



Jandry Joel Freire-Guerrero

**E-mail:** jfreire8@utmachala.edu.ec

**Orcid:** <https://orcid.org/0009-0009-4080-9326>

Lilibeth Fernanda Peñaloza-Carrión

**E-mail:** lpenaloza2@utmachala.edu.ec

**Orcid:** <https://orcid.org/0009-0005-2254-1574>

John Alexander Campuzano-Vásquez

**E-mail:** jcampuzano@utmachala.edu.ec

**Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3901-3197>

Carrera de Economía de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador

## Cita sugerida (APA, séptima edición)

Freire-Guerrero, J. J., Peñaloza-Carrión, L. F., & Campuzano-Vásquez, J. A. (2026). Modelo de estimación para determinar el consumo de agua en hidrolavadoras del cantón Piñas, provincia de El Oro, 2025. *Revista Sociedad & Tecnología*, 9(S1), 32-43. DOI: <https://doi.org/10.51247/st.v9iS1.521>.

==== o =====

## Modelo de estimación para determinar el consumo de agua en hidrolavadoras del cantón Piñas, provincia de El Oro, 2025.

### RESUMEN

La presente investigación propone un modelo econométrico orientado a la estimación y comprensión del consumo de agua en los establecimientos de lavado de vehículos de la parte alta en la ciudad de Piñas, Provincia de El Oro durante el año 2025, este estudio se centra en la identificación de las variables cuantitativas y cualitativas que explican la variabilidad en el uso de dicho insumo, proveyendo una herramienta analítica para el sector del hidrolavado de vehículos desde una perspectiva económica: La finalidad última es cuantificar un modelo predictivo robusto, debido a que no se encuentran estudios de esta naturaleza en la provincia. Se consideran un conjunto de variables explicativas seleccionadas por su explicación en los litros de agua utilizado, entre estas se incluyeron el número de rampas operativas en cada hidrolavadora como un indicador de su capacidad instalada, asimismo se incorporaron el tamaño del vehículo, precio del servicio, el tipo de lavado, junto a extras utilizados por el cliente, factores que en conjunto definen las características de la demanda del servicio y su consecuente requerimiento hídrico para la operación. Los resultados indican que precio del servicio eleva el consumo a 65.13 litros por unidad monetaria, dando una herramienta analítica robusta.

**Palabras clave:** consumo, agua, lavado de autos, modelo econométrico, lavado.

==== o =====

## Estimation model to determine water consumption in pressure washers in the upper part of El Oro province, 2025.

### ABSTRACT

This research proposes an econometric model aimed at estimating and understanding water consumption in car wash establishments in the upper part of the city of Piñas, El Oro Province, during the year 2025. This study focuses on identifying the quantitative and qualitative variables that explain the variability in the use of this resource, providing an

analytical tool for the vehicle washing sector from an economic perspective. The ultimate goal is to quantify a robust predictive model, as there are no studies of this nature in the province. A set of explanatory variables selected for their explanation of the liters of water used are considered, including the number of operational ramps in each car wash as an indicator of its installed capacity. as well as vehicle size, service price, type of wash, and extras used by the customer, factors that together define the characteristics of the demand for the service and its consequent water requirement for operation. The results indicate that the price of the service increases consumption to 65.13 liters per monetary unit, providing a robust analytical tool.

**Keywords:** consumption, water, car wash, econometric model, washing.

==== o ====

## **Modelo de estimativa para determinar o consumo de água em lavadoras de alta pressão na região alta da província de El Oro, 2025.**

### **RESUMO**

Esta pesquisa propõe um modelo econométrico com o objetivo de estimar e compreender o consumo de água em estabelecimentos de lavagem de veículos na região alta da cidade de Piñas, província de El Oro, durante o ano de 2025. Este estudo centra-se na identificação das variáveis quantitativas e qualitativas que explicam a variabilidade na utilização deste recurso, fornecendo uma ferramenta analítica para o setor de lavagem de veículos numa perspectiva económica. O objetivo final é quantificar um modelo preditivo robusto, dado que não existem estudos desta natureza na província. É considerado um conjunto de variáveis explicativas selecionadas pela sua capacidade de explicar os litros de água utilizados, incluindo o número de rampas operacionais em cada lavagem de carros como indicador da sua capacidade instalada, bem como o tamanho do veículo, o preço do serviço, o tipo de lavagem e os extras utilizados pelo cliente, fatores que, em conjunto, definem as características da procura do serviço e a sua consequente necessidade de água para o funcionamento. Os resultados indicam que o preço do serviço aumenta o consumo para 65,13 litros por unidade monetária, fornecendo uma ferramenta analítica robusta.

**Palavras-chave:** consumo, água, lavagem de automóveis, modelo econométrico, lavagem.

==== o ====

### **INTRODUCCIÓN**

Los negocios dedicados al hidrolavado cuentan con una gran demanda en la ciudad de Pinas que es la zona andina de clima templado y montañoso de la provincia de El Oro, el recurso principal de estos tipos de emprendimientos es el agua, estos negocios carecen de registros sistemáticos que permitan conocer con precisión los factores que incrementan el uso de agua. Esta ausencia de datos limita la capacidad de los propietarios para optimizar sus procesos y dificulta la formulación de políticas públicas destinadas a mejorar la eficiencia en el uso del recurso de los cantones.

En este sentido Santoyo (2022) mencionan que, la falta de datos representa una barrera fundamental a lo largo del tiempo, para el análisis, en este caso del consumo de agua. Sin estimaciones se puede comprender cómo las distintas características del servicio final se correlacionan con la cantidad de insumos requeridos, este vacío de información motiva la presente investigación, cuyo propósito estimar el consumo de agua mediante la recolección de datos observables directamente del establecimiento en la zona durante el año 2025.

El objetivo central de este artículo es determinar los factores que explican estimar con precisión el consumo de agua en establecimientos de hidrolavado, mediante un modelo de regresión lineal múltiple basado en información primaria.

El origen para investigar este tema surge a partir de la inexistente evidencia científica que realice un análisis sobre los factores determinantes en el consumo de agua dentro de los negocios de hidrolavado de vehículos, llegando a representar carencia de información importante en este ámbito, siendo una justificación práctica.

Según Fernández (2020) este tipo de justificación no busca desarrollar o probar una teoría nueva, sino, realizar la elaboración de un modelo econométrico para analizar las variables que expliquen este tipo de consumo del agua, por ello se convierte en una motivación fundamental al tomar en cuenta una problemática no estudiada y no dispone de una base de datos exacta, por lo que al abordar este tema se establecerá un precedente para futuras investigaciones que deseen analizar el consumo en este sector de servicios tan notorio en ciudades cercanas a Piñas.

## **DESARROLLO.**

### **Consumo de Agua.**

Este tipo de establecimientos al ser especializados en el lavado de vehículos, requieren como elemento principal el agua, la cual tal como indica Qian et al. (2025) al ser un recurso vital de vida y sobre todo limitado, existe una problemática de la escasez de agua, en la que destaca la creciente presión de los recursos hídricos, por el aumento poblacional y el desarrollo económico, en las hidrolavadoras al no contar con un registro de cuantos carros ingresan por día y no tener un control en los factores que hacen que estos espacios consuman más agua.

El agua es un recurso estratégico cuyo valor trasciende lo económico, un activo natural que el cantón Piñas se ha comprometido a proteger mediante instrumentos de política pública, por cuanto el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Piñas, ha promulgado la "Ordenanza para la Protección y Restauración de Fuentes de Agua, Ecosistemas Frágiles, Biodiversidad y Servicios Ambientales" GAD Municipal de Piñas (2022), reconociendo así formalmente el origen vital del recurso en los ecosistemas de montaña y estableciendo un marco para su conservación, de ahí que la gestión operativa delegada a la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado adquiere una relevancia crucial, pues esta entidad es la responsable directa de asegurar la calidad, continuidad y eficiencia en la prestación del servicio hídrico a los usuarios finales.

Se analiza la operación de las hidrolavadoras como una función de producción donde el agua es el insumo crucial, cuya demanda derivada depende de factores del servicio que este estudio busca identificar, de manera que el modelo econométrico propuesto no solo cuantificará el volumen utilizado sino que también ofrecerá una base para la gestión, sirviendo de insumo para la EPAA-PIÑAS, cuyo objeto según su ordenanza de creación es precisamente la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado bajo principios de eficiencia y precios equitativos (EPAA-P, 2025), proveyendo así una herramienta para alinear la gestión comercial con una visión de sostenibilidad del recurso.

El recurso hídrico en el cantón Piñas, un bien económico fundamental cuyo origen se encuentra en las prístinas vertientes de los picos montañosos que circundan la región, es administrado y distribuido por la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado EPAA-PIÑAS, entidad que enfrenta el desafío constante de gestionar una oferta natural limitada ante una demanda crecientemente diversificada, situación que subraya la importancia de una asignación eficiente para garantizar la sostenibilidad del servicio y la equidad en el acceso (EPAA-P, 2025).

El consumo de agua en los centros de servicio de lavado de autos es un elemento operativo central, donde a menudo se gestiona sin un conocimiento preciso de sus factores determinantes, estos negocios dependen del recurso hídrico como su insumo principal y su uso está intrínsecamente ligado a los servicios que proveen y a la tecnología que utilizan por

lo que estos datos son un modelo de panel, el análisis detallado de las variables que influyen en dicho consumo es de suma importancia porque la falta de este conocimiento puede conducir a una asignación ineficiente de recursos y a un desperdicio considerable y evitable, la identificación de si el tamaño del vehículo, la complejidad del lavado o el tipo de equipo son los principales impulsores del uso del agua proporciona una ruta clara hacia una gestión mucho más controlada y consciente de este recurso limitado, por lo que este estudio aborda esa brecha al cuantificar estas relaciones (Brugler et al., 2025).

Las hidrolavadoras son la tecnología fundamental en estos establecimientos y sus características operativas, como el caudal expresado en litros por minuto y la presión de trabajo, son decisivas en la cantidad de agua que se consume en cada servicio prestado, la interacción de esta maquinaria con las diferentes variables del servicio crea un escenario de consumo complejo que esta investigación busca descifrar con precisión, por ejemplo, es lógico suponer que un lavado a alta presión para un camión grande y muy sucio consumirá una cantidad de agua significativamente mayor que un enjuague rápido para un automóvil sedán pequeño, no obstante la magnitud exacta de esa diferencia y el peso relativo de cada uno de los factores involucrados permanecen sin cuantificar, este análisis mediante regresión lineal (Correa & Barrera, 2021) es esencial para desarrollar un modelo de estimación verdaderamente preciso.

Dentro de este contexto de gestión de recursos escasos, el uso del agua en servicios comerciales como las hidrolavadoras emerge como un punto ciego en la planificación hídrica local, dada la ausencia de mediciones precisas y la presunción de un consumo significativo que podría no estar reflejado adecuadamente en las estructuras tarifarias actuales, lo cual genera una externalidad negativa sobre el sistema de provisión gestionado por la EPAA-PIÑAS, haciendo imperativa la construcción de un modelo de estimación econométrico que permita no solo cuantificar con rigurosidad dicho consumo, sino también proveer la evidencia empírica necesaria para el diseño de políticas públicas orientadas a la eficiencia, la equidad en la tarificación y la sostenibilidad financiera del servicio de agua potable para el cantón en el horizonte del 2025.

**Tabla 1.**

*Tarifas del Plan de Gradualidad – Categoría No Residencial.*

| Categoría         | Cargo Fijo (CF) \$ | Bloques de consumo (m <sup>3</sup> /mes) |                           |                      |
|-------------------|--------------------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
|                   |                    | Bloque A<br>(0 < x ≤ 25)                 | Bloque B<br>(25 < x ≤ 50) | Bloque C<br>(x > 50) |
| <b>Comercial</b>  | 3,41               | 0,57                                     | 0,63                      | 0,74                 |
| <b>Industrial</b> | 5,72               | 0,74                                     | 0,84                      | 0,95                 |
| <b>Oficial</b>    | 2,20               | 0,29                                     | 0,36                      | 0,42                 |

**Fuente:** (GAD Municipal de Piñas, 2022)

El tarifario vigente en el cantón Piñas según GAD Municipal de Piñas (2022) correspondiente al primer año del Plan de Gradualidad establece cargos diferenciados por tipo de usuario y por bloques de consumo, aunque, no contempla una categoría específica para las hidrolavadoras, lo cual, constituye una limitación importante desde el punto de vista económico, ya que, este tipo de negocios presenta una demanda intensiva y constante del recurso hídrico que no se encuentra claramente representada en los registros de consumo, en su mayoría operan sin medidores individuales lo que impide cuantificar con precisión el volumen de agua utilizado y genera distorsiones en la asignación del costo real del servicio a los usuarios productivos, donde, estos establecimientos son ubicados arbitrariamente dentro de categorías comerciales o industriales sin responder a una evaluación técnica de sus patrones de uso lo que afecta la equidad del sistema tarifario y reduce la capacidad del gobierno local para diseñar mecanismos de control eficientes bajo este contexto la formulación de un modelo de estimación del consumo de agua en hidrolavadoras representa

una contribución necesaria que permitiría aproximar el uso real del recurso e impulsar políticas públicas que promuevan tanto el uso racional del agua como la justicia tarifaria en sectores productivos no regulados adecuadamente.

Un componente importante es la evaluación del costo de oportunidad asociado al uso intensivo del agua, un valor económico implícito que representa los beneficios sociales o productivos sacrificados, consecuentemente, el estudio no se limita a los costos de la tarifa establecida en la Ordenanza Sustitutiva para la Determinación y Aplicación de Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado (GAD Municipal de Piñas, 2022) , sino que busca visibilizar el valor que ese mismo volumen de agua tendría en usos alternativos como el sostenimiento de la agricultura local, el aseguramiento del caudal ecológico de las fuentes protegidas o la garantía de un suministro sin interrupciones para la totalidad de la población, generando una conciencia profunda sobre el verdadero valor del recurso.

La aplicabilidad del modelo de estimación será de una utilidad manifiesta no solo para los dueños de los negocios, sino también para los entes de gobernanza local, puesto que al contar con datos fiables sobre un sector de consumo intensivo, el GAD Municipal de Piñas y la EPAA-PIÑAS podrán fortalecer su planificación territorial y la gestión integrada de recursos hídricos, tal como lo dictan sus competencias en el Código Orgánico de Organización Territorial, permitiendo el diseño de políticas de incentivos para la adopción de tecnologías ahorradoras y facilitando un control más riguroso sobre la asignación de un recurso cuya protección y distribución eficiente es mandato y responsabilidad pública.

Tal y como indica Pindyck & Rubinfeld (2009) los principios de la teoría microeconómica, sobre todo el análisis de la función productiva, explican que los insumos se transforman para generar un servicio, en este caso el uso de agua en las hidrolavadoras es un recurso importante dentro de proceso productivo, dando como resultado un vehículo limpio, el modelo econométrico ofrece las herramientas cuantitativas indispensables para estimar los parámetros de esta función, identificando la contribución marginal de cada variable de entrada al consumo total del recurso hídrico y que estos negocios tengan en cuenta un control moderado del agua (Rezayati et al., 2023), la inexistencia de registros o estudios establecidos para el consumo de agua en este microsector específico obliga a adoptar un enfoque que se apoya en principios económicos fundamentales para construir un modelo explicativo desde cero.

Desde una perspectiva teórica económica, cada establecimiento de hidrolavado opera como una firma, según y (Pindyck & Rubinfeld, 2009) significa que demanda insumos para producir un servicio, la demanda de agua es una demanda derivada, ya que depende directamente de la demanda del consumidor por el servicio final que es el lavado de autos, el soporte teórico central de esta investigación reside en analizar los factores que desplazan esta demanda derivada de agua, variables como el tamaño del vehículo o el tipo de lavado solicitado pueden ser vistos como modificadores de la función de producción que requieren distintas cantidades del insumo hídrico para alcanzar la calidad deseada en el servicio (Roy et al., 2024), la investigación postula que estos modificadores son cuantificables y ejercen un efecto predecible sobre el consumo de agua, por lo tanto el modelo econométrico propuesto es en esencia una estimación empírica de esta función de demanda de insumos (Fiallos et al., 2022).

El estudio del consumo de agua dentro de las microempresas de servicios, como lo son los negocios de lavado de autos, representa un campo escasamente explorado en la literatura económica, especialmente a un nivel localizado en la ciudad de Piñas que tiene un desarrollo acelerado en lo económico y social, estos establecimientos constituyen un caso particular de gestión de recursos donde el insumo principal, el agua, a menudo es gestionado sin una optimización basada en datos, la relevancia de analizar las variables que determinan su uso se origina en el principio económico de la escasez, pues comprender qué actividades o tipos de vehículos intensifican el consumo es el primer paso para posibilitar una asignación más eficiente dentro de la empresa, sin un modelo que lo explique los dueños operan bajo una

considerable incertidumbre sobre sus propios patrones de consumo (Guachilema Lara & Naula Caiza, 2023).

La cuantificación de los factores que impulsan el consumo de agua en este sector tiene una importancia económica que trasciende a la firma individual, afectando el uso racional de un recurso local limitado, un modelo explicativo como el que se propone en este artículo funciona como una potente herramienta de diagnóstico que permite la identificación de los puntos críticos de intensidad en el consumo sin necesidad de imponer juicios normativos, este conocimiento es fundamental porque abre la puerta a ajustes voluntarios en los procedimientos operativos basados en una comprensión clara de su impacto real, para un estudiante de economía este tema ofrece una aplicación práctica de técnicas de modelado a un problema tangible de administración de recursos en condiciones de información incierta y ausente en bases de datos.

La tecnología empleada, particularmente la hidrolavadora, es una variable central en el marco teórico de este modelo de consumo, los distintos modelos y marcas de estos equipos están diseñados con especificaciones técnicas diferentes en cuanto a caudal y presión, factores que teóricamente son determinantes directos del uso final de agua, por lo tanto el modelo debe considerar la heterogeneidad de los equipos utilizados entre los distintos establecimientos como una fuente potencial de variación en el consumo, la interacción de la tecnología con el manejo del operador, por ejemplo la duración del uso o la distancia de aplicación, también representa una variable clave que influye directamente en la cantidad de agua utilizada, esta investigación conceptualiza a la hidrolavadora como un insumo de capital cuyas características definen parámetros técnicos de la función de producción.

La hipótesis de que una mayor superficie requerirá un volumen superior de agua (Sarmiento & García, 2020), la técnica de lavado se trata como una medida de la intensidad del servicio, donde se hipotetiza que los servicios más complejos y detallados demandan más recurso hídrico, la marca del vehículo podría actuar como un indicador de acabados o diseños que necesiten enfoques de limpieza distintos, afectando el consumo, el propósito del modelo econométrico es precisamente poner a prueba estas hipótesis de manera empírica, proveyendo evidencia estadística sobre la dirección y magnitud de estas relaciones en el contexto de la parte de El Oro.

Este estudio se proyecta hacia la promoción de una economía circular al explorar la viabilidad de implementar sistemas de reutilización del agua en las hidrolavadoras, una estrategia innovadora para reducir la presión sobre los sistemas de provisión que gestiona la EPAA, con lo cual el agua de los primeros ciclos de lavado podría ser tratada y reaprovechada en tareas que no requieren calidad de potable, disminuyendo así el volumen total demandado de la red pública y la carga sobre los sistemas de alcantarillado, demostrando que los modelos de negocio pueden evolucionar para alinearse con los objetivos de sostenibilidad cantonal, generando rentabilidad económica al tiempo que se respeta y valora el ciclo del agua desde su origen protegido hasta su uso final.

## **METODOLOGÍA.**

El tipo de investigación es descriptivo y correlacional, tal y como menciona Glecel & Josephine (2025) por su doble naturaleza metodológica, este estudio se dedica a la tarea fundamentalmente descriptiva de observar, medir y analizar las variables clave que intervienen en el proceso de lavado de vehículos la ciudad de Piñas de El Oro, un fenómeno hasta ahora no documentado cuantitativamente, de ahí que se recopilen datos primarios sobre el consumo de agua, el tamaño de los vehículos, las técnicas de lavado empleadas y los servicios extras solicitados para pintar un cuadro detallado de la realidad operativa de estos negocios, en tanto que el alcance trasciende la descripción para convertirse en correlacional al momento de utilizar el modelo econométrico de regresión lineal múltiple.

Se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, según Karim (2022) busca medir y analizar numéricamente la relación entre un conjunto de variables para desarrollar un modelo explicativo, donde los datos serán tomados desde cero y estudiados para dar la correcta explicación de dicha regresión lineal, al observar estudios anteriores o fuentes de información verídicas, para realizar un análisis concreto del modelo de estimación.

La población objeto de estudio estuvo constituida por la totalidad de autos ingresados en la hidrolavadora "Car Wash" dedicada al servicio de hidrolavado que operan formalmente dentro del área urbana del cantón Piñas, provincia de El Oro, debido a la dificultad para acceder a un registro completo y actualizado de todos los negocios con una inexistencia de un marco muestral formal y a la necesidad de acceder a establecimientos dispuestos a participar voluntariamente, se optó por un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia, según Sexton (2022) este tipo de muestreo resulta útil en investigaciones donde el acceso a datos puede ser limitado indefinido, seleccionando aquel establecimiento que mostró disposición a participar en la investigación y que cumplía con el criterio de tener un flujo constante de clientes, asegurando así la obtención de una cantidad suficiente de observaciones para el análisis econométrico subsecuente y garantizando la representatividad práctica de los casos más activos del mercado.

La técnica para la recolección de información fue la observación directa, donde se obtuvo una encuesta para el registro de los datos, ya que, como menciona Iregui et al. (2021) este instrumento ayuda a comprender el objeto que se tiene de estudio, la cual será administrada directamente por los investigadores y otorgada a un equipo del personal capacitado para receptar y tabular los datos observables, donde cada uno de ellos estuvo al pendiente de recolectar esta información y se orientó a capturar las variables clave del modelo, registrando para cada servicio de lavado observado factores como el tamaño del vehículo, el nivel de suciedad aparente, la técnica y el precio del lavado junto a los gastos extras, se midió de forma directa el consumo de agua para cada evento mediante la instalación temporal de medidores de flujo, asegurando la precisión de la variable dependiente, este proceso se complementó con una ficha de observación para registrar las características de los factores.

Una vez recopilados los datos, fueron ingresados en el software estadístico especializado STATA 14 para su respectiva depuración y procesamiento, como indica Peñafiel & Torres (2024) luego de construir el modelo, se debe realizar un análisis estadístico descriptivo para obtener un resumen de las características principales de todas las variables, el núcleo del análisis consistirá en la especificación y estimación de un modelo de regresión lineal múltiple, una herramienta econométrica idónea para este fin, la ecuación del modelo tendrá como variable dependiente el consumo de agua en litros y como variables independientes las características del vehículo y del servicio, finalmente se realizarán pruebas de diagnóstico para verificar los supuestos del modelo, como la ausencia de multicolinealidad y heterocedasticidad, asegurando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos (Abassian et al., 2020).

**Tabla 2.**

*Variables seleccionadas del modelo.*

| Variable Dependiente | Variable Independiente | Variable Independiente | Variable Independiente | Variable Independiente |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Consumo_Agua         | tamaño                 | tlavado                | preciolt               | extras                 |

La variable dependiente es Consumo\_Agua, la cual este es un promedio de litros que lanza al momento de insertar la moneda, comienza a salir el agua para que el individuo proceda a lavar su vehículo, la máquina dependiendo de la cantidad ingresada tiene una medida de los litros que pueden salir.

La primera variable independiente es tamaño, la cual hace énfasis a el tamaño del vehículo, visualizando si es camioneta o carro.

La segunda variable independiente es tlavado la cual técnica de lavado que se aplica, debido a que se refiere a si usan jabón, el cual es preciso para quitar la suciedad.

La tercera variable preciolt es el precio del lavado total, lo que se paga en total para todo el servicio completo.

La cuarta variable independiente es extras, refiriendose a los gastos extras que ofrece la hidrolavadora, donde el 1 representa el jabón, el 2 la aspiradora y el 3 ambos extras.

## RESULTADOS.

**Tabla 3.**

*Estadística de Ajuste del Modelo.*

| Source   | SS         | df  | MS         | Number of obs | = | 521    |
|----------|------------|-----|------------|---------------|---|--------|
| Model    | 818415.383 | 6   | 136402.564 | F(6, 514)     | = | 653.20 |
|          | 107335.097 | 514 | 208.823146 | Prob > F      | = | 0.0000 |
| Residual |            |     |            | R-squared     | = | 0.8841 |
|          |            |     |            | Adj R-squared | = | 0.8827 |
| Total    | 925750.48  | 520 | 1780.28938 | Root MSE      | = | 14.451 |

  

| Consumo_Agua            | Coef.     | Std. Err. | t      | P> t  | 95% Conf. Interval  |
|-------------------------|-----------|-----------|--------|-------|---------------------|
| Gastos_Extras_Codigo    |           |           |        |       |                     |
| 1                       | -6.548312 | 2.628331  | -2.49  | 0.013 | -11.71191 -1.384718 |
| 2                       | -40.40882 | 2.20468   | -18.33 | 0.000 | -44.74011 -36.07753 |
| 3                       | -47.70835 | 2.699656  | -17.67 | 0.000 | -53.01207 -42.40464 |
| Tamaño de vehículo      | 9.659411  | 1.451674  | 6.65   | 0.000 | 6.807468 12.51135   |
| Técnica_De_Lavado       | -5.170509 | .3877935  | -13.33 | 0.000 | -5.932364 -4.408654 |
| Precio_Lavado_Total_USD | 65.12712  | 1.35552   | 48.05  | 0.000 | 62.46408 67.79016   |
| _cons                   | 11.68763  | 2.044813  | 5.72   | 0.000 | 7.670414 15.70485   |

La estimación del modelo de regresión lineal múltiple por medio de STATA, proporciono como principales resultados en base a las variables mencionadas, según la Tabla 3, que el ajuste de los datos en cuanto al modelo es estadísticamente significativo con un valor del 99% debido a que presenta una probabilidad F de 0%, dicho valor se ve reafirmado por su coeficiente de determinación, teniendo una causalidad en el consumo de agua de un 88.41% y una F de Fisher de 653.20, dando a conocer la alta significancia que presenta el modelo, es decir, el consumo de agua se ve fuertemente explicado por sus variables.

Una vez confirmada la fuerte causalidad del modelo, evidenciada por su coeficiente de determinación y la significancia global de la prueba F (Ibragimov et al., 2025) , se procede al análisis desglosado de los coeficientes, lo que permite cuantificar la dirección y magnitud del impacto que cada variable ejerce sobre el consumo de agua.

Según los valores indicados por la tabla 3, nos permite identificar dos factores que ejercen un impacto positivo en el consumo del agua, donde el modelo estima que por cada dólar de aumento en el costo del servicio, el consumo se eleva en promedio 65.13 litros, lo que indica que entre más valor tienden a pagar por un lavado de agua o un mejor servicio, se utiliza una cantidad mayor de este recurso para brindar el servicio ofrecido, por lo que se confirma la relación directa esperada entre el tamaño y el consumo, donde cada nivel de incremento en la escala del vehículo se asocia a un gasto adicional de 9.66 litros.

Por lo contrario, el modelo revela un conjunto de variables que disminuyen el consumo de agua teniendo un efecto de ahorro independientes que provienen de la operación, la eficiencia del proceso, representada por la tlavado, demuestra que cada mejora en el método de trabajo reduce el consumo en 5.17 litros. De forma separada, la aplicación de

jabon (gextra=1), comparado con un lavado básico, se asocia a una disminución de 6.55 litros, así mismo, la adición del servicio de aspirado (gextra=2) disminuye el consumo en 40.41 litros. Lo que nos indica que el tiempo de consumo se optimiza cuando el cliente realiza tareas a secas, lo que reduce el uso neto de la hidrolavadora, los servicios que incluye ambos extras (gextra=3) genera la mayor reducción, alcanzando un promedio de 47.71 litros.

Los resultados demuestran que mientras las características del servicio (preciolt) y del bien (tamaño) impulsan el gasto de agua, las mejoras en la eficiencia del proceso y la diversificación de la oferta de servicios actúan como estrategias efectivas para la reducción del consumo, por lo que, para asegurar las inferencias anteriores se procedió a evaluar supuestos clave en el modelo.

**Tabla 4.**

*Prueba Breusch-Pagan y Jaque-Bera.*

|                                                |   |               |
|------------------------------------------------|---|---------------|
| estat hettest                                  |   |               |
| Breusch-Pagan                                  | / | Cook-Weisberg |
| heteroskedasticity                             |   | test for      |
| Ho: Constant variance                          |   |               |
| Variables: fitted values of Consumo_Agua       |   |               |
| chi2(1)                                        | = | 0.04          |
| Prob > chi2                                    | = | 0.8331        |
| . predict resid, residuals                     |   |               |
| . jb resid                                     |   |               |
| Jarque-Bera normality test: .0667 Chi(2) .9672 |   |               |
| Jarque-Bera test for Ho: normality:            |   |               |

**Tabla 5.**

*Prueba de factor de inflación de la varianza.*

| Variable        | VIF  | 1/VIF    |
|-----------------|------|----------|
| Gastos_Ext~o    |      |          |
| 1               | 3.81 | 0.262363 |
| 2               | 2.17 | 0.459825 |
| 3               | 3.52 | 0.283758 |
| Tamaño de Veh~o | 1.31 | 0.761418 |
| Técnica_De~o    | 4.44 | 0.225133 |
| Precio_Lav~D    | 2.74 | 0.364328 |
| Mean VIF        | 3.00 |          |

En este caso, según lo indicado en la tabla 5 se evidencia mediante la prueba de Jarque-Bera la cual examina la asimetría y curtosis (Padder et al., 2025) es decir, analiza la normalidad en los residuos con una probabilidad de 96.72%, lo que no nos permite rechazar la hipótesis nula al ser mayor que el 5% corroborando la existencia de normalidad en los residuos, aceptando que los mismos siguen una distribución similar a la campana de Gauss Jordan dentro del histograma, se aprecia la prueba de Breusch-Pagan, to la cual muestra la homocedasticidad del modelo, al ser de 83,31% mayor al 5%, acepta que los datos son homocedasticos, lo que significa que los datos tienen varianzas constantes.

De igual manera, en la tabla 5 se presenta el factor de inflación de la varianza (VIF), tal y como menciona Morales y Morales (2023) al tener un índice promedio de 3, siendo menor a 5, descarta problemas de multicolinealidad severa.

También se evaluó la validez paramétrica individual, en la que, se evidencia a través de la probabilidad del estadístico t que todas las variables regresoras son estadísticamente significativas, ya que sus p-valores se sitúan por debajo del umbral del 5%, aceptando así la hipótesis alternativa de que tiene una causalidad significativa sobre la variable dependiente.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación determinó de manera contundente que según Boumans (2005) el modelo de estimación propuesto es robusto y pertinente para determinar los factores que inciden en el consumo de agua en las hidrolavadoras de la ciudad de Piñas, las variables independientes como el número de tamaño, técnica de lavado, gastos extras y el precio del lavado demuestran una correlación estadísticamente significativa con la variable dependiente, este hallazgo es fundamental considerando la ausencia total de estudios previos y datos empíricos sobre esta problemática específica en la región, la validación de estas variables como elementos explicativos no solo aporta un conocimiento inédito sino que también establece una base sólida para futuras investigaciones que busquen profundizar en la gestión de recursos hídricos en este tipo de negocios, de modo que el modelo se erige como una herramienta explicativa inicial de gran valor para entender una dinámica de consumo hasta ahora no cuantificada (Arce & Hernández, 2022).

Desde una perspectiva opuesta, se podría argumentar que el modelo, a pesar de su aparente significancia estadística, podría ser insuficiente al no incorporar otras variables potencialmente más influyentes en el consumo de agua, factores como la eficiencia misma de la hidrolavadora en términos de litros por minuto, la calibración de la presión, la experiencia y técnica del operario o incluso las condiciones climáticas del día podrían tener un impacto considerable que el modelo actual no captura, la exclusión de estas variables operativas y tecnológicas podría llevar a una sobreestimación de la influencia de factores como la marca del vehículo, que podría actuar simplemente como una variable proxy de otras características no medidas, por tanto, se podría cuestionar si el modelo realmente explica la causalidad del consumo o si solo refleja correlaciones superficiales sin atender a los determinantes técnicos más directos del uso del agua (Maciejewska y Reizer, 2025).

Una interpretación intermedia de los hallazgos podría indicar que el modelo econométrico presenta una utilidad diferenciada entre sus componentes, es plausible que variables como el tamaño del vehículo y la técnica de lavado posean una influencia directa y lógica sobre la cantidad de agua utilizada, ya que un vehículo más grande o un servicio de limpieza más exhaustivo requieren naturalmente un mayor volumen del líquido, sin embargo, otras variables como el número de rampas o la marca del vehículo podrían tener una relación menos directa o incluso espuria con el consumo, su significancia estadística podría no reflejar una causalidad directa sino más bien la interrelación con otras dinámicas del negocio no incluidas en el análisis, esta visión matizada aceptaría la validez parcial del modelo reconociendo que algunas variables son explicativas mientras que otras requerirían un análisis más profundo para confirmar su verdadero impacto en el consumo de agua (Jiménez Vargas et al., 2022).

Las pruebas realizadas, se alinean con la postura de que el modelo propuesto es significativamente explicativo y funcional para el contexto estudiado, si bien se reconoce la existencia de otras variables no observadas que podrían refinar la estimación, el conjunto de variables independientes logra explicar la variabilidad en el consumo de agua, lo cual representa un avance en la investigación al no existir precedente alguno de investigación en esta área, el artículo afirma que las variables independientes consideradas son determinantes clave y que su análisis conjunto proporciona una herramienta valiosa y sin precedentes para que los establecimientos en la ciudad de Piñas comiencen a comprender y gestionar de manera informada un consumo que hasta ahora se realizaba sin ningún tipo de medición o control basado en evidencia, por lo que al crear este modelo donde se puede identificar las variables que exigen un mayor consumo de agua, se puede tener en cuenta estos factores para llegar a tener un gasto moderado de agua, ya que, en el país el acceso al agua se ha convertido en una problemática actual en Ecuador.

## CONCLUSIÓN

La presente investigación cumple con el objetivo central de determinar los factores que explican estimar con precisión el consumo de agua en establecimientos de hidrolavado, mediante un modelo de regresión lineal múltiple basado en información primaria. Propuesto como una herramienta analítica robusta que, respaldada por un coeficiente de determinación del 88.41%, demuestra que las variables seleccionadas poseen un alto poder explicativo sobre la variabilidad del recurso hídrico utilizado durante el proceso productivo de estas unidades de servicio.

Los resultados revelan una relación causal directa y significativa entre la complejidad del servicio reflejada en el precio y el volumen de agua requerido, estimando que por cada dólar adicional en el valor del lavado el gasto hídrico se eleva considerablemente en aproximadamente 65.13 litros, comportamiento que se complementa con la variable del tamaño del vehículo que también ejerce presión al alza sobre la demanda del líquido, evidenciando que la escala del capital automotor a tratar constituye un parámetro técnico que intensifica el uso del insumo dentro de la función de producción.

De tal manera, este trabajo demuestra que la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica en las pequeñas empresas de servicios no son objetivos contrapuestos, sino que pueden ser alcanzados simultáneamente a través de una gestión operativa y estratégica informada.

## REFERENCIAS

- Abassian, A., Safi, F., Bush, S., & Bostic, J. (2020). Five different perspectives on mathematical modeling in mathematics education. *Investigations in Mathematics Learning*, 12(1), 53 – 65. <https://doi.org/10.1080/19477503.2019.1595360>
- Arce Quiñones, N. G., & Hernández Vela, H. (2022). Bases para la Creación de Valor Compartido a partir del cálculo de la huella hídrica en una empresa de lavado de vehículos. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 7(21), 90-106.
- Brugler, J., Inkmann, J., & Rizzo, A. (2025). Estimating background risk hedging demands from cross-sectional data. *Journal of Financial Research*, 48(2), 579 – 604. <https://doi.org/10.1111/jfir.12432>
- Correa-Morales, J. C., & Barrera-Causil, C. (2021). Elicitation of the parameters of multiple linear models; [Elicitación de los parámetros de un modelo de regresión lineal múltiple]. *Revista Colombiana de Estadística*, 44(1), 159 – 170. <https://doi.org/10.15446/rce.v44n1.83525>
- EPAA-P. (2025). *Rendición de cuentas 2024*. Empresa Pública Municipal Piñas - El Oro. <https://epaa-pinas.gob.ec/rendicion-de-cuentas-2024/>
- Fernández Bedoya, V. H. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espiraes Revista Multidisciplinaria de Investigación Científic*, 4(3), 65-76. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- Fiallos, F. M., Narváez, L. M., & Valla, L. P. (2022). Estudio de las aguas residuales provenientes del lavado de carros en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Investigacion y Desarrollo*, 15(1), 147-163.
- GAD Municipal de Piñas. (2022). *Ordenanzas 2022*. Gobierno Autónomo Descentralizado de Piñas - El Oro. <https://pinas.gob.ec/transparencia/ordenanzas/ordenanzas-2022/>
- Glecel A. Morallas, & Josephine B. Baguio. (2025). *A Descriptive Correlational Study between School Environmental Condition and Student Well-Being in Public Elementary Schools* (Vol. 31, pp. 1-11). *Journal of Scientific Research and Reports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i73222>
- Guachilema Lara, M. P., & Naula Caiza, K. P. (2023). *Aplicaciones tecnológicas de la hidrolavadora Truper lava-2000t y el espumador Doorway sanitizer en áreas procesadoras de alimentos*.

- Ibragimov, R., Kattuman, P., & Skrobotov, A. (2025). Robust inference on income inequality: t-statistic based approach. *Econometric Reviews*, 44(4), 384 – 415. <https://doi.org/10.1080/07474938.2024.2432362>
- Iregui-Bohórquez, A. M., Anzola-Bravo, C., Ballén-Rubio, L. F., Bejarano-Salcedo, V., González-Molano, E., Grajales-Olarte, A., Guarín-López, A., Hernández-Montes, M. A., Hernández-Ortega, R., Julio-Román, J. M., Melo-Velandia, L. F., Muñoz-Martínez, J., Núñez-Amórtegui, H., Otero-Cardona, J., Pérez-Amaya, J., Rincón-Torres, A. D., Romero-Chamorro, J. V., Sánchez-Jabba, A., & Torres-Medina, P. A. (2021). ¿Qué nos dicen las encuestas sobre la formación de expectativas de inflación? *Ensayos Sobre Política Económica*, 2021(100), 5 – 95. <https://doi.org/10.32468/ESPE.100>
- Jiménez Vargas, K., Quintero Esteves, J., & Velandia Morales, L. M. (2022). *Propuesta de diseño de un sistema de reutilización y buen manejo de aguas residuales en la estación "autolavado buses y automóviles" en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca*. Ingeniería Industrial-Virtual.
- Karim, Md. R. (2022). Designing Research Proposal in Quantitative Approach. In *Principles of Social Research Methodology*. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5441-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5441-2_10)
- Maciejewska, K., & Reizer, M. (2025). Evaluating the Impacts of Different Car Washing Systems on Carbon Footprint: Insights from Poland. *Sustainability*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/su17041384>
- Morales-Oñate, V., & Morales Oñate, B. (2023). MTest: a bootstrap test for multicollinearity. *Revista Politécnica*, 51(2), 53–62.
- Padder, A., Qureshi, S., Soomro, A., Shaikh, F., Hincal, E., & Chang, C.-W. (2025). Evaluating divorce dynamics through ODE modeling and statistical hypothesis testing. *Discover Applied Sciences*, 7(6). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07205-9>
- Peñafiel, D. A. M., & Torres-Quezada, J. (2024). *Análisis estadístico y comparativo del consumo de agua en sectores estratégicos de la ciudad de Cuenca*.
- Pindyck, R. S. , & Rubinfeld, D. L. (2009). *Microeconomía*. Pearson Educación, S.A. [https://www.academia.edu/15577733/Microeconomia\\_Robert\\_s\\_Pyndick](https://www.academia.edu/15577733/Microeconomia_Robert_s_Pyndick)
- Qian, T., Hong, L., Gu, S., Chen, J., Chen, J., & Tu, T. (2025). A Review of Assessment Methods for Water Shortage Risk: Trend Analysis, Method Summary, and Future Research Prospects. *Water Conservation Science and Engineering*, 10(1). <https://doi.org/10.1007/s41101-024-00332-1>
- Rezayati, A. M., Liaghat, A., Sharifipour, M., & Ghameshlou, A. N. (2023). The importance of water depth distribution maps in the sprinkler irrigation system performance assessment. *Water Supply*, 23(11), 4425 – 4435. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.256>
- Roy, A. K., Pawar, A., Mittal, U., Tripathi, A., Rai, D., & Singh, A. (2024). Self-Operated Car Washing System Using Programmable Logic Controllers. *2024 IEEE Silchar Subsection Conference, SILCON 2024*. <https://doi.org/10.1109/SILCON63976.2024.10910347>
- Santoyo, F. (2022). *La enseñanza de la estadística en el contexto de la sociedad del dato: desafíos y reflexiones* (Vol. 1, p. 88). Journal de Ciencias Sociales. <https://doi.org/https://doi.org/10.18682/jcs.vi18.4338>
- Sarmiento Sarmiento, N. F., & García Molina, K. B. (2020). *Factores de éxito para la sostenibilidad del manejo de juntas de agua potable en la zona rural del cantón Cuenca*. Universidad del Azuay.
- Sexton, M. (2022). Convenience sampling and student workers: Ethical and methodological considerations for academic libraries. *Journal of Academic Librarianship*, 48(4). <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2022.102539>