total de vehículos en el país (2020). En el Gráfico 2, se aprecia el porcentaje de participación de cada tipo de vehículo, solo los automóviles representan más del 40%, los cuales sumados a las camionetas pick up y station wagon conforman el 72.1% de los medios de transporte. Las camionetas panel, remolcadores y semirremolques tienen el mínimo de participación con un 2% cada uno.

Gráfico N°2: Parque automotor por clase de vehículo



Fuente: MTC (2021)

Según el informe de Inscripciones de Registros Públicos Vehiculares publicado por la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP), la tasa de vehículos inscritos 2018-2019 creció en 7.2%, mientras que la del 2017-2018 en un 5.5%. Referente a un informe de la AAP, en enero de 2020 la venta de vehículos livianos (autos y camionetas) fue de 14,420 unidades, donde el tipo y la cantidad de transportes por categoría se observan en el Gráfico 2.

Tabla N°1: Venta de vehículos en el Perú - enero 2020

Vehículo	Ventas
Automóvil	5,169
Camionetas	2,264
Pick-up, furgonetas	2,243
SUV y Todo Terreno	4,744

Fuente: APP (2020:1)

La adquisición de vehículos se incrementa en una tasa promedio de 6.3% anual solo en Lima y Callao, lo cual es una oportunidad creciente para el servicio de limpieza de medio de transporte livianos. Asimismo, cada vez es mayor el número de personas que solicita productos/servicios eco-amigables y contribuir al cuidado del agua (IPSOS 2020:1).

La demanda del servicio de lavado de autos en un escenario conservador iniciando con un porcentaje de participación de mercado de 1% incrementándose en 0.3% cada año, lo cual haría que el quinto año de vida del proyecto sea 2.2% como se muestra en las Tablas 1 y 2. Asimismo, presenta el número estimado de solicitudes de servicio que recibirá el establecimiento para la atención de autos y camionetas.

Tabla N°2: Número de atenciones solicitadas según el tipo de servicio para autos (2021-2025)

Servicio/Año	Externo	Completo (Int + Ext)	Motor	Siliconado	Encerado
2021	2,264,252	1,929,380	522,913	1,651,181	1,233,877
2022	2,405,244	2,049,520	555,474	1,753,998	1,310,709
2023	2,546,236	2,169,660	588,035	1,856,815	1,387,541
2024	2,687,228	2,289,800	620,596	1,959,632	1,464,373
2025	2,828,220	2,409,940	653,157	2,062,449	1,541,205

Fuente: elaboración propia

Operaciones de Producción en Carwash

Generalmente las operaciones en los lavadores de autos en nuestro país hoy en día son semiautomatizadas, puesto que se utiliza equipamiento, pero sopesa el trabajo manual, hay operaciones que van a adicionarse dependiendo el tipo de servicio y a ello el incremento de insumos y como de mano de obra asignado.

Las unidades varían desde autos, camionetas suv, camionetas pick up, furgonetas, camiones, mototaxis y otros vehículos menores. Se asigna la cantidad de personal luego del lavado base de acuerdo con el tipo de servicio que el cliente toma y la cantidad de lavadores varía de acuerdo a la capacidad de procesamiento de unidades por procesar.

En la limpieza interna de los tipos de lavado, se procede a lavar los pisos o tapetes por el cual también se utiliza el lavado manual, usando agua y champú, enjuagando con la hidrolavadora.

Para la presente investigación, solo se va centralizar y analizar la parte del proceso de lavado, por la característica del estudio.

Tipo de servicio en carwash

- Lavado Express: lavado con shampoo y secado (exterior)
- Lavado y Encerado: lavado externo y limpieza interna + encerado
- Lavado Salón: lavado externo + limpieza interna + lavado de asientos + limpieza techo
- Lavado Premium: Lavado full + encerado + tratamiento de pintura y faros.

Equipos para las operaciones

- Pozo cisterna
- Bomba electroneumática
- Hidrolavadora industrial
- Champunera de autos
- Aspiradoras industriales
- Pulidoras de pintura (de acuerdo al tipo de servicio)

Insumos usados en proceso de lavado

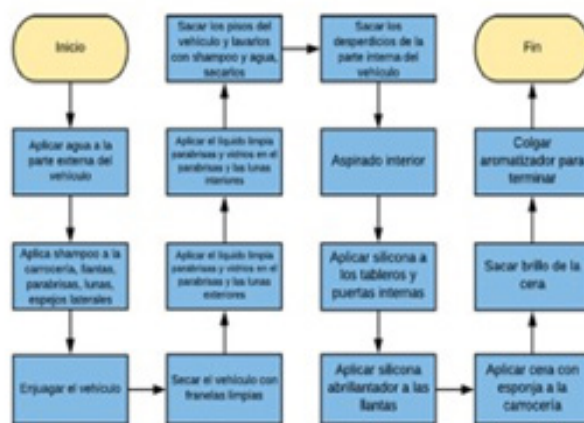
- Champú de auto
- Franela de microfibra
- Cera para auto
- Silicona con protección UV
- Silicona de llantas
- Mangueras

Proceso de lavado básico

- Recepción de unidad: Se consulta el tipo de servicio
- Lavado – 1er inyectado: Se saca el barro o tierra.
- Aplicación de Champú: Se aplica con la champunera todo el vehículo.
- Enchampunado: Se aplica y friega con esponja por toda la unidad.
- Enjuagar 2do inyectado: Se enjuaga el auto con agua limpia.

- Limpiar Aros y llantas: Se presta especial atención a las llantas.
- Secar el vehículo: Secado manual con franela de microfibra.

Gráfico N°3: Diagrama de flujo del servicio



Fuente: elaboración propia

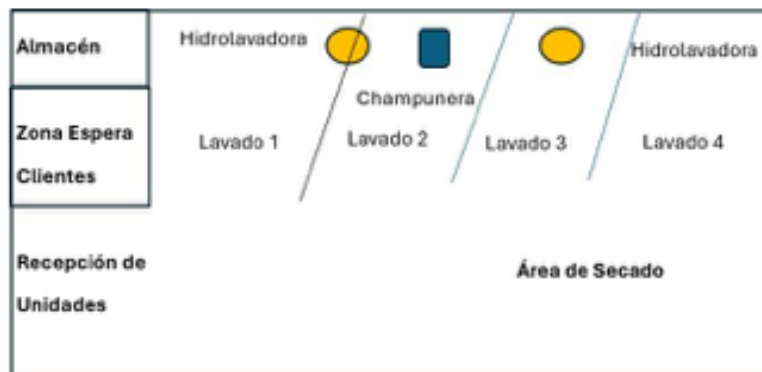
El área de lavado se encuentra en una plataforma con capacidad para las líneas lavado, generalmente son de 2 a 4 unidades para lavado; la mayoría de las plataformas de lavado cuenta con canales con rejilla para canalizar el agua utilizada y las hidrolavadoras se encuentran en puntos medios para operar entre 2 líneas de trabajo, igual la champunera está en un punto medio.

El personal debe llevar equipos de protección personal y ropa adecuada, como botas altas de jefe, un mandil de plástico, lo ideal es agregar lentes de protección y guantes de jebe hasta el brazo, pero los 2 últimos en las mayorías de carwash no lo dan por un tema de costos o desconocimiento.

El ambiente es húmedo debido a la pulverización del agua, no apto para el personal con diagnóstico de asma o enfermedad pulmonar.

Como dato el proceso de lavado tiene un orden lógico para tener un ritmo que se puede controlar como del uso adecuado de los recursos e insumos, es importante el método de trabajo que el personal va a desarrollar.

Las marcas más usadas en este negocio son los equipos de la marca alemana Kärcher en hidrolavadoras y aspiradoras, como también la marca Truper, equipos con buen desempeño y garantía en nuestro país.

Gráfico N°4: Distribución de zona de operaciones

Fuente: elaboración propia

Frecuencia de lavados

Entre semana sus actividades son de lunes a viernes desde las 9:00 AM hasta las 6:00PM, teniendo picos de atención en 2 frecuencias:

De 9: 00 a 10:00 AM y de 5:00 a 6:00PM lavado de taxis, de 4:00 a 5:00pm lavado de autos de empresas y furgonetas, el resto de horario son de autos particulares, pero es menor la cantidad, suelen realizar los servicios especiales como lavados premium, lavado de asientos, porque generalmente en fin de semana solo son lavados express o lavados con encerado, no aceptan lavados especiales porque es mayor tiempo y de mano de obra dedicada a un solo servicio y se le acumulan los lavados express.

Los fines de semana, los sábados de 9:00AM a 7:00PM y domingos de 9:00AM a 3:00PM.

Para nuestro caso elegimos una empresa que trabaja de lunes a sábado, debido a la normatividad legal de contratación del personal y permiso de funcionamiento en el distrito de Barranco, siendo ello muy importante, porque cada distrito tiene normativa diferente que todavía no está estandarizada por el Ministerio de Ambiente o la Municipalidad Metropolitana de Lima, puesto que algunos equipos al ser considerados industriales no tienen el permiso de funcionamiento en zona residencial.

Tabla N°3: Operaciones de Lavado

Auto 25min - Camioneta 35min

Operación	Lavado	Aplicación de Champú	Enchampu-nado	Enjuague	Secado
Personal	1				1
Equipo	1 hidrolavadora	1 Champu-nera		1 hidrolavadora	
Tiempo	3 - 6min.	3 - 6min.	5 - 10min.	2min.	10-18min
Insumo 1	Agua	Champú	Champú	Agua	Trapo
Insumo 2	Energía Eléctrica	Energía Eléctrica	Esponja	Energía Eléctrica	

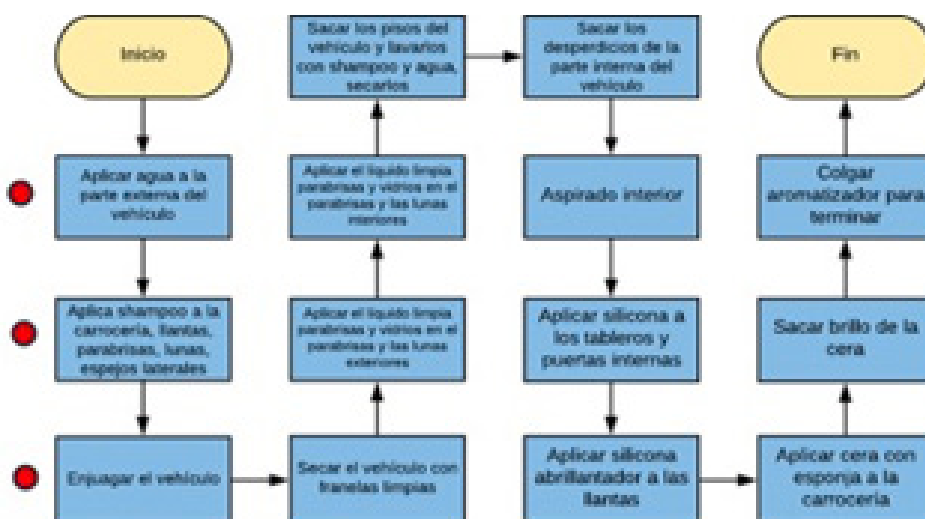
Fuente: elaboración propia

Para los fines del presente trabajo se evaluó el proceso de lavado en un car wash semiautomatizado ubicado en la zona de surco, que incluye evaluaciones económicas y la inversión.

Evaluación del proceso e identificación de oportunidades de mejora

El enfoque de estudio fue el consumo del agua en el proceso, es así como se identificaron al menos (03) actividades críticas donde se produce el consumo.

Gráfico N°5: Identificación de actividades críticas



Fuente: elaboración propia

Tabla N°4: Consumo de agua por actividad.

	Hidrolava- doras	Shampu- nera	Enjuague	Total	consumo de agua por servi- cio (lt)	cant ser- vicios x mes	Consumo agua total (lt) x mes
Unidades	Agua x lt	Shampoo x lt	Agua x lt	Con- sumo			
Auto	30	0,08	10	40,1	45,1	500	22 550,0
Camione- tas	36	0,14	12	48,1	53,2	300	15 948,0
Lavado pisos	3	0,02	2	5,0			38 498,0

Fuente: elaboración propia

De los datos recogidos in situ, se tiene:

Costo s/. x lt: 0,003

Asimismo, se evalúan alternativas de mejoras para el servicio de lavado de autos tomando como referencia la mejora del método de trabajo y/o proceso y el reciclaje del agua.

1era alternativa

Adopción de buenas prácticas en tres actividades identificadas

Reducción de consumo esperado: 30% (tomado como referencia en base a casos de éxito, Alegre (2007)).

Tabla N°5: Evaluación económica de la 1era alternativa

Consumo de agua por servicio (lt)	Cant servi- cios x mes	Consumo agua total lt x mes	Consumo agua total m3 x mes
31,6	500	15 785,0	15,8
37,2	300	11 163,6	11,2
Consumo de agua por servicio		26 948,6	26,9
Ahorro esperado x mes		11 549,4	11,5
Ahorro esperado x año		138 592,8	138,6
Ahorro esperado (s/.) x mes		34,7	
Ahorro esperado (s/.) x año		416,1	

Fuente: elaboración propia

Costo de implementación, que incluye capacitaciones y estandarización de procesos, s/. 5000.

2da alternativa

Cambio de tecnología para el reúso del agua

Reducción de consumo esperado: 60% (tomado como referencia escenario pesimista estudio Gryta y Woźniak (2024))

Tabla N°6: Evaluación económica de la 2da alternativa

Consumo de agua por servicio (lt)	Cant servicios x mes	Consumo agua total lt x mes	Consumo agua total m3 x mes
18,0	500	9 020,0	9,0
21,3	300	6 379,2	6,4
Consumo de agua por servicio		15 399,2	15,4
Ahorro esperado x mes		23 098,8	23,1
Ahorro esperado x año		277 185,6	277,2
Ahorro esperado (s/.) x mes		69,3	
Ahorro esperado (s/.) x año		832,1	

Fuente: elaboración propia

Costo de implementación: s/38000, que incluye equipamiento, instalación y puesta en marcha.

Oportunidades y análisis de los posibles costos y beneficios de la implementación de estas mejoras. Ambas alternativas fueron evaluadas, obteniendo como resultando lo siguiente:

Tabla N°7: Evaluación económica de ambas alternativas, base un año

Beneficio técnico ambiental	Medida PML	Beneficios económicos S/.	Inversión S/.	Tiempo retorno
Reducción del consumo del agua en 30%	Adopción de buenas prácticas en (03) actividades críticas	416,1	5 000,0	12 años
Reducción del consumo del agua en 60%	cambio de tecnología - geomembranas Gryta y Woźniak (2024)	832,1	38 000,0	> 12 años

Fuente: elaboración propia

Asimismo, incluimos para la evaluación la información de la investigación de Bolívar, A. y Saavedra, C. (2021)., donde obtendremos la demanda esperada de servicios para el año 2024, 2 687 228, para una zona demarcada que incluye surco,

donde se ubica el car wash referencia para el presente estudio (Zona 7: Miraflores, San Isidro, San Borja, Surco, La Molina; lugares donde se realizó la encuesta para la investigación).

Tabla N°8: Evaluación de la demanda de servicios para la zona 7

Cant. Servicios 2024 Zona 7	Alternativas PML	Ahorros generados por la cant de servicios	und
2 687 228	1era	38 794 838,8	lt
		38 794,8	m3
		116 384,5	soles
	2da	77 589 677,7	lt
		77 589,7	m3
		232 769,0	soles

Fuente: elaboración propia

Todas las evaluaciones realizadas nos darán una mejor perspectiva sobre que sería lo mejor desde un punto de vista económico, ambiental y/o social.

PROPUESTAS DE MEJORAS

- a) Desarrollo de recomendaciones específicas para implementar prácticas de producción limpia en la empresa estudiada. Se propone la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales que integre tecnologías de ultrafiltración y electrocoagulación. Estas tecnologías permiten una recuperación eficiente de hasta el 80% del agua utilizada en el proceso de lavado de vehículos. La ultrafiltración elimina partículas suspendidas y microorganismos, mientras que la electrocoagulación remueve contaminantes químicos y metales pesados.
- b) Propuesta de un plan de acción para la implementación de las mejoras. Implementar un programa de formación continua para el personal, centrado en la eficiencia del uso del agua y en la gestión adecuada de las aguas residuales. Además, establecer un protocolo de buenas prácticas ambientales que incluya el uso de detergentes biodegradables y la optimización del proceso de lavado para minimizar el desperdicio de recursos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) Conclusiones sobre la viabilidad y beneficios de implementar prácticas de producción limpia. Sea la alternativa que se elija los ahorros en soles generados no serían considerados representativos, pues en países como el nuestro el costo del agua es relativamente bajo (s/3 x m³) sin embargo en países como Francia el costo es seis veces más, quizás para ellos los costos económicos si sería una variable a considerar. De acuerdo con la OMS una persona requiere de 100lts de agua al día (0,1 m³), si se implementa la 1era alternativa en un car wash tendríamos agua para cubrir la necesidad de al menos cinco personas, una familia; si implementamos la 2da alternativa el doble, 10 personas y si se mejora tomando como referencia la demanda esperada en la zona 7 de influencia, serían beneficiadas 12 931 personas por la primera alternativa y 25 863 personas por la segunda alternativa.
- b) Recomendaciones para futuras investigaciones en el área de producción limpia. Impacto social. Dado que los beneficios económicos no son del todo representativos, quizás sería conveniente observar con mayor profundidad el impacto social que generaría el ahorro del agua de estos servicios, orientarlos a ser más eficientes y generar oportunidades para un mejor uso del recurso agua.

Desarrollo de Políticas de Incentivos y Subsidios

Se recomienda que las autoridades locales y nacionales desarrollen políticas que ofrezcan incentivos y subsidios para las empresas que adopten tecnologías de producción más limpia. Esto podría incluir descuentos fiscales, financiamiento a bajo interés y programas de certificación para empresas sostenibles.

Promoción de la Educación y Sensibilización Ambiental

Es fundamental implementar programas educativos y campañas de sensibilización que destaquen la importancia de la producción más limpia y el uso eficiente del agua, dirigidos tanto a empresarios como a la comunidad en general. Este enfoque fomentará un cambio cultural hacia prácticas más sostenibles y responsables.

Establecimiento de un Sistema de Monitoreo y Evaluación Continua

Establecer un sistema riguroso de monitoreo y evaluación continua para medir el impacto de las prácticas de producción más limpia implementadas. Esto permitirá realizar ajustes necesarios y garantizar que se están alcanzando los objetivos de

sostenibilidad y eficiencia, además de proporcionar datos valiosos para futuras investigaciones en este campo.

Financiamiento

Sería necesario generar oportunidades o desarrollar alternativas de un tipo de financiamiento diferenciado por los beneficios relacionados al mejor uso del agua para este tipo de empresas, pues como ya se indicó previamente implementar estrategias PML requieren de inversión que no necesariamente generarán un retorno próximo.

REFERENCIAS

- Alegre, M. (2007).** Centro de ecoeficiencia y responsabilidad social (CER), Casos prácticos nacionales e internacionales. Recuperado de https://grupogea.org.pe/wp-content/uploads/2021/11/Publicacion-Casos-PML_Marcos.pdf
- Bolívar, A. y Saavedra, C. (2021).** Tesis ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CAR WASH DE VEHICULOS LIVIANOS CON SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA. Recuperado de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21546/BOLIVAR%20FERNANDEZ_SAAVEDRA%20MERINO_ESTUDIO_PREFACTIBILIDAD_IMPLEMENTACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González-Torre, P. L., & Adenso-Díaz, B. (2004).** Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging firms. *International Journal of Production Economics*, 88.
- Gryta, M., & Woźniak, P. (2024).** Polyethersulfone membrane fouling mitigation during ultrafiltration of wastewaters from car washes. *Desalination*, 574, 117254. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.117254>
- Jones, P., & Hill, C. (2018).** Reducing food waste through sustainable practices in the food industry. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1553-1563.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2018).** Improving resource efficiency for the circular economy. OECD Publishing.

Smith, T. (2019). Waterless dyeing technologies in the textile industry: Benefits and challenges. *Journal of Environmental Management*, 243, 70-77.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Cleaner production: Key concepts and best practices. UNEP.

Van Berkel, R. (2010). Industrial and commercial waste management: A cleaner production perspective. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 232-239.

Acerca de los autores

Oscar Rafael Tinoco Gómez

Nació en Huaraz, capital del departamento de Ancash, sus estudios primarios los realizó entre Huaraz y Lima, la secundaria en la Gran Unidad Escolar Ricardo Bentín, Lima, su formación profesional la realizó en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), donde se recibió como Ingeniero Industrial. Su grado de Doctor lo obtuvo en la Universidad Nacional Federico Villarreal, en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Actualmente es Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM, docente Renacyt nivel VI y coordinador del Grupo de Investigación “Producción más limpia”.

Jorge Enrique Castillo Cueva

Doctorando en Ingeniería Industrial en UNMSM, Magister en Administración Estratégica de Negocios en CENTRUM, escuela de negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniero Industrial de la UNMSM, director de DASAMI Perú SAC, Catedrático universitario.

Schelah Nadia De la Colina Rivas

Doctorando en Ingeniería Industrial en UNMSM. Magister en Administración Estratégica de Empresas en CENTRUM. Especialista en Logística, Gestión de calidad e inocuidad de alimentos en empresas agroindustriales, exportadoras y retail. Consultor de empresas. Catedrático Universitario.

Miguel Angel Oruna Rodriguez

Magister en Administración de Empresas de la UPC. Ingeniero Industrial especializado en la optimización, control y seguimiento de procesos Administrativo, logísticos y de calidad. Profesional, Técnico en Computación e Informática; experiencia comprobada en administración de proyectos, desarrollo académico e investigación. Docente en las más reconocidas universidades e instituciones educativas del país en curso de pre y postgrado.

Alberto Rodríguez Palacios Miñano

Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister Gestión y Restauración del Medio Natural de la UB. Coordinador Académico de la UPN, Consultor en Gestión Ambiental y Docente Universitario.

Aldo Guillermo Rivadaneira Cuya

Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister en Administración de Empresas, Titulado en Ingeniería Industrial. Gerente Administrativo de LYM Asesoría y Turismo. Consultor de empresas manufactureras y de servicios. Docente Universitario.

Darwin Dean Duran Janampa

Nació en Huánuco en el año 1983. Ingeniero Industrial de profesión, Magister en ingeniería industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con estudios de doctorado en la UNMSM, especialización en ingeniería de proyectos, docencia superior y universitaria, estadística aplicada a la investigación científica, adscrito al Colegio de Ingenieros del Perú.

Percy Wenceslao Lature Bustamante

Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister en Gestión Estratégica Empresarial, Ingeniero Mecánico de Fluidos, Especialista en Theory of Constraints. Jefe del Equipo Control y Reducción de Fugas (e), Consultor Interno TOC en SEDAPAL.

Alcides Guillermo Joo Aguayo

Docente Investigador, Ingeniero de Proyectos, Magister en Project Management, Doctorando en Ingeniería Industrial. Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister en Project Management, Universidad Esan. Ingeniero Mecatrónico (UNI), docente nombrado facultad de Ingeniería Industrial (UNMSM), miembro del Grupo de Investigación Producción más limpia.

Augusto Denis Madueño Macedo

Nació en Lima en el año 1961. Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, doctorando en la misma especialidad por la UNMSM. Especialización en Informática e Ingeniería de Sistemas. Actualmente se desempeña como especialista en Innovación y Transferencia Tecnológica en el Instituto Tecnológico de la Producción, a la par que es docente en las áreas de pregrado y posgrado de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM. Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister en Educación, Ingeniero Industrial (UNMSM), miembro de la Red DOLAC - Red de Docentes de América Latina y del Caribe.

Eduardo Julian Villarroel Nuñez

Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister en Administración Estratégica de Negocios, Ingeniero Industrial, Ingeniero Químico. Director Académico de Ingeniería UTP, Consultor Empresarial en Estrategia y Mejora continua. Docente Universitario.

Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez

Ingeniero Industrial por la Universidad Ricardo Palma con Maestría en Administración de Negocios de la URP y Doctorando en Ing. Industrial en la Universidad Mayor de San Marcos – 3er ciclo; experiencia en el planeamiento, control, operación y gestión de procesos en las áreas de mantenimiento, logística y calidad.

Duilio Angel Aranda Ipince

Doctorando en Ingeniería Industrial, Magister en Administración Estratégica de Negocios. Director de AID Consulting, Agente Internacional de SEBRAE|PR en el Perú, Consultor de empresas y Docente Universitario.

Silvia Coronado Ramirez

Doctorando en Ingeniería Industrial, Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional del Callao, Magister en Administración Estratégica de Negocios, Directora de Gestión Académica UTP. Docente universitario.

Luis Adrián González Quiñónez

Docente Investigador, Ingeniero de Mantenimiento, Máster en Sistemas de Gestión

Pedro Jesús De Bracamonte Morales

Ingeniero Industrial egresado de la Universidad Nacional de Trujillo, con Maestría en Gestión Pública otorgada por la Universidad San Martín de Porres USMP, y una segunda Maestría en Administración de Negocios MBA Executive en la Universidad César Vallejo UCV. Con 25 años de experiencia profesional y más de 10 años de labor docente.

Julio Douglas Vergara Trujillo

Ingeniero Industrial egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, MBA en Administración de Negocios y Finanzas Internacionales (UCSS-Universidad de Génova)

Deina Candelaria Tinoco Orihuela

Ingeniera Metalurgista y de Materiales egresada de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), con maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo y una segunda maestría en Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional del Centro del Perú, con experiencia en el sector minero metalúrgico, industrial y docente en la Universidad Continental y Universidad Nacional del Centro del Perú.

ISBN: 978-612-03-0468-6

