

## Diseño de una máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas

### Design of a machine for injection washing mechanical parts

#### Resumen

#### Ing. Cristian Paúl Topa Chuquitarco, MSc.

Ingeniero en Electromecánica, Master en Eficiencia Energética, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos (Ecuador).

ctopac@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2780-5488>

#### Lcdo. Leonardo Santiago Vincés Llaguno, MSc.

Licenciado en Física y Matemática, Master en Gerencia Educativa, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos (Ecuador).

lvinces@uteq.edu.ec.

<https://orcid.org/0000-0002-9888-4646>

#### Ing. Ángel Iván Torres Quijije, MSc.

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Master en Conectividad y Redes de Ordenadores, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos (Ecuador).

atorres@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7037-7191>

Los procesos de lavado de piezas mecánicas para reparación de motores de automóviles, limita la producción y economía en las microindustrias de la localidad, siendo el problema el mal tratamiento de piezas mecánicas cuando son lavadas. El objetivo central fue analizar los diferentes procesos de lavado de piezas mecánicas, con la finalidad de efectuar el diseño de la máquina para el lavado por inyección en las microindustrias, mediante las dimensiones de piezas mecánicas, se consideró los parámetros de diseño de la máquina haciendo uso de los fundamentos mecánicos y mecánica de fluidos. Se sometió a una evaluación en la simulación estructural y dinámica de cada uno de los sistemas presentes. El proceso eléctrico de accionamiento del motor reductor, el motor de la bomba y el sistema de calentamiento resultó mediante la herramienta computacional CADE SIMU, mientras que el sistema mecánico y estructural bajo normalización de piezas se lo realizó mediante el software AUTODESK INVENTOR. El desplazamiento que se da en la estructura, conjuntamente con el árbol y la mesa giratoria al aplicarle el peso máximo de 2493 N fue de 1,41 mm y el coeficiente de seguridad fue 15, lo que permitió corroborar la rigidez de la máquina para una posible implementación. Se concluyó que el torque aplicado al diseño fue de 60 Nm, lo cual mediante la simulación estructural se observó que la deformación alcanza un momento máximo de 89,21 MPa. Con este valor los materiales no llegan a deformarse ya que poseen una resistencia de 250 MPa.

**Palabras clave** Accionamiento, herramientas de máquina, inyección, tecnología de ingeniería.

## Abstract

The processes for washing mechanical parts for car engine repair limit production and economy in the local micro-industries, the problem being the poor treatment of mechanical parts when they are washed. The main objective was to analyze the different washing processes of mechanical parts, in order to carry out the design of the machine for washing by injection in micro-industries, through the dimensions of mechanical parts, the design parameters of the machine were considered by making use of mechanical fundamentals and fluid mechanics. It was subjected to an evaluation in the structural and dynamic simulation of each of the present systems. The electrical process for driving the gear motor, the pump motor and the heating system was performed using the CADE SIMU computational tool, while the mechanical and structural system under standardization of parts was performed using the AUTODESK INVENTOR software. The displacement that occurs in the structure, together with the tree and the rotary table when applying the maximum weight of 2493 N was 1.41 mm and the safety factor was 15, which allowed to corroborate the rigidity of the machine for a possible implementation. It was concluded that the torque applied to the design was 60 Nm, which by means of the structural simulation it was observed that the deformation reaches a maximum moment of 89,21 MPa. With this value the materials do not deform since they have a resistance of 250 MPa.

**Key words:** Drive, machine tools, injection, Engineering technology.

## Introduction

El servicio técnico de los vehículos incluye su mantenimiento y reparación que son imposibles sin el lavado y la limpieza de los componentes y piezas de los conjuntos. Uno de los factores que aumentan la fiabilidad de un vehículo reparado es la mejora de la eficiencia del lavado de piezas (Fadeev et al., 2021). Es importante realizar el diseño de una máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas para las microindustrias ya que el mercado carece de máquinas de este tipo que cumplan con los requerimientos exigidos por este sector productivo y se requiere diseñar una máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas que optimicen el tiempo de ejecución del proceso de lavado y conserven la calidad de las piezas mecánicas, planteándose en un futuro cercano su implementación en la microempresa, taller o industria. La selección de materiales es una de las fases más difíciles para el diseño y desarrollo de cualquier componente mecánico. Los procesos de selección se llevan a cabo teniendo en cuenta las propiedades físicas, mecánicas y de desgaste de los materiales simples y compuestos, como la densidad, la dureza, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión, la resistencia al impacto y la tasa de desgaste específica, consideraciones que permitirán constituir la máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas en un modelo eficiente y útil para el sector automotriz e industrial (Patnaik et al., 2020).

Debido a los escasos recursos económicos y a la delimitada falta de interés del personal administrativo de las empresas, existe un abandono con respecto a nuevas tecnologías ya que utilizan métodos manuales y artesanales que carecen de buena eficiencia. Este proyecto hace referencia a las empresas que requieren ayuda de carácter técnico en el diseño y conjuntamente simulación de nuevos equipos automáticos que faciliten el trabajo al personal a cargo de la producción y procesos de lavado de piezas, así como su aumento exponencial (Pawar et al., 2021).

En las empresas y microempresas que se realiza procesos en el cual se desmonta partes del motor del automóvil para su reparación o mantenimiento para posteriormente realizar el montaje de las partes hacia el automóvil. En la trayectoria de este procedimiento las piezas a trabajar quedan recubiertas de grasa, polvo y otras impurezas, por lo cual el personal debe realizar un proceso de lavado de las piezas de forma manual que toma un determinado tiempo por cada pieza el mismo que se podría emplear para diferentes actividades (Pawar et al., 2021). Para eliminar la grasa, polvo y otras impurezas de la superficie de las piezas durante la reparación de las unidades, se utilizaron productos derivados del petróleo, lo que provocó la contaminación ambiental y el uso ineficiente de los recursos naturales. Actualmente, en la industria de la reparación, los detergentes sintéticos (SMS) Traktorin, ML-51, ML-52, Labamid-101, Labamid-202, Labamid-203, Labamid-204, AM se utilizan para lavar piezas en lavadoras e instalaciones de varios tipos. -15, Aerol, MS-6, MS-8, Temp, entre otros (Bykov et al., 2019).

La falta de equipos automatizados de lavado de piezas mecánicas limita el tiempo de operación para los procesos del taller.

¿Por qué es necesario el diseño de una máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas para las microindustrias?

Para cubrir las necesidades de la demanda existente en las microindustrias, ya que el sistema de lavado de piezas mecánica actual (manual), con el que trabajan las microindustrias no es el adecuado.

El objetivo es diseñar una máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas para el área de servicio de la microindustria.

Los artículos revisados y relacionados al diseño de una máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas son:

Diseño de Elementos de Máquinas (Vanegas, 2018), Diseño en Ingeniería Mecánica (Budynas & Nisbett, 2019), Selección de materiales en el diseño de máquinas (Patnaik et al., 2020), Técnicas de limpieza con vapor (Kohli, 2019), Diseño y desarrollo de lavadora de pasas (Pawar et al., 2021), Una nueva tecnología de lavado de piezas de vehículos a bajas temperaturas (Fadeev et al., 2021), Durabilidad de las máquinas (Stamminger et al., 2020) y Eficiencia en el mantenimiento de motores pesados (Zagorodniy et al., 2021).

Para analizar la información de los artículos y adaptarlos al diseño de la máquina, se emplea el método deductivo en conjunto con la investigación exploratoria.

Cumpliendo con las normativas correspondientes, el diseño de máquina de lavado por inyección de piezas mecánicas, contiene todos los procesos y análisis para su posible implementación.

Para la distribución de la información y las características del diseño es necesario tener en cuenta los procesos y datos proporcionados por los diferentes autores bajo las normativas correspondientes.

### Materiales y métodos

El proceso para el diseño de la máquina de lavado de piezas por inyección está relacionado con fórmulas y parámetros establecidos, los cuales son detallados y considerados en el procedimiento de cálculo de la investigación. Dado esto el objetivo de este capítulo fue construir y establecer el procedimiento de cálculo para el diseño de la máquina de lavado de piezas mecánicas por inyección (Budynas & Nisbett, 2019).

En primera instancia en materiales se detalla el diseño de los diferentes elementos mecánicos que se realizó en base a teorías de fallas, métodos de resolución, método de elementos finitos, los cuáles fueron comprobados con cálculos computacionales. Los programas que se utilizó para el cálculo son Autodesk Inventor, Cade Simu.

La Figura 1 muestra la hoja de ruta realizada para el diseño de la máquina de lavado de piezas mecánicas por inyección.

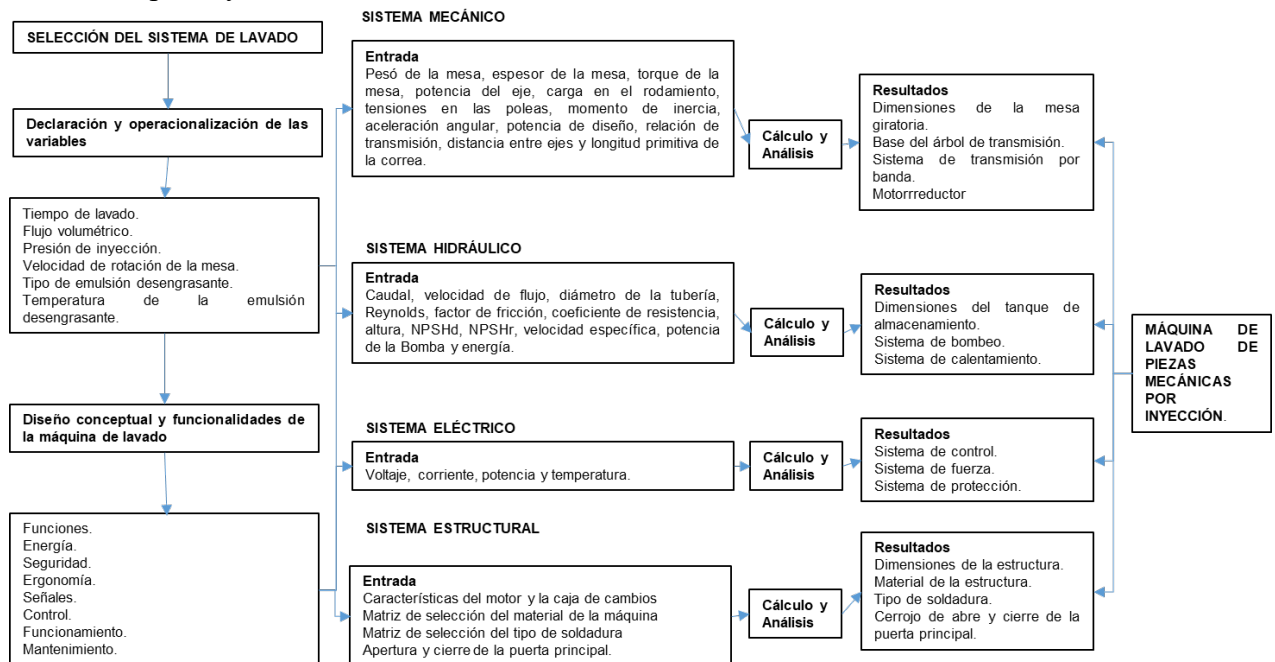


Figura 1. Metodología de los enfoques evaluados.

### Diseño del sistema mecánico

Para el diseño de la mesa giratoria se debe tener en cuenta el peso máximo de carga que soporta la mesa y el diámetro de la pieza de mayor tamaño a lavar, añadiéndole un valor adicional por el tema de espesor de las rejillas que debe contener la mesa y emplear la ecuación 1 (Budynas & Nisbett, 2019).

$$W_{\text{mesa}} = m \cdot g \quad (1)$$

### Diseño del sistema de transmisión

Se deben considerar los elementos y parámetros que intervienen en el sistema de transmisión tales como la mesa giratoria, el árbol, rodamiento, los soportes de rodamiento, poleas y correas, los cuales se van detallando a continuación (Vicente & Useche, 2018).

### Método para la selección del rodamiento

La selección del rodamiento se debe basar en los requisitos de cargas mínimas para rodamientos axiales de rodillos a rótulas, con dicho valor se obtiene el diámetro del rodamiento el cual permite escoger el diámetro para el árbol que soporta la carga de la mesa giratoria (Budynas & Nisbett, 2019).

### Método para el diseño del árbol de transmisión

El árbol es el elemento que sirve de apoyo para los elementos de la máquina como (Poleas, rodamientos, sellos mecánicos y la mesa giratoria). Para la selección se debe tener en cuenta las características tanto del material y de los torques generados (Vanegas, 2018).

Para el cálculo del torque se utiliza la ecuación 2 donde F es la fuerza aplicada a la mesa.

$$\tau = F \cdot r \quad (2)$$

Según el manual de “Diseño Mecánico de Shigley” es necesario conocer el par de torsión  $\tau$  mediante la consideración de la Potencia  $P$  y la velocidad del eje rotatorio  $\omega$  ecuación 3.

$$P = \tau \cdot \omega \quad (3)$$

### Torque de la polea 2

Para determinar el torque transmitido en la polea 2 se emplea la ecuación 4.

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (4)$$

Según el análisis de Firbank, se supone que la fuerza de fricción o rozamiento sobre la banda es uniforme sobre todo el arco de contacto, y que las fuerzas centrífugas que aparecen en la correa pueden ser despreciadas (Budynas & Nisbett, 2019).

$$T_1 = 2T_2 \quad (5)$$

### Momento

Donde  $M = \tau$  son iguales tenemos la ecuación 6.

$$\tau = \frac{d_2}{2} (T_1 - T_2) \quad (6)$$

Se tiene que la Tensión 1 esta dada por la ecuación 7 (Budynas & Nisbett, 2019)

$$T_1 = \frac{4\tau}{d_2} \quad (7)$$

### Método para la selección del motor

#### Momento de inercia

Para el momento de inercia del motor se debe tomar en cuenta la ecuación 8.

$$I_p = m \cdot r^2 \quad (8)$$

La aceleración angular es la relación que se da entre la velocidad del giro de la mesa y el tiempo de estabilización del motor ecuación 9.

$$\alpha = \frac{w}{t} \quad (9)$$

#### Potencia de diseño

Se calcula la potencia que se requiere para hacer rotar la mesa giratoria cargada con la pieza a lavar, se aplica los factores de corrección y de eficiencia del motor para evitar tener una potencia inoperante (Vanegas, 2018)

$$\tau = \alpha \cdot I_p \quad (10)$$

La potencia de diseño se calcula mediante la ecuación 11.

$$Pot = \tau \cdot w \quad (11)$$

La potencia de Diseño ecuación 12, se encarga de evitar que la potencia nominal se quede corta al sobrecargar la mesa giratoria, es por ello que se aplica el factor de corrección de potencia y la eficiencia del motor reductor.

$$Pot_D = Pot \cdot \frac{C_1}{n} \quad (12)$$

### Método para la selección de las poleas

El tipo de sistema transmisión a utilizar es el tipo de transmisión mecánica por correa de transmisión, que hace rotar dos poleas por medio de una correa que envuelve las poleas, permitiendo que la polea motriz entregue la energía a la polea 2, por consiguiente se calcula el diámetro y velocidad de las poleas acorde a la ecuación 13 (Budynas & Nisbett, 2019).

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2 \quad (13)$$

### Método para la selección del tipo de correa

Para el cálculo se utiliza la información acerca de correas y transmisión industrial del catálogo “DUNLOP” como la ecuación 14 que permite el cálculo de la Potencia corregida.

$$P_c = P \cdot F_{cp} \quad (14)$$

### Relacion de transmisión

$$K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (15)$$

El diámetro primitivo de la polea de mayor dimensión se obtiene mediante la ecuación 16.

$$d_2 = K \cdot d \quad (16)$$

El diámetro primitivo de la polea motriz se obtiene mediante los datos del catálogo “DUNLOP”.

Cuando la distancia entre ejes (I) no esta establecida, se puede determinar mediante el siguiente criterio. Para K comprendido entre 1 y 3.

$$I \geq \frac{(K + 1)d}{2} \quad (17)$$

Donde:

La longitud primitiva (L) de la correa se determina mediante la ecuación 18.

$$L = 2 \cdot I + 1,57(d_2 + d) + \frac{(d_2 - d)^2}{4 \cdot I} \quad (18)$$

### Diseño del sistema hidráulico

Para las boquillas de aspersion se considera el caudal que se tiene en el sistema.

Para la recolección de los desechos de los fluidos que se producen al lavar las piezas, se debe contar con un proceso de separación de partículas y limallas o partes de piezas a lavar que permite reutilizar el agua para un segundo proceso de lavado.

El tanque de almacenamiento es el reservorio que contiene el líquido para lavar las piezas mecánicas, el volumen depende del área del reservorio como se muestra en la ecuación 19.

$$V = L \cdot A \cdot h \quad (19)$$

### Método para el sistema de Bombeo

Para el sistema de bombeo se debe tener en cuenta el caudal que circula por la tubería hacia la salida de los aspersores.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (20)$$

El caudal de la ecuación 20 se puede expresar en función de la velocidad por el área de la sección de desplazamiento indicado en la ecuación 21.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (21)$$

Para el obtener el diámetro se utiliza la ecuación 22.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (22)$$

Para determinar el número de Reynolds se emplea la ecuación 23.

$$Re = \rho \frac{v \cdot D}{\mu} \quad (23)$$

Si el número de Reynolds es mayor a 4000 el flujo es turbulento, caso contrario el flujo es laminar.

Se deberá considerar que, al subir la temperatura a 40 °C, disminuye la densidad a 992,215 kg / m<sup>3</sup>

El factor de fricción se calcula mediante la ecuación 24.

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (24)$$

Para el cálculo de las pérdidas primarias se debe tomar en cuenta los accesorios que se acoplan a la tubería.

El coeficiente de resistencia se calcula mediante la ecuación 25.

$$R = \left( h_L + \frac{\lambda \cdot L}{D} \right) \cdot \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \quad (25)$$

El cálculo del coeficiente de resistencia total se determina mediante la ecuación 26.

$$R = R_1 + R_2 \quad (26)$$

Para el cálculo de la altura ecuación 27, se debe utilizar la Presión que es un dato proporcionado  $P_v = 7380 P_a$  y el valor de la gravedad.

$$H_v = \frac{P_v}{\rho \cdot g} \quad (27)$$

Para la diferencia de altura (DH) se considera el criterio (Dz), el coeficiente de resistencia total (RT) y el caudal (Q) ecuación 28.

$$D_H = D_Z + (R_T \cdot Q^2) \quad (28)$$

Con el valor del caudal se determina el  $NPSH_D$  disponible de la bomba.

El  $NPSH_D$  debe ser mayor al  $NPSH_R$  y se obtiene según la ecuación 29.

$$NPSH_d = H_{atm} + H_s - (R_1 \cdot Q^2) - H_v \quad (29)$$

**Velocidad específica  $n_s$**

Para el cálculo de la velocidad específica se utiliza la ecuación (30).

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (30)$$

Con el valor de la velocidad específica se procede a la clasificación de las bombas para elegir la bomba que se empleará.

La potencia de la bomba se determina mediante la ecuación (31).

$$P_s = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_B}{76n} \quad (31)$$

Se debe tener en cuenta que al ser una bomba nueva su eficiencia debe ser del 75%.

La bomba va a ser accionada por un motor eléctrico entonces se utiliza la ecuación 32.

$$P_m = \frac{P_s}{n} \quad (32)$$

Al ser un motor nuevo se debe considerar la eficiencia del 90%.

#### **Diseño del sistema de calentamiento del fluido**

Se debe determinar la cantidad de energía por la ecuación 33 y la potencia requerida mediante la ecuación 34.

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_i) \quad (33)$$

$$P = \frac{Q}{t} \quad (34)$$

#### **Dimensionamiento y selección del sistema eléctrico**

La parte eléctrica gira en torno al voltaje, corriente, potencia (contactores, fusibles, protecciones) de cada equipo y temperatura del sistema de calentamiento. Sin embargo, es necesario aplicar normativas de la NEC (art. 215,2 215,3 220,18) para la selección de protecciones la cual considera que los alimentadores y disyuntores deben tener una ampacidad permisible no inferior al 125% en cargas continuas.

$$I_p = 1,25 \cdot I_n \quad (35)$$

Para una mejor eficiencia se establece las selecciones de marcas conocidas en el mercado (Siemens, Schneider Electric y ABB).

#### **Método para la selección del sistema de protección**

De acuerdo con la normativa NEC 2017, se recomiendan que las protecciones eléctricas, breakers o disyuntores se dimensionen al 100% de la carga no continua + el 125% de la carga continua. Según C. E. I (Comité Electrotécnico Internacional). Se considera el uso de contactor tipo AC-4 Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión. Con una corriente de 13.9 A recomienda el uso del contactor de potencia.

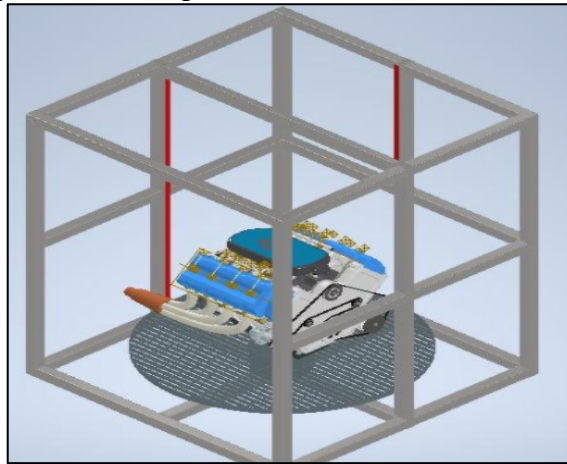
#### **RESULTADOS**

Los resultados se obtuvieron una vez conocido el procedimiento ideal para el dimensionamiento de la estructura de la máquina de lavado de piezas y se seleccionó los

materiales con características similares a las que se encuentran en el mercado, las características establecidas fueron fundamentadas en base a cálculos y softwares computacionales que permitieron evaluar los parámetros de comportamiento de las piezas. Se realizó el ensamblado virtual de las piezas mediante el software Autodesk Inventor para verificar la funcionalidad de la máquina y el análisis estructural.

**Sistema Mecánico**

La Figura 2, ilustra la mesa de transmisión que es la encargada de soportar la pieza a lavarse, cuyo peso máximo que puede tener la pieza es de 2943 N.



**Figura 2.** Mesa giratoria

De acuerdo a la característica y aplicación que tendrá la mesa giratoria, se procedió a seleccionar el material ASTM A36 de tipo Parrilla lisa que es de uso industrial de alto soporte, resistencia y carga.

**Sistema de transmisión**

Se seleccionó un rodamiento axial de rodillos a rótula SKF 29412E de 60 mm el cual fue escogido del catálogo de “Rodamientos SKF. Cuya capacidad de carga es hasta 390 kN.

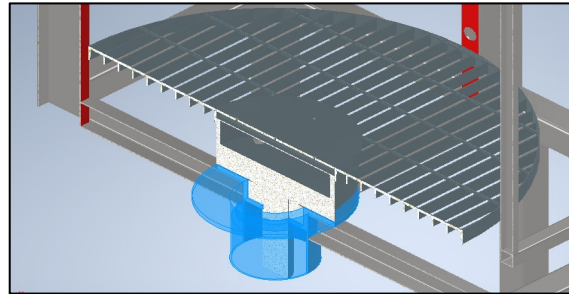
**Tabla 1:** Características mecánicas del árbol.

Datos	Simbología	Resultados	Unidades
Torque de la mesa giratoria	$\tau_m$	1912,95	<i>N.m</i>
Potencia del eje	<i>P</i>	2792,9	<i>W</i>
Torque de la polea	$\tau_m$	510,7	<i>N.m</i>
Tensión en el lado 1	$T_1$	5836,57	<i>N</i>
Tensión en el lado 2	$T_2$	2918,28	<i>N</i>

La tabla 1, registra la selección del material para el árbol AISI 304, considerando los torques y tensiones mecánicas del árbol.

El perfil posee un alojamiento para el rodamiento, cuyo tipo de rodamiento es axial, el cual esta anclado por medio de soldadura a la estructural donde se asienta la mesa pemitiendo que

la carga se distribuya hacia los perfiles. La mesa giratoria está anclada a la brida de anclaje mediante el tornillo M3X6-8.8 y tuercas hexagonales M12, tal como se observa en la figura 3.



**Figura 3.** Mesa giratoria

### Selección del motor

**Tabla 2.** Selección del motor reductor.

Datos	Simbología	Resultados	Unidades
Momento de inercia	$I_p$	100	$kg.m^2$
Aceleración angular	$\alpha$	0,73	$rad/s^2$
Torque	$\tau$	73	$N.m$
Potencia	$Pot$	106,59	$W$
Potencia de Diseño	$Pot_D$	0,25	$hp$

Por motivos de seguridad se seleccionó el motor TRC reductor de 1 HP a 22 rpm, cuyos resultados de momento de inercia, aceleración angular, torque, potencia y potencia de diseño se muestran en la Tabla 2.

### Tipo de poleas y correas

**Tabla 3.** Sistema de transmisión de potencia.

Datos	Simbología	Resultados	Unidades
Diámetro de la polea 2	$d_2$	352	$mm$
Potencia corregida	$P_c$	1,2	$hp$
Relación de transmisión	$k$	1,57	-
Diámetro primitivo de la polea motriz	$d_2$	140	$mm$
Diámetro de la polea 1	$d_1$	224	$mm$
Distancia entre ejes	$I$	450	$mm$
Longitud de la correa	$L$	1475,4	$mm$

De acuerdo al dato mostrado en la tabla 3 de la potencia corregida cuyo valor es 1,2 hp, se procedió a seleccionar el tipo de correa según el catálogo "DUNLOP". La correa seleccionada

por el número de revoluciones según normativas es de tipo B. La longitud real de la correa es 1491 mm cuya longitud recomendada es de 57 pulgadas. Las poleas mediante normativa son de tipo B ANSI Aluminio 6061 de 0,966 kg. La brida o acople se seleccionó la serie 150 del catálogo "Hardval S.A".

El tanque de almacenamiento para el sistema de lavado se encuentra ubicado debajo de la cabina de lavado sus dimensiones son: 0,98X0,45x0,98 m, su volumen es 432 Litros.

### Sistema de bombeo

**Tabla 4.** Parámetros para la selección del tipo de bomba.

Datos	Simbología	Resultados	Unidades
Densidad del agua (40 °C)	$\rho$	992,22	$kg/m^3$
Pérdidas primarias por succión	$h_L$	0,2	$m$
Longitud de la tubería de succión	$L$	0,22	$m$
Pérdidas primarias de descarga	$h_L$	70,6	$m$
Longitud de la tubería de descarga	$L$	6,5	$m$
Presión de vapor	$P_v$	7372,73	$Pa$
Presión atmosférica	$P_{atm}$	102900	$Pa$
Altura de succión	$H_s$	0,2	$m$
Criterio de altura	$D_z$	1,5	$m$

La tabla 5 muestra que el sistema de bombeo consta de dos tramos; succión y descarga. Según el cálculo el diámetro de la tubería es de 0,017m cuyo valor no es comercial se selecciona el valor más cercano de 0,019 m o  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

**Tabla 5.** Sistema de inyección.

Datos	Simbología	Resultados	Unidades
<b>Sección de succión</b>			
Caudal	$Q$	0,00036	$m^3/s$
Velocidad de succión	$v$	1,5	$m/s$
Diámetro tubería de succión	$D$	0,019	$m$
Reynolds succión	$Re$	46510,08	-
Factor de fricción	$\lambda$	0,021	-
Coeficiente de resistencia	$R$	81477,78	$s^2/m^5$
<b>Sección de descarga</b>			
Caudal	$Q$	0,00036	$m^3/s$
Velocidad de descarga	$v$	1,5	$m/s$
Diámetro tubería de descarga	$D$	0,019	$m$
Reynolds	$Re$	46510,08	-

Factor de fricción	$\lambda$	0,021	-
Coefficiente de resistencia	$R$	16104989,73	$s^2/m^5$
Coefficiente de resistencia total	$R_T$	16186467,51	$s^2/m^5$
Diferencia de altura	$D_H$	2,5	$m$
Altura Neta Positiva de Aspiración	$NPSH_d$	4,68	$m$
Velocidad específica	$n_s$	36,35	-
Potencia de la bomba	$P_s$	0,76	$kW$
Potencia del motor	$P_m$	0,84	$kW$

Con el valor de la velocidad específica se elige la bomba rotativa y de émbolo. De acuerdo a las características que estipulan en las normas ASTM A 53 GRB, API 5L y ASTM A 106 del catálogo de DIPAC se seleccionó la tubería de succión y de descarga con un diámetro de  $\frac{3}{4}$  pulgadas ya que es un valor de venta comercial siendo la tubería sin costura cedula 40.

La boquilla de aspersión seleccionada es de tipo 1 IN 3/8 del “catálogo Plastigama”. De acuerdo a las características de la boquilla IN 3/8 y a la longitud de la cabina de lavado se tomó en cuenta la selección de 19 boquillas distribuidas uniformemente.

Se seleccionó una bomba rotativa de émbolo KODO QL-390 que cumple con las características tanto de caudal como de potencia y presión.

#### Sistema de calentamiento

Para el sistema de calentamiento se consideró los cambios del clima dentro de la ciudad generalmente varía de 8 °C a 20 °C. Razón por la cual se determinó que el agua se tendrá que calentar a 40 °C. Se obtuvo 6617,66 Kcal como cantidad de energía y 24,112 kW/h como la potencia de calentamiento. Se escogió una resistencia de calentamiento KIB4,5 que tiene una Potencia de 24,1 kW/h para que realice la acción de calentar el fluido a 40 °C.

#### Sistema Eléctrico

En el sistema eléctrico se consideró el dimensionamiento de la parte eléctrica y la selección de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.

Para el motor reductor y el motor que se utiliza en el sistema de bombeo se consideró un voltaje trifásico de 220 V AC y la carga ocasionada por el motor, mediante los cuales se estableció los equipos necesarios para el circuito eléctrico de potencia de la máquina de lavado de piezas por inyección mostrados en la Tabla 6.

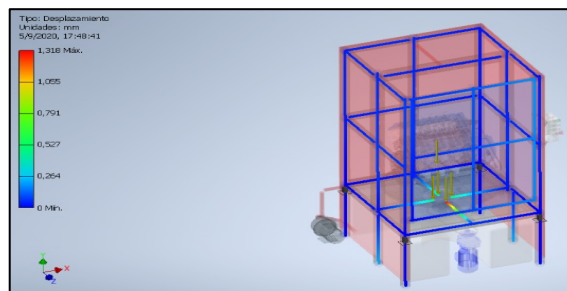
**Tabla 6.** Selección de los equipos del sistema de potencia.

Equipo	Código
Motor Eléctrico	Motor reductor TRC 22 rpm. Motor KODO QL-390
Potencia térmica	LRD21. Relé de sobrecarga térmica para motor TeSys - 12 - 18 A - clase 10A
Contacto Principal	LC1D18MD Contactor 3 polos - 18A - 24 VCC – NANC
Interruptor termo magnético	EZ9F56320 Miniature circuit breaker, Easy9, 3P, 20 A, C curve

### Sistema estructural

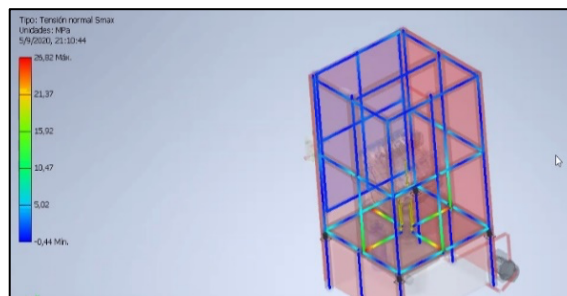
El material para la estructural es el acero galvanizado ASTM 500 Grado B. Los perfiles estructurales se seleccionaron bajo la normativa NTE INEN 1623, para el diseño de la máquina se seleccionó diferentes vigas que están conectadas.

### Simulación de desplazamiento: Inventor PRO



**Figura 4.** Simulación de desplazamiento

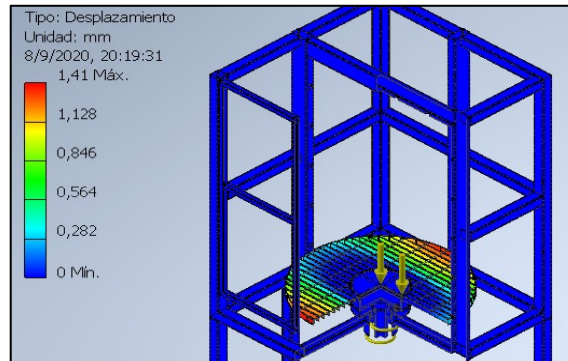
En la figura 4, el desplazamiento máximo es de 1,31 mm y se puntúa en la viga central, por tanto, se consideró que la estructura no sufrirá una deformación relevante, dado que tiene apoyo con otras vigas unidas en su estructura.



**Figura 5.** La tensión normal máxima

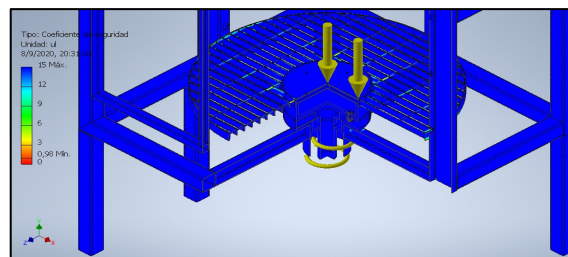
La figura 5 esquematiza la tensión normal máxima que se presenta en el perfil estructural al aplicarle una fuerza, en este caso la fuerza que ejerce el motor V8, es de 26,82 MPa dado que el material seleccionado es acero galvanizado que soporta 400 MPa, no se produce alguna deformación relevante.

Se tiene que la fuerza máxima aplicada es 2940 N que genera un par de reacción de 48,57 N.m.



**Figura 6.** Desplazamiento en el sistema de transmisión.

La figura 6 muestra que el desplazamiento máximo es de 1,41mm y se puntúa en la mesa giratoria conjuntamente con el árbol de transmisión, por tanto, se consideró que la estructura no sufrira una deformación relevante.



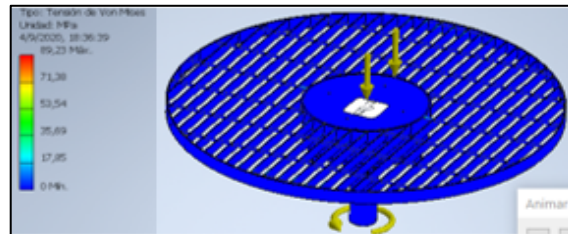
**Figura 7.** Coeficiente de seguridad.

En la figura 7 se muestra que la mesa giratoria de la máquina de lavado posee un coeficiente de seguridad de 15 ul, la cual cumple con las necesidades y condiciones de la máquina.

Este documento presentó la importancia de diseñar una máquina de piezas mecánicas por inyección para las microindustrias, así como los pasos, análisis y simulaciones para su diseño y su posible implementación teniendo en cuenta la información presentada (Budynas & Nisbett, 2019).

Se realiza la simulación de la máquina teniendo en cuenta la Ingeniería estructural, Selección de materiales (Patnaik et al., 2020), Técnicas de limpieza (Kohli, 2019a), Durabilidad de las máquinas (Stamminger et al., 2020), Eficiencia en el mantenimiento de motores pesados (Zagorodniy et al., 2021).

En la simulación se puede ver que el torque que se aplica desde el motor en este caso se ha estimado un torque de 60 Nm. los cual es suficiente fuerza para permitir que la resistencia que opone el peso de la masa se pueda mover y su deformación alcanza un momento máximo de 89,23MPa como se evidencia en la figura 8. Con este torque los materiales no llegan a deformarse ya que poseen una resistencia de 250MPa, ni llegan a su punto de fluencia y fracturarse entonces el análisis es óptimo.



**Figura 8.** Tensión de Von Mises.

## Conclusiones

Como trabajo futuro está previsto realizar la implementación de la máquina diseñada, esto con el fin de mejorar los procesos de lavado de la microindustria que realiza el proceso de manera manual.

- Para el cálculo de las dimensiones de la estructura de la máquina y el sistema de transmisión de potencia se tuvo en cuenta las características de uno de los motores de mayor tamaño como es el V8 con un peso de 300 kg, que es utilizado en automóviles de gran tamaño como “Ford Motor Company”.
- Mediante el diseño de la máquina se da una idea clara del funcionamiento y el proceso de lavado de piezas, dando a conocer la simulación dinámica de la mesa giratoria donde va alojada la o las piezas a lavar, la misma que mediante un sistema de transmisión de potencia permite que este girando a 14 rpm, y se estima que el tiempo máximo de lavado de una pieza de gran dimensión varíe entre los 15 a 20 minutos.
- Mediante la simulación en Autodesk Inventor, el torque que se tiene por la acción del motor es de 60 Nm, permitiendo que la deformación alcance un momento máximo de 89,23 MPa que, con referencia a la resistencia del material de 250 MPa, se comprueba que la estructura y el material no se fracture ni llegue a su punto de fluencia.
- El diseño de la máquina de lavado de piezas mecánicas por inyección propuso una inversión de 1857,47 dólares para su posible implementación, teniendo una tasa interna de retorno del 56% que permite corroborar los rendimientos futuros esperados de dicha inversión.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a su Facultad de Ciencias de la Ingeniería por su valioso aporte y contribución al desarrollo investigativo del presente artículo.

## Referencias

- Budynas, R., & Nisbett, K. (2019). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (R. Budynas & K. Nisbett, Eds.; Eleventh). McGrawHill. <https://www.readallbooks.org/book/shigleys-mechanical-engineering-design-11th-edition/>
- Bykov, V. V., Zagorodskikh, B. P., Sadetdinov, S. V., & Yudin, V. M. (2019). *Increase the Efficiency of Washing Details During Repairing Cars*. EurekaMag.Com. <https://eurekamag.com/research/070/510/070510469.php>

- Fadeev, I., Danilov, I., Marusin, A., Marusin, A., Ruchkina, I., & Ereemeev, A. (2021). A new technology of vehicle parts' washing at low temperatures. *Transportation Research Procedia*, 57, 163–171. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2021.09.038>
- Kohli, R. (2019). Applications of Dry Vapor Steam Cleaning Technique for Removal of Surface Contaminants. *Developments in Surface Contamination and Cleaning: Applications of Cleaning Techniques*, 11, 681–702. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815577-6.00017-7>
- Patnaik, P. K., Swain, P. T. R., Mishra, S. K., Purohit, A., & Biswas, S. (2020). Composite material selection for structural applications based on AHP-MOORA approach. *Materials Today: Proceedings*, 33, 5659–5663. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.04.063>
- Pawar, R. S., Chavan, S. P., & Limaye, S. H. (2021). “Design and development of raisin washing machine.” *Materials Today: Proceedings*, 46, 572–577. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.11.288>
- Stamminger, R., Bues, A., Alfieri, F., & Cordella, M. (2020). Durability of washing machines under real life conditions: Definition and application of a testing procedure. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121222. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121222>
- Vanegas, L. (2018). *Diseño de Elementos de Máquinas* (L. Vanegas, Ed.; Primera). UTP. <https://core.ac.uk/download/pdf/158348444.pdf>
- Zagorodniy, N., Novikov, A., & Novikov, I. (2021). Improving the efficiency of maintenance of heavy-duty engines. *MATEC Web of Conferences*, 344, 01023. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134401023>