



Diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática con caudal regulable, selector de 8 colores y monitoreo remoto para la línea de producción de llaveros de la empresa “Almacén Don Víctor” de la ciudad de Ambato

Ocaña Pañora, Lando Stephen

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

16 febrero de 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
8453 Bases Fundamentales Ingeniería Mecatrónica

NOMBRE DEL ALUMNO
LANDO STEPHEN OCAÑA PAZORA

NOMBRE DEL ARCHIVO
TESIS TITULACION OCAÑA LANDO MECATRONICA 2023

SE HA CREADO EL INFORME
15 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	6	1 %
Fragmentos citados o entrecorillados	1	0,1 %
Coincidencias de la Web		
prevencionar.com	1	0,5 %
espe.edu.ec	2	0,5 %
usac.edu.gt	1	0,3 %
oocities.org	1	0,1 %
isciii.es	1	0,1 %
docplayer.es	1	0,1 %



Ing. Andrés Marcelo Gordón Garcés, Mgs.



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática con caudal regulable, selector de 8 colores y monitoreo remoto para la línea de producción de llaveros de la empresa "Almacén Don Víctor" de la ciudad de Ambato" fue realizado por el señor Ocaña Pañora, Lando Stephen; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 febrero de 2023.

Ing. Gordón Garcés, Andrés Marcelo.

C.C.: 1803698800



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Responsabilidad de autoría

Yo, **Ocaña Pañora, Lando Stephen**, con cédula de ciudadanía N° 1804602512 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática con caudal regulable, selector de 8 colores y monitoreo remoto para la línea de producción de llaveros de la empresa "Almacén Don Víctor" de la ciudad de Ambato"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 febrero de 2023.

Ocaña Pañora, Lando Stephen

C. C.: 1804602512



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Autorización de publicación

Yo, **Ocaña Pañora, Lando Stephen**, con cédula de ciudadanía N ° 1804602512, autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática con caudal regulable, selector de 8 colores y monitoreo remoto para la línea de producción de llaveros de la empresa "Almacén Don Víctor" de la ciudad de Ambato** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 febrero de 2023.



Ocaña Pañora, Lando Stephen

C. C.: 1804602512

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de titulación en primer lugar al ABBA Padre Jehová quien me ha acompañado en el transcurso de mi vida, y me ha brindado su grande misericordia, a la mejor madre Lilia quien supo brindarme todo su amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional quien con paciencia supo educarme desde que tengo memoria, a mi padre José quien supo iniciarme en el camino del esculptismo, a mis hermanos Antony y Kenny, a mis abuelos José y Blanca, a mi tío Marco y a toda mi familia.

Ocaña Pañora, Lando Stephen

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar al ABBA Padre Jehová Jireh, a mi hermosa madre Lilia porque me enseñó a no darme por vencido y dedico mucho de su tiempo para que no me faltara nada en mis estudios, le agradezco y agradeceré por siempre por ser la mejor mamá del mundo y guiarme por el camino del bien, a mi padre y hermanos por el apoyo incondicional, a Bryan, Daniel, Janeth e Iván por acogerme como parte de su familia, a mis amigos Ed, Ronny H., Jorge, Alexander, Alexis, Kevin, Jonathan, Martin, Andrea, Edison, Klever, Ronny S., Braulio, por acompañarme siempre, a mi amada Sandra Elizabeth por su gran apoyo y demostración de mi ayuda idónea con la que caminaré y conversaré por el resto de mi vida.

¡Esfuézate y sé valiente!

Ocaña Pañora, Lando Stephen

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	15
Índice de tablas.....	19
Abreviaturas.....	20
Resumen.....	21
Abstract.....	22
Capítulo I: Introducción.....	23
Antecedentes.....	23
Planteamiento del problema / Formulación del problema.....	24
Justificación e importancia.....	26
Objetivos.....	30
<i>Objetivos General</i>	30
<i>Objetivos Específicos</i>	30
Metodología.....	31
<i>Método Científico</i>	31

Metodología Deductiva.....	31
Metodología Documental Bibliográfico.....	31
Metodología Experimental.....	31
Hipótesis.....	32
<i>Variables de investigación.....</i>	<i>32</i>
Variables independientes.....	32
Variables dependientes.....	32
Capítulo II: Fundamentación Teórica.....	33
Generalidades de la empresa “Almacén Don Víctor”.....	33
Historia de los polímeros.....	33
Plastisol.....	34
<i>Propiedades físicas y químicas de los polímeros.....</i>	<i>35</i>
Viscosidad de la pasta.....	35
Valor de Abatimiento y la tixotropía.....	35
Dilactancia y Reopexia.....	36
Matriz de aluminio en CNC.....	36
Proceso de Microinyección.....	37
<i>Evolución en la historia.....</i>	<i>37</i>
<i>Descripción del proceso de microinyección.....</i>	<i>37</i>
Máquina Microinyectora.....	38
Unidad de Microinyección.....	39
<i>Parámetros del proceso de microinyección.....</i>	<i>39</i>
Temperatura del Molde.....	39

Velocidad de inyección.....	40
Sistema de bombeo.....	41
<i>Componentes del sistema de bombeo.....</i>	<i>41</i>
Automatización.....	41
Sensores.....	41
Sensor óptico de infrarrojos CNY70.....	41
Controladores electrónicos.....	41
Raspberry Pi B3.....	41
ESP32.....	42
Driver DRV8825.....	42
Node-RED.....	42
Actuadores.....	42
Bombas.....	42
Motor.....	45
Motor a pasos Nema 17.....	45
Sistemas Electrónicos.....	46
Convertidor ADS1115.....	46
Pulsador.....	47
Condensador 104 y Resistencias SMD.....	48
Conectores Molex xh2.54 y Fuente de poder DC.....	48
Sistemas mecánicos.....	48
Tipos de acondicionamientos de engranajes.....	48
Ingeniería a la inversa.....	49

Software de diseño CAD.....	49
<i>Fusion 360.....</i>	<i>49</i>
<i>Ansys.....</i>	<i>50</i>
<i>Prototipado.....</i>	<i>50</i>
Tecnología de Impresión 3D.....	50
<i>Acoples hidráulicos.....</i>	<i>53</i>
<i>Seguridad y operabilidad de máquinas.....</i>	<i>53</i>
Capítulo III: Diseño y selección de elementos de la máquina de microinyección....	54
Diseño del Concepto.....	54
Selección de componentes mecánicos y electrónicos.....	55
<i>Motor.....</i>	<i>56</i>
NEMA 17 42BYGH34.....	56
Servo Motor Mg996R 360.....	56
Motor DC 25GA-370.....	57
<i>Controlador para Motor paso a paso.....</i>	<i>59</i>
Driver A4988.....	59
Driver DRV8825.....	59
<i>Bomba.....</i>	<i>60</i>
Bomba de Aceite CG200 37T.....	61
Mini Bomba CBL0D.....	61
<i>Depósito de Plastisol.....</i>	<i>63</i>
<i>Tubería y Accesorios.....</i>	<i>64</i>
<i>Manguera.....</i>	<i>65</i>

<i>Junta</i>	66
Junta de goma de asbesto	66
Junta de goma no asbesto	66
Tarjeta Controladora	67
Arduino Mega 2560	67
Raspberry Pi 3B+	68
ESP32	70
<i>Convertor analógico a digital - ADC</i>	70
ADS1115	70
MCP3008	71
<i>Sensor de Nivel</i>	73
Sensor ultrasónico HCSR04 y Sharp GP2Y0D340K	73
Sensor Óptico CNY70 (Acondicionado)	74
<i>Resumen final de selección</i>	76
Diseño mecánico de la máquina de microinyección	76
<i>Caja</i>	77
Materiales de Partida	77
<i>Cargas</i>	78
Carga de Fuente	79
Carga Sistema de Bombeo	79
Carga de Caja de Control	80
<i>Deformaciones</i>	81
<i>Relación Demanda/Capacidad</i>	82

<i>Diseño de sistema de Transmisión por Engranajes.....</i>	83
Engranaje 1.....	84
Engranaje 2.....	85
Engranaje 3.....	85
Distancia entre centros.....	86
Relación de Transmisión.....	87
<i>Diseño CAD para la fabricación.....</i>	87
<i>Case Sistema de bombeo.....</i>	88
<i>Tapa con Soporte de Riel.....</i>	88
<i>Clavija de Seguridad.....</i>	89
<i>Sistema de Transmisión por Engranajes.....</i>	89
<i>Lápiz Inyector.....</i>	90
<i>Junta de caucho de asbesto.....</i>	90
Diseño electrónico para automatización.....	91
<i>Diseño de Placa de Circuito Impreso.....</i>	96
<i>Consumo Energético.....</i>	99
Resumen final de Diseño.....	100
Capítulo IV: Implementación.....	102
Ensamble de elementos que conforman la máquina de microinyección..	102
Ensamble del sistema mecánico.....	102
Ensamble del sistema electrónico.....	106
Programación del sistema embebido.....	109
<i>Programación para Control y Monitoreo.....</i>	110

<i>Construcción de interfaz</i>	111
Capítulo V: Pruebas y Resultados	113
Evaluación experimental del correcto funcionamiento.....	113
<i>Pruebas del sistema de Bombeo</i>	113
<i>Pruebas de Inyectores Control Manual</i>	114
<i>Pruebas Monitoreo de Nivel</i>	114
<i>Pruebas de Inyectores Control y Monitoreo Dashboard</i>	115
<i>Pruebas Monitoreo de Nivel por Mensajería</i>	116
Evaluación de cumplimiento de requerimientos.....	117
Validación de la Hipótesis.....	124
<i>Planteamiento de la Hipótesis</i>	125
Resumen Económico del Proyecto.....	129
Costos.....	131
<i>Costos de fabricación</i>	134
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	135
Conclusiones.....	135
Recomendaciones.....	138
Bibliografía	139
Anexos	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Gelación y fusión del plastisol.</i>	35
Figura 2	<i>Relación de viscosidad vs Temperatura en polímeros.</i>	36
Figura 3	<i>Elaboración de molde de llavero en aluminio por fresado CNC.</i>	37
Figura 4	<i>Diagrama de bloques del proceso de microinyección.</i>	38
Figura 5	<i>Máquina microinyectora.</i>	38
Figura 6	<i>Husillo plastificador de máquina microinyectora.</i>	39
Figura 7	<i>Atemperado del molde.</i>	40
Figura 8	<i>Clasificación de bombas hidráulicas.</i>	42
Figura 9	<i>Bombas rotatorias de desplazamiento positivo.</i>	43
Figura 10	<i>Bombas de aceite tipo gerotor.</i>	44
Figura 11	<i>Bomba de engranajes internos.</i>	45
Figura 12	<i>Características del convertidor ADS1115.</i>	47
Figura 13	<i>Acondicionamientos de engranajes.</i>	49
Figura 14	<i>Software Autodesk - Fusion 360.</i>	49
Figura 15	<i>Tipos de resina.</i>	51
Figura 16	<i>Impresión de modelado por depósito fusionado.</i>	52
Figura 17	<i>Diseño de concepto.</i>	54
Figura 18	<i>NEMA 17 42BYGH34.</i>	56
Figura 19	<i>Servo Motor Mg996R 360.</i>	57
Figura 20	<i>Motor DC 25GA-370.</i>	57
Figura 21	<i>Driver A4988.</i>	59
Figura 22	<i>Driver DRV8825.</i>	60
Figura 23	<i>Bomba de Aceite CG200 37T.</i>	61
Figura 24	<i>Mini Bomba CBL0D.</i>	61
Figura 25	<i>Taza de pintura lateral 600 cc de gravedad.</i>	63
Figura 26	<i>Tubería de cobre ¼ de pulgada.</i>	64
Figura 27	<i>Moldes de Cobre para horno.</i>	64

Figura 28	<i>Tuerca y Unión OD de 1/4"</i>	65
Figura 29	<i>Manguera de Neopreno Synflex de 3/8"</i>	65
Figura 30	<i>Junta de goma de asbesto</i>	66
Figura 31	<i>Arduino Mega 2560</i>	67
Figura 32	<i>Raspberry Pi 3B</i>	68
Figura 33	<i>Convertor ADC ADS115</i>	70
Figura 34	<i>Convertor ADC MCP3008</i>	71
Figura 35	<i>Sensor Ultrasónico HCSR04</i>	73
Figura 36	<i>Sensor Sharp GP2Y0D340K</i>	74
Figura 37	<i>Sensor Óptico CNY70 (Acondicionado)</i>	74
Figura 38	<i>Dimensiones y Secciones de Caja</i>	77
Figura 39	<i>Áreas cooperantes para Carga de Tapa</i>	79
Figura 40	<i>Diagramas de Cuerpo Libre: Estructura Interna</i>	80
Figura 41	<i>Diagrama de deformaciones: Estructura Interna Caja</i>	82
Figura 42	<i>Relación Demanda/Capacidad</i>	83
Figura 43	<i>Tren de engranajes simple</i>	84
Figura 44	<i>Engranaje 1 con acople a eje NEMA 17</i>	85
Figura 45	<i>Engranaje 2 con acople a tornillo M5</i>	85
Figura 46	<i>Engranaje 3 con acople a Bomba tipo Gerotor</i>	86
Figura 47	<i>Case de Sistema de Bombeo</i>	88
Figura 48	<i>Tapa con Soporte de Riel</i>	88
Figura 49	<i>Clavija de Seguridad</i>	89
Figura 50	<i>Sistema de Transmisión por Engranajes</i>	89
Figura 51	<i>Lápiz Inyector</i>	90
Figura 52	<i>Junta de caucho de asbesto</i>	90
Figura 53	<i>Diagrama de flujo del proceso</i>	91
Figura 54	<i>Diagrama esquemático de microcontroladora Raspberry Pi 3 B+ 2015</i>	92
Figura 55	<i>Fotografía prueba de alimentación Raspberry Pi 3 B+ 2015</i>	92

Figura 56	<i>Modulo Step up/Down regulado de Vin 12v a Vout 5V</i>	93
Figura 57	<i>ESP32 con voltaje de alimentación de 5V en pin 19 y GND en pin 14</i>	93
Figura 58	<i>Disposición de pines correspondiente a ESP32 WROOM 32</i>	93
Figura 59	<i>Disposición de pines driver DVR8825</i>	94
Figura 60	<i>Diagrama esquemático conexión drivers DVR8825 en software</i>	95
Figura 61	<i>Diagrama esquemático conexión de pantalla Oled</i>	96
Figura 62	<i>Diseño PCB en Software Eagle - Vista Eagle Board</i>	97
Figura 63	<i>Impresiones negativas PCB Top y PCB Bottom</i>	98
Figura 64	<i>Vista PCB Top Generado en Software</i>	99
Figura 65	<i>Vista PCB Bottom Generado en Software</i>	99
Figura 66	<i>Vista Isométrica del Ensamblaje General</i>	101
Figura 67	<i>Vista Isométrica del sistema de bombeo</i>	101
Figura 68	<i>Construcción de case</i>	102
Figura 70	<i>Impresión en 3D de elementos mecánicos</i>	103
Figura 71	<i>Ductos internos del sistema</i>	104
Figura 72	<i>Acople de tubería</i>	104
Figura 73	<i>Ensamblaje de bombas</i>	105
Figura 74	<i>Impresión 3D del mango en resina</i>	105
Figura 75	<i>Adaptador de manguera</i>	106
Figura 76	<i>Diseño PCB de baquelita a doble</i>	106
Figura 77	<i>Impresión por láser y planchado de la baquelita a doble cara</i>	107
Figura 78	<i>Baquelita corroída a doble cara</i>	107
Figura 79	<i>Ubicación de componente electrónicos en la PCB</i>	107
Figura 80	<i>Ensamblaje de sistema electromecánico</i>	108
Figura 81	<i>Ensamblaje terminado</i>	109
Figura 82	<i>Node-RED Console en Raspbian</i>	110
Figura 83	<i>Inicializando Node-RED en Raspbian</i>	110
Figura 84	<i>Herramienta de configuración I2C de Raspberry</i>	111

Figura 85	<i>Control de caudal por potenciómetro.....</i>	111
Figura 86	<i>Monitoreo de nivel, linealización del sensor CNY70.....</i>	112
Figura 87	<i>Comunicación por Telegram.....</i>	112
Figura 88	<i>Configuración del Dashboard.....</i>	112
Figura 89	<i>Prueba de Monitoreo de Nivel.....</i>	115
Figura 90	<i>Dashboard Sistema de Inyectores.....</i>	116
Figura 91	<i>Monitoreo de Nivel por Mensajería.....</i>	116
Figura 92	<i>Interacción de Operarios con la máquina de microinyección.....</i>	117
Figura 93	<i>Respuestas pregunta 1.....</i>	118
Figura 94	<i>Respuestas pregunta 2.....</i>	118
Figura 95	<i>Respuestas pregunta 3.....</i>	119
Figura 96	<i>Respuestas pregunta 4.....</i>	119
Figura 97	<i>Respuestas pregunta 5.....</i>	120
Figura 98	<i>Respuestas pregunta 6.....</i>	120
Figura 99	<i>Respuestas pregunta 7.....</i>	121
Figura 100	<i>Respuestas pregunta 8.....</i>	121
Figura 101	<i>Respuestas pregunta 9.....</i>	122
Figura 102	<i>Respuestas pregunta 10.....</i>	122
Figura 103	<i>Respuestas pregunta 11.....</i>	123
Figura 104	<i>Resultado de Máquina de Microinyección Semiautomática.....</i>	124
Figura 105	<i>Plastisol desperdiciado mediante el Proceso Tradicional.....</i>	124
Figura 106	<i>Valores Críticos de la distribución Chi-Cuadrado.....</i>	129
Figura 107	<i>Detalle de costos del Subsistema Mecánico.....</i>	129
Figura 108	<i>Detalle de costos del Subsistema Electrónico.....</i>	130
Figura 109	<i>Detalle de costos del Subsistema de Automatización.....</i>	130
Figura 110	<i>Detalle de costos del Proyecto.....</i>	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características del Motor a pasos Nema 17</i>	46
Tabla 2 <i>Especificaciones Físicas del del Motor a pasos Nema 17</i>	46
Tabla 3 <i>Descripción de necesidades iniciales</i>	55
Tabla 4 <i>Integración del sistema</i>	55
Tabla 5 <i>Selección del Motor</i>	58
Tabla 6 <i>Selección de Controlador para Motor paso a paso</i>	60
Tabla 7 <i>Selección de Bomba</i>	62
Tabla 8 <i>Selección de Junta</i>	67
Tabla 9 <i>Selección de Tarjeta Controladora</i>	69
Tabla 10 <i>Selección de Conversor analógico a digital – ADC</i>	72
Tabla 11 <i>Selección de Sensor de nivel</i>	75
Tabla 12 <i>Características Mecánicas Tubo y Tol</i>	78
Tabla 13 <i>Masa de Tubo cuadrado Tapa</i>	78
Tabla 14 <i>Masa de Sistemas de Bombeo</i>	80
Tabla 15 <i>Consumo energético de la máquina microinyectora de plastisol</i>	100
Tabla 16 <i>Pruebas del sistema de Bombeo</i>	113
Tabla 17 <i>Pruebas de Inyectores Control Manual</i>	114
Tabla 18 <i>Prueba de Monitoreo de Nivel</i>	115
Tabla 19 <i>Pruebas de Funcionamiento</i>	126
Tabla 20 <i>Cálculo del Valor Chi-Cuadrado</i>	128
Tabla 21 <i>Costos de fabricación</i>	132

Abreviaturas

TEU	Unidad de medida de contenedor de 20 pies TEU
CAD	Diseño asistido por computadora
CAE	Ingeniería Asistida por Computadora
CAM	Fabricación asistida por ordenador
CNC	Control numérico por computadora
USD	Dólar estadounidense
PVC	Policloruro de vinilo
°C	Grados Centígrados
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit, es la unidad de medida del comercio exterior para saber la capacidad de carga en contenedores
SGRT	Seguro General de Riesgos de Trabajo
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
OPS/OMS	Organización Panamericana de la Salud

Resumen

El presente proyecto de titulación es la sinergia de un sistema electrónico, mecánico y de software aplicado en un sistema mecatrónico, tecnológico e innovativo enfocado a la contribución en el mejoramiento de las técnicas de manufactura de plastisoles, como son etiquetas, sellos, enfocado a la elaboración de llaveros con un máximo de 8 colores y reducción del desperdicio de materia prima. Para lo cual se diseñó, construyó e implementó un sistema de microinyección con base al bombeo de fluidos viscosos como es el Plastisol, en este caso se utilizaron bombas de engranajes de tipo gerotor encontradas en el mercado nacional utilizadas en el bombeo de aceite, acopladas mediante un juego de engranajes a un motor a pasos Nema 17 y controladas por un sistema embebido compuesto por una tarjeta microcontroladora Raspberry Pi 3 B+, ESP32, drivers DVR18825, ADS1115, un accionamiento por pulsador y regulador de caudal por potenciómetro. Se utilizó como método de prototipado la impresión 3D por deposición de material fundido y el modelado por resina de curado UV para elaborar componentes diseñados. Simultáneamente se incorporó un sistema de monitoreo remoto con CNY70 Acondicionado como sensor de nivel con comunicación remota por Node-RED dashboard y el aplicadito móvil de Telegram.

Palabras clave: Microinyectora, Plastisol, Node-RED.

Abstract

This degree project is the synergy of an electronic, mechanical and software system applied in a mechatronic, technological and innovative system focused on the contribution to the improvement of manufacturing techniques of plastisols, such as labels, seals, focused on the production of key chains with a maximum of 8 colors and reduction of raw material waste. For which was designed, built and implemented a microinjection system based on the pumping of viscous fluids such as Plastisol, in this case gear pumps were used gerotor type found in the domestic market used in the pumping of oil, coupled by means of a set of gears to a Nema 17 stepper motor and controlled by an embedded system composed of a Raspberry Pi 3 B+ microcontroller card, ESP32, DVR18825, ADS1115 drivers, a push button drive and a potentiometer flow regulator. The prototyping method used was fused material deposition 3D printing and UV-cured resin modeling to produce designed components. Simultaneously, a remote monitoring system was incorporated with CNY70 Conditioned as a level sensor with remote communication via Node-RED dashboard and Telegram mobile application.

Key words: Microinjector, Plastisol, Node-RED.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El ser humano es capaz de realizar múltiples tareas tanto cotidianas como a nivel industrial; ayudándose de sus dedos, manos y extremidades. Dichas tareas suelen ser repetitivas en lapsos de tiempo muy prolongados lo que ocasiona, a corto o largo plazo, complicaciones en la salud debido a la fatiga a nivel muscular, de articulaciones y dolor de extremidades conocidas como enfermedades profesionales (Rosauero, 2019).

A nivel industrial, esto representa un problema grave puesto que se ve afectada directamente la salud del trabajador, es por esto, que en el transcurso del tiempo se ha visto la necesidad de desarrollar herramientas y prototipos de máquinas que ayuden a los operadores, de esta forma se ha logrado optimizar sus capacidades para realizar tareas específicas y repetitivas en lapsos de tiempo muy prolongados, siendo así significativa su asistencia al disminuir la fatiga y prevenir lesiones en los trabajadores que las operen (Goye, 2021).

Los hermanos John y Isaiah Wesley Hyatt, plantaron en 1872 la invención de la primera máquina de moldeo por inyección, la cual es más sencilla en comparación con los artefactos en uso hoy en día; funcionaba como una aguja hipodérmica grande, usando un émbolo para inyectar plástico a través de un calentador cilindro en un molde. La industria progresó lentamente a lo largo de los años, produciendo productos como collares, botones y peines para el cabello (Dai, 2018).

Las primeras formas estables de acetato de celulosa fueron creadas en 1903 por los químicos alemanes Arthur Eichengrün y Theodore Becker, cuando se lo sintetizó como polvo se pudo usar en el modelo a inyección con suma facilidad. Para 1919 Arthur Eichengrün logra desarrollar una prensa de moldeo por inyección y en 1939 patenta el moldeo por inyección de acetato de celulosa plastificado (Dai, 2018). A partir de la Segunda Guerra Mundial el auge por todos los productos derivados de plástico moldeado se

incrementó en gran medida, de modo que, la industria de inyección de plástico creció (Vargas, 2017).

Según Socconini (2019), la primera máquina de inyección de tornillo fue creada por Watson Hendry en 1946, cuya ventaja primordial fue la mejora en la calidad de impresión y mayor control sobre la velocidad de inyección. En cuanto a la mezcla de material, esta se realizaba antes que la inyección para lograr que el plástico usado se agregue al demás material para tener una mezcla homogénea antes de la inyección. Actualmente estas máquinas representan la mayoría de las máquinas de inyección del mercado. Según (Dai, 2018) el mismo Hendry para 1970 crea el modelo de inyección asistido por gas para producción de artículos complejos y huecos que se enfriaron rápidamente, esta nueva implementación permite mejorar la flexibilidad de diseño, resistencia, y acabado de las piezas fabricadas a la par que reducían el tiempo de producción, el costo, el peso y el desperdicio.

El plastisol es un polímero formado por la suspensión de partículas de PVC en un plastificante, a temperatura ambiente su estado es líquido, cuando se calienta a aproximadamente a 177°C, el plástico y el plastificante se disuelven mutuamente. Al someterlo a temperaturas bajo cero como por ejemplo a -60°C, su estructura es sólida flexible y permanentemente plastificada (Horath, 2019).

En la actualidad la gran mayoría de equipos, maquinaria, plataformas de la mayoría de las industrias son producto de ingeniería en diseño y modelado con tecnologías mediante Diseño asistido por computadora (CAD), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), Fabricación asistida por ordenador (CAM), además del manejo de maquinaria (CNC) (Madni et al., 2019).

Planteamiento del problema / Formulación del problema

El Ecuador a raíz de la crisis de emergencia sanitaria del año 2020 hasta 2021 acusada por la COVID 19, se ha evidenciado un notable incremento del 300% al costo de transporte de importaciones procedentes de Asia, de modo que, la subida de precios del transporte marítimo y la falta de contenedores ha provocado un repunte en la demanda de

mercancías especialmente procedentes de China, muchos países cerraron sus exportaciones, resultando en la paralización de transporte de importaciones desde el continente asiático (Fernández , 2020).

La empresa Cargowshipping S.A. menciona en el diario Comercio y Mundo (2021), que actualmente hay un desbalance en el sector, pues existe una mayor demanda de contenedores, más allá de la que el Ecuador puede suplir, razón por la cual el costo promedio de un flete por unidad de medida de contenedor de 20 pies TEU, cuyo costo era de USD 2500 y 3000 se elevó hasta los USD 8000 y 9500 además a esto hay que adicionarle el impuesto por el transporte de mercadería (Caro, 2018).

La industria gráfica es un motor fundamental y un intermediador necesario, ya que por lo menos el 70% de su producción se usa como sustento para la exportación de los productos, colaborando principalmente con la impresión de según la Subgerencia de Análisis e Información (2017) del Banco Central del Ecuador, la industria gráfica permite que al menos el 70% de sus productos sean usados para la difusión y consumo de productos de los demás sectores económicos, mediante la elaboración de distintos artículos publicitarios, como; sellos, logos, publicidades gráficas, tipografías en 3D, entre otros.

Actualmente, en la empresa “Almacén Don Víctor” con más de 20 años de experiencia en la industria publicitaria específicamente en la elaboración de impresiones, diseños transfer, vinilos, sublimación, sellos, etiquetas, y logotipos a base de plastisol, se ve en la necesidad de implementar nuevas tecnologías y busca implementar una máquina de microinyección constante de plastisol con selector de 8 colores y caudal regulable para moldes con detalles muy pequeños que actualmente la empresa se ve limitada en un máximo de 2 colores por molde, ya que, el método utilizado es manual el cual consiste en verter la materia prima plastisol en los moldes y retirar el excedente con espátulas para posteriormente llevarlo al horno, proceso en el cual se ve reflejada en desperdicio de material que tiene como consecuencia una pérdida en la economía y producción de la empresa.

Para realizar la elaboración de estos productos publicitarios con detalles de más de 2 colores el trabajador se ve en la necesidad de utilizar jeringuillas llenas de plastisol en las cuales se debe ejercer una presión moderada-alta con su dedo pulgar en el embolo para realizar una microinyección del plastisol y poder llenar las cavidades pequeñas del molde, esta misma acción se la realiza de manera repetitiva para la gran cantidad de sellos o etiquetas que lleva el molde o matriz de aluminio, como consecuencia él trabaja representando dolor y una inevitable fatiga a nivel muscular momentánea de la mano con futura atrofia ósea, muscular y articular del miembro superior, lo cual ya es considerada como una enfermedad profesional.

La empresa se ha visto la necesidad de una fabricación local por varios factores como son:

- Falta de maquinarias de microinyección de plastisol en el mercado nacional.
- Costes de la maquinaria elevados en otros países como China.
- Costes elevados de importación de la maquinaria hasta el Ecuador.
- Fácil acceso a repuestos en el mercado local y nacional.
- Reducción de costo de fabricación, ya que cumpliría únicamente con los requerimientos para un trabajo en específico.

Es necesario que la maquinaria cumpla con varios aspectos para la empresa y poder así cumplir con la demanda de productos de microinyectado y al mismo tiempo evitar enfermedades profesionales en las personas encargadas de la línea de producción, de igual manera que cubra la necesidad de facilitar la microinyección de 8 colores de una manera rápida, con caudal regulable, mango del extrusor ergonómico y alta precisión para evitar desperdicios de materia prima Plastisol y trabajo continuo durante la jornada.

Justificación e importancia

El proyecto se justifica por generar una solución a la necesidad latente de la empresa de artes gráficas publicitarias “Almacén Don Víctor”, mediante el diseño e implementación de máquinas de microinyección de plastisol de 8 colores, a la par proveer

de ayuda complementaria a trabajadores de esta industria ubicada en la ciudad de Ambato, además de permitir la obtención del título profesional de ingeniero mecatrónico con el diseño e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática, que cumple con las características de un dispositivo mecatrónico, por ser una ayuda técnica que complementa la integración de todos los conocimientos adquiridos en cuanto a diseño mecatrónico, instrumentación mecatrónica, automatización utilizando tecnologías actuales y en desarrollo que aporta investigaciones de alto realce en la sociedad científica, además que se puede lograr una mejor calidad de vida y evitar futuras enfermedades profesionales en las personas que trabajen en la industria de artes gráficas publicitarias a base de polímeros sintéticos.

El desarrollo de investigación del proyecto permitirá realizar un microinyectado de hasta 8 colores teniendo como resultado un mayor número de opciones a ofertar en la empresa, con mejor calidad, comodidad y precisión en moldes de llaveros u otros productos similares, así mismo, un aumento de producción diaria evitando la fatiga muscular en la mano del operador que ejecuta dicha acción, por ejemplo, se evitará el uso del dedo pulgar para el accionamiento del embolo de la jeringuilla previamente llenada de plastisol; con la implementación de la máquina de microinyección se obtendría como resultado un flujo constante de plastisol sin el uso excesivo de los dedos del trabajador, así mismo se evitará el tiempo de extracción, llenado y colocación de la jeringa en ciclos repetitivos a lo largo de la jornada ya que contará con tanques de almacenamiento de un volumen considerable.

Al tener 8 sistemas de microinyección internos se podrá realizar el microinyectado de plastisol de 8 colores distintos en moldes de diseños complejos con la facilidad del cambio rápido entre colores, actividad que no se puede desarrollar en proyectos anteriores por estar limitado a un método convencional con el cual la empresa se ve limitada a un máximo de 2 colores del polímero por molde y con un desperdicio considerable de materia prima, mismo que se evitará al utilizar la máquina de microinyección de plastisol.

Un aspecto adicional a considerar es el diseño enfocado a un entorno amigable y de fácil manejo de la máquina de microinyección con el usuario final, ya que al tener menor

cantidad de partes externas en el chasis se logrará una rápida adaptación con fácil entrenamiento, el cual es fundamental para el usuario por aportar un mejor entendimiento del funcionamiento de la máquina, la forma de selección fácil de color y flujo de salida regulable del plastisol será primordial al momento del diseño y construcción de la máquina. En la actualidad se encuentra disponible la tecnología de prototipado virtual mediante diseño CAD y simulaciones que ayudarán a la verificación del funcionamiento de la máquina previa a su construcción definitiva.

Por otro lado, como lo menciona, la Política Nacional de Salud en el Trabajo 2019 - 2025, el Plan de acción sobre la Salud de los trabajadores 2019-2025 de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), ha planteado lineamientos de desarrollo sostenible 2030 estratégicos para fomentar la prevención de riesgos laborales, los cuales textualmente son:

- Fortalecer la responsabilidad del Estado, empleadores y población trabajadora en la construcción de normativa y herramientas de salud en el trabajo en favor del empleo y la productividad.
- Impulsar ambientes de trabajo saludables a través de mecanismos de promoción de la salud, prevención de enfermedades y accidentes en el trabajo.
- Desarrollar soluciones prácticas, conocimiento y evidencia en materia de salud en el trabajo.
- Fomentar el diálogo y la participación de los actores sociales en la formulación de políticas públicas en temas relacionados a salud en el trabajo mediante la corresponsabilidad y compromiso entre la población trabajadora y el empleador en favor de la productividad.
- Impulsar acciones de salud en el trabajo, dirigidas al sector informal considerando los determinantes de salud, mediante la intervención intersectorial.

En Ecuador mediante los datos disponibles en el Seguro General de Riesgos de Trabajo (SGRT) del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) del periodo comprendido entre 2006 a 2020, se toman en cuenta la evolución y tendencias de la siniestralidad laboral del país. En la Resolución 741 de 19904 se presentan criterios de concesión de prestaciones por accidentes de trabajo y/o enfermedades profesionales en los trabajos de los afiliados. Por otro lado, las Resoluciones consecutivas 333 de 20105 y la Resolución 390 de 20116 se prioriza la implantación de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo para promulgar reducir o eliminar los riesgos laborales presentes en las plazas de trabajo, de igual forma se busca concientizar que es obligatorio el reportar los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales al SGRT (Gómez García, 2021).

Además, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, en la ficha calcográfica “Política Nacional de Salud en el Trabajo 2019 -2025” generada en el año 2019 con vigencia hasta el año 2025, informa que, en el Ecuador, la población trabajadora está expuesta a diversos factores ambientales y laborales que deterioran la salud y el bienestar. Lo cual abre la necesidad de, mediante la Autoridad Sanitaria robustecer la legislación ecuatoriana en cuanto a la promoción de salud en el trabajo, así como la prevención de enfermedades laborales, para lo cual se requiere la unión entre los entes reguladores del estado, la población trabajadora y los empleadores; con el objetivo de reforzar y priorizar la prevención y o atención de enfermedades profesionales de la población perteneciente al sistema nacional de salud (Ministerio de Salud Pública, 2019).

Dicha política contribuye a salvaguardar la salud y bienestar de la población trabajadora del país, ya que se pretende dar una atención integral y de calidad (Ecuador, 2019), por ende es fundamental el contribuir a la investigación ecuatoriana con el diseño, construcción e implementación de máquinas de microinyectado de plastisol, que aumenten la productividad y faciliten el desempeño de actividades con la capacidad de evitar enfermedades profesionales en los trabajadores de la industria gráfica y publicitaria ambateña.

Objetivos

Objetivos General

- Diseñar, construir e implementar una máquina de microinyección de plastisol semiautomática con caudal regulable, selector de 8 colores y monitoreo remoto para la línea de producción de llaveros de la empresa “almacén don Víctor” de la ciudad de Ambato

Objetivos Específicos

- Investigar y documentar los principios de funcionamiento de una máquina microinyectora de Plastisol y las principales características del Plastisol utilizado como materia prima para la elaboración de llaveros fabricados por la empresa “ALMACEN DON VICTOR”.
- Identificar las diferentes partes comerciales necesarias para el bombeo de plastisol y las etapas del proceso para diseñar los elementos que componen una máquina micro inyectora de plastisol.
- Diseñar un control de caudal para el proceso de microinyección y los elementos mecánicos para el movimiento independiente de bombeo de plastisol para cada color.
- Analizar los esfuerzos combinados en los mecanismos de engranajes de bombeo, para su posterior impresión 3D.
- Seleccionar los elementos electrónicos para dimensionar la placa PCB y ubicación interna de los sensores, actuadores y controladores.
- Programar las diferentes instancias del sistema embebido.
- Acoplar y ubicar la parte mecánica, electrónica y control.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina y analizar los resultados obtenidos.

Metodología

Para diseñar, construir e implementar una máquina de microinyección de plastisol semiautomática con caudal regulable, selector de 8 colores y monitoreo remoto para la línea de producción de llaveros de la empresa “Almacén Don Víctor” se consideró las siguientes metodologías:

Método Científico.

Para De Hoyos Benítez (2020), el método científico proporciona herramientas, medios para la recuperación y análisis de datos que permiten que la ciencia se avance, ratifique o cambie, no obstante, para los científicos emergentes el verificar teorías o refutarlas, crear nuevas tecnologías o formas de hacer ciencia el reto siempre estará abierto, es por eso por lo que, a través de este método se comprobará la hipótesis planteada en el proyecto de investigación.

Metodología Deductiva. Es aquel que va de lo general hacia lo particular, de un todo a sus partes De Lorén (2018), lo cual permitirá obtener conclusiones y recomendaciones para la investigación del comportamiento de las máquinas de microinyección de polímeros sintéticos y su buen funcionamiento en la elaboración de productos.

Metodología Documental Bibliográfico. Para Campos y Pavan (2021), la metodología documental bibliográfico del sistema que se sigue para obtener información contenida en documentos. En sentido más específico, es el conjunto de técnicas y estrategias que se emplean para localizar, identificar y acceder a aquellos documentos que contienen la información pertinente para la investigación, siendo el caso del proyecto de la implementación de máquinas de inyección de polímeros sintéticos.

Metodología Experimental. La metodología experimental debe ser pertinente y factible según García et al. (2018) con este método se busca poner a prueba el proyecto, para poder comprobar el material y control implementados tengan un buen funcionamiento, caso contrario se pueda corregir algún defecto que existiera.

Hipótesis

¿El diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática permitirá la elaboración de llaveros en base plastisol a 8 colores y monitoreo remoto?

Variables de investigación**Variables independientes.**

La máquina de microinyección de plastisol semiautomática

Variables dependientes

Llaveros elaborados de hasta 8 colores para la empresa "Almacén Don Víctor"

Capítulo II

Fundamentación Teórica

Generalidades de la empresa “Almacén Don Víctor”

Almacenes Don Víctor, es una empresa ubicada en Ambato, Ecuador. Cuenta con más de 30 años de experiencia en la industria publicitaria y gráfica; llevando esto de la mano con el apoyo direccionado al artesano y productor ambateño. Estos almacenes se especializan en la personalización de cualquier tipo de confección de objetos publicitarios, como: etiquetas impresas, llaveros en plastisol y termo adherible. Además, ellos se consideran fabricantes por lo que aseveran que sus costos son de los más accesibles del mercado.

Historia de los polímeros

La historia de los polímeros inicia en 1833 con el químico sueco Jöns Jakob Berzelius, quién fue la primera persona en introducir la palabra polímero dando entender que era un compuesto químico que puede tener la misma composición elemental, es decir, el mismo monómero, repetido n veces en una misma estructura generando diferentes pesos moleculares; los químicos Heinrich Hermann Hlasiwetz y J. Habermann en 1871 ya lograron demostrar la naturaleza polimérica de algunas sustancias con alto peso molecular por ejemplo el caucho, la celulosa, proteínas entre otros, no obstante para 1953 el premio nobel de química otorgado a Hermann Staudinger fue por la postulación de 1920 fórmulas para el poliestireno y el polioxi- metileno aseverando una vez más lo antes mencionado (Armijo, 2020).

Para Mijangos (2020) los polímeros naturales siempre han estado relacionados con su aplicación en la vida cotidiana del ser humano como el algodón, almidón, proteínas, lana, entre otros; mientras que, los compuestos químicos sintetizados han sido usados por el hombre desde hace más de 100 años, actualmente son aprovechado en ciencias como la química, física e ingeniería y sus más recientes aplicaciones en la medicina y la biología

obliga a hacer objeto de estudio continuo con el fin de usarlos para el beneficio de la humanidad.

Los polímeros sintéticos tienen su origen en cadenas carbonatadas moldeadas a partir de altas condiciones de presión y temperatura se derivan de combustibles fósiles, estos compuestos son llamados primarios, los de origen secundario se los obtiene por degradación de los primarios, dependiendo de la aplicación serán llamados macroplásticos, microplásticos o nanoplásticos, cabe recalcar que los plásticos son moléculas grandes de polímeros de modo que son ampliamente usados alrededor del mundo en la vida cotidiana, en diferentes áreas e industrias, como por ejemplo: polietileno de alta densidad hoy material usado en bolsas características de supermercado, tereftalato de polietileno (PET) comúnmente conocido como el material con el que se realizan alrededor del 80% de las botellas bebidas de consumo humano, polipropileno materia prima con la que se realizan papá de envases PET u otro material, policloruro de vinilo (PVC) material con el que se fabrica tuberías o cables de uso eléctrico, plastisol entre otros (Buey, 2019).

Plastisol

Está caracterizado como plastificante, los cuales tienen propiedades químicas para cambiar gradualmente el estado físico del PVC (Wypych, 2015). Además, según Carlisle Plastics Company (2022), el plastisol es una suspensión de resina de PVC, considerado como emulsión de plastificante, tiene sus orígenes en los años 20's como resultado de investigación del PVC, desde entonces su uso comercial se ha incrementado.

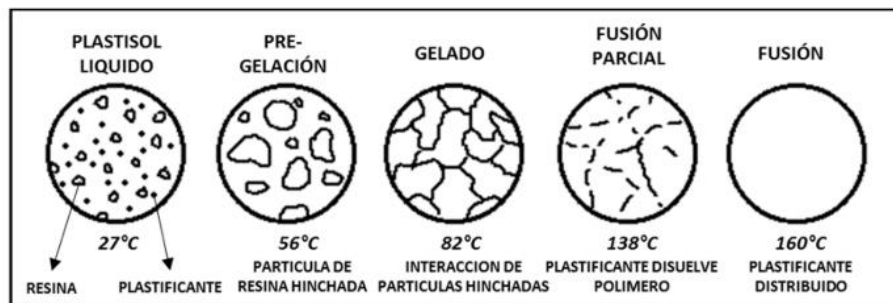
Las propiedades químicas de plastisol están en función de su peso molecular, tamaño de partícula, distribución de tamaños de partícula del PVC, cantidad de emulsificador utilizado en la polimerización de este, estas últimas determinan la viscosidad del compuesto final, es decir, la relación entre el tamaño de partícula es inversamente proporcional a la viscosidad del polímero (Reynoso, 2018).

Para Torres (2018), el plastisol es producido por el método de polimerización en emulsión, cuatro de las técnicas más usadas para sintetizarlo son el moldeo slush, moldeo por inmersión, recubrimiento por inmersión, moldeo por vaciado; en estas técnicas de

sintetizado del polímero ocurre la generación y la fusión, plastisol entra en contacto con el sustrato el cual es distribuido en la superficie del molde en el que se encuentra el polímero, posterior a esto se somete a altas temperaturas para que el plastificante reaccione con las partículas de PCV, por ende, en este proceso se debe tomar en cuenta dos factores, la habilidad del plastisol para fluir y cubrir el sustrato y la velocidad con la que ocurre el proceso de generación y fusión.

Figura 1

Gelación y fusión del plastisol.



Nota. Proceso de gelación y fusión del plastisol. Tomado de (Monsivais, 2018).

Propiedades físicas y químicas de los polímeros

Viscosidad de la pasta. Esta relaciona directamente el contenido y la calidad de la carga utilizada, esto debido a que, cada plastificante tiene diferente capacidad de absorción de plastificante entre sí lo que produce el aumento de la viscosidad hasta su transformación a sólido después del proceso de enfriamiento. La viscosidad es propiedad mediante la cual se manejan los espesores, velocidad de aplicación y calidad de producto terminado (Billmeyer, 2020).

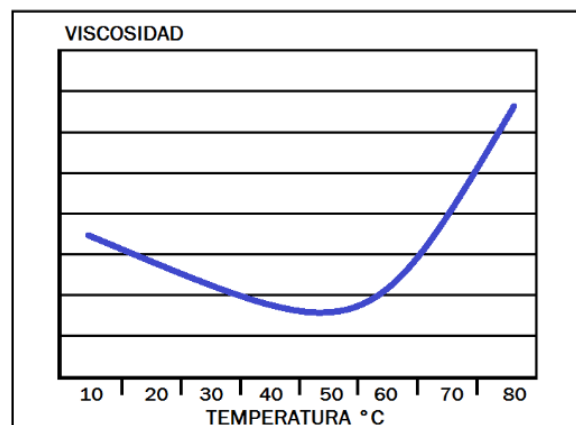
Valor de Abatimiento y la tixotropía. Según Tommasi y Mancini (2020), el valor de abatimiento es la resistencia de los polímeros a fluir, está definida como la fuerza que debe aplicarse a un fluido en reposo para dar inicio al movimiento de este, sus magnitudes se miden mediante el viscosímetro Brookfield. La tixotropía es cuando un compuesto disminuye su viscosidad debido a agitación constante en un tiempo determinado (de Lima, 2022).

Dilactancia y Reopexia. La dilactancia ocurre cuando la viscosidad aparente de una sustancia aumenta, a ser sometido a más agitación, mientras que, cuando está en estado basal esta propiedad disminuye (García, 2020). La reopexia de un polímero ocurre cuando la viscosidad aumenta cuando es sometido a un tiempo de agitación constante (Ghimisi, 2020).

Dureza de un polímero, está relacionada con la relación masa del polímero y cantidad de plastificante juntamente con el contenido de la carga; es decir, mayor plastificante mayor dureza, además a más carga mayor dureza (García, et al 2022). En la siguiente grafica se muestra la relación de la viscosidad versus la temperatura.

Figura 2

Relación de viscosidad vs Temperatura en polímeros



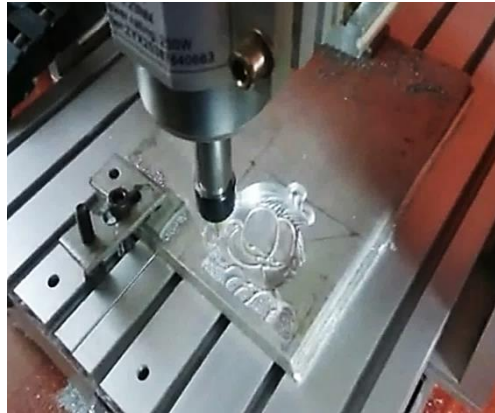
Nota. Gráfica comparativa de la tendencia de la viscosidad y la temperatura en polímeros.

Tomado de (Blucher y Neumann, 2020).

Matriz de aluminio en CNC. En una máquina de Control Numérico Computarizado, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que son accionados con los ejes de la máquina. Debido a esta característica, se pueden hacer movimientos que no se pueden hacer manualmente, como círculos, diagonales y figuras difíciles de maniobrar. Cuando se utiliza una máquina CNC, sus dispositivos de control mecánico permiten ejecutar trayectorias tridimensionales logrando así maquinar moldes y troqueles complejos.

Figura 3

Elaboración de molde de llavero en aluminio por fresado CNC



Nota. Molde de aluminio. Tomado de (CNC routers, 2019)

Proceso de Microinyección

Evolución en la historia

Según De Los Cobos Peñalver (2018) el primer producto plástico como tal fue elaborado en Gran Bretaña en 1851 caracterizado por la producción a baja escala, hasta la invención de la máquina de inyección de plásticos por John Wesley Hyatt en 1872, cuyo auge fue en la segunda guerra mundial debido a la necesidad y exigencias de suplir necesidades a gran escala de productos plásticos, actualmente se han ido perfeccionando dichas máquinas hasta convertirse en un elemento clave en todos los sectores industriales, como por ejemplo el automotriz, medicina, construcción, fontanería, entre otros.

Descripción del proceso de microinyección

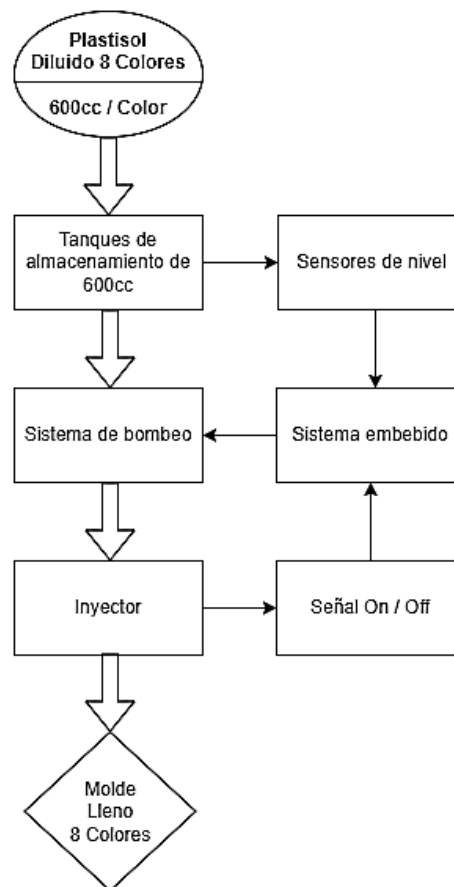
El proceso inyección de plástico de micro-piezas, es un proceso lento debido a la naturaleza de las piezas; para una parte se requiere maquinaria de inyección y control de volumen de este, mientras que el molde debe tener un sistema de escape de gases, alta velocidad de inyección y expulsión, para el acabado final se inspecciona la calidad las piezas y se las lleva a su posterior embalaje (Gomez y Ruiz 2017).

Además, para el proceso de micro conformado de plásticos se necesita una máquina de inyección para este tipo de material, así como, de equipos auxiliares para control de

inyección de líquidos, control de velocidad de inyección, sistema de expulsión de gases, salida correcta de piezas, supervisión de piezas terminadas y empaclado (Baño, 2022). Este resumen se presenta en la siguiente figura en la que se ha sintetizado la información para obtener un diagrama de bloques del proceso de microinyección.

Figura 4

Diagrama de bloques del proceso de microinyección



Máquina Microinyectora. Estas máquinas están acondicionadas a los requerimientos de las piezas a producir, el tamaño de la unidad de inyección resulta del peso de la sustancia a inyectar; la proyección de la pieza a inyectar determina las dimensiones y los sistemas de la unidad de cierre, de modo que, el sistema hidráulico de vital importancia para la inyección de piezas (Huang, et al 2019).

Figura 5

Máquina microinyectora



Nota. Máquina microinyectora Ferromatik Milacron. Tomado de (Tecnología de los Plásticos, 2013).

Unidad de Microinyección. En las unidades de microinyección se recomienda el uso de micro pellets para facilitar la alimentación de la materia prima a la máquina y el transporte de este material a los husillos, debido a que los volúmenes de inyección son relativamente pequeños la resistencia del material en el husillo es muy elevada, generando degradación térmica en el polímero por lo que se tiende a usar pocillos de relación largo diámetro de 15, como se muestra en la figura (Ding et al., 2022).

Figura 6

Husillo plastificador de máquina microinyectora



Nota. Husillo plastificador de máquina microinyectora comparado con un bolígrafo. Tomado de (Tecnología de los Plásticos, 2013).

Parámetros del proceso de microinyección

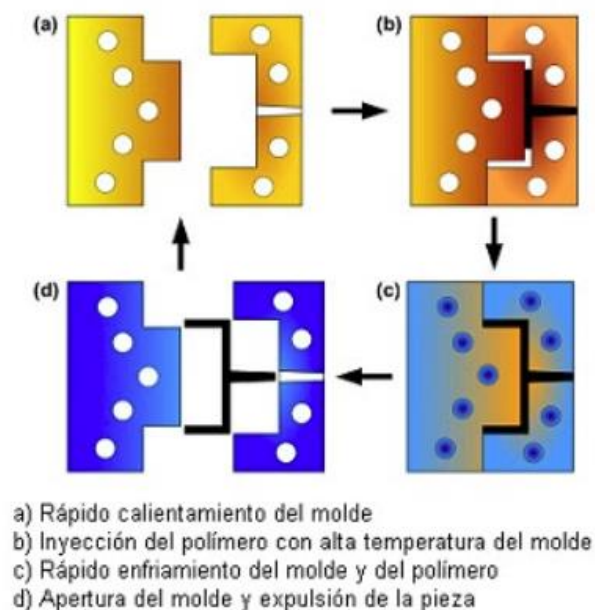
Temperatura del Molde. La temperatura en la que se debe encontrar el molde será semejante a la temperatura de fusión del polímero. Dicha temperatura debe de ser alta,

debido a que, la relación entre las micro piezas de superficie y volumen son elevadas, el material tiende a solidificarse instantáneamente al entrar en contacto con las paredes de la matriz, cuando el sistema de calentamiento del módulo no posee un proceso adecuado de refrigeración el proceso tiende a tener un incremento en el tiempo del ciclo de la microinyección (Zhao, 2021).

De modo que, existen dos tipos de refrigeración del molde, uno de ellos emplea dos circuitos de aceite a diferentes temperaturas para calentar y enfriar el proceso, otro sistema emplea resistencias eléctricas durante la fase de llenado, posterior pasa a la fase de enfriado mediante el uso de aceite a menor temperatura, este proceso se muestra en la siguiente imagen (Zhao, 2021).

Figura 7

Atemperado del molde



Nota. Proceso de Atemperado del molde. Tomado de (Tecnología de los Plásticos, 2013).

Velocidad de inyección. Para evitar que el polímero cambie de estado durante su recorrido, de la velocidad de microinyección de la máquina debe ser a su máxima capacidad para lograr que las micro cavidades sean llenas completamente, la alta velocidad de

inyección permite reducir el área de contacto con el ducto, además el material tiende a incrementar su temperatura al reducir el tamaño de este (Basa y Jaime, 2020).

Sistema de bombeo

Este sistema cuenta con diferentes partes para lograr el recorrido del fluido en los ductos, además de una recepción y evacuación de mismo, de modo que, el proceso permite que las especificaciones del caudal y la presión del proceso sea las correspondientes (GeoHidráulica, 2023).

Componentes del sistema de bombeo

Un sistema de bombeo está formado por la bomba y su accionador, el cual puede ser un motor eléctrico o de combustión en interna, al ser un accionador eléctrico, este recibe energía eléctrica y la transforma en energía mecánica, lo cual, por medio de un sistema de transmisión, la bomba transforma la energía mecánica en energía cinética donde el fluido adquiere presión, velocidad y posición (GeoHidráulica, 2023).

Automatización

Sensores

Según Corona y Abarca (2019), los sensores son dispositivos de entrada que sirven de intermediarios entre la variable física y el sistema de medida donde estos dispositivos electrónicos entregan señales eléctricas a la salida. Las principales características de este elemento son el rango de medida, sensibilidad, selectividad, reproductividad, estabilidad y tiempo de respuesta (Consejo Superior De Investigaciones Científicas [CSIC], 1987).

Sensor óptico de infrarrojos CNY70

Está según Beltrán y Fernando (2022), constituido por un emisor de luz, receptor de la misma y un detector fototransistor, se coloca en la misma dirección para la detección del objeto mediante la reflexión de infrarrojo sobre el objeto, su longitud de onda es 950nm.

Controladores electrónicos

Raspberry Pi B3. Es un controlador electrónico cuyas especificaciones son: procesador SoC Cortex-A531, Puertos USB 2.0. ,1 tamaño Broadcom BCM2837B0,

Conector USB, Cámara CSI, además, soporta vídeo HD que se utiliza para crear un centro multimedia, cuenta con concesión a Wi-Fi y Bluetooth, es decir es un ordenador miniatura que puede ejecutar muchas aplicaciones (Jadhav et al., 2019).

ESP32. Según Bertoleti (2019), en la documentación oficial se menciona que es semejante a un combo chip (SoC), tiene conectividad Wi-Fi y Bluetooth con una frecuencia de 2,4 GHz, con una potencia computacional CPU más memorias, I/Os, Reloj en tiempo real, varios protocolos de comunicación como el SP I, I2 C, I 2S, entre otros.

Driver DRV8825. Se utiliza para controlar motores paso a paso bipolares con distintas placas de control y maquinaria CNC, es compatible con el Driver A4988, sus características son voltaje de 3.3V - 5V DC, voltaje potencial de 8.2V - 45V DC, Corriente 1.5A p, STEP y DIRECTION, Resolución full step, half step, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, consta de protección de temperatura, corriente y voltaje bajo, protección de corto a tierra, y corto de carga, PCB de 4 capas (Oto, 2020).

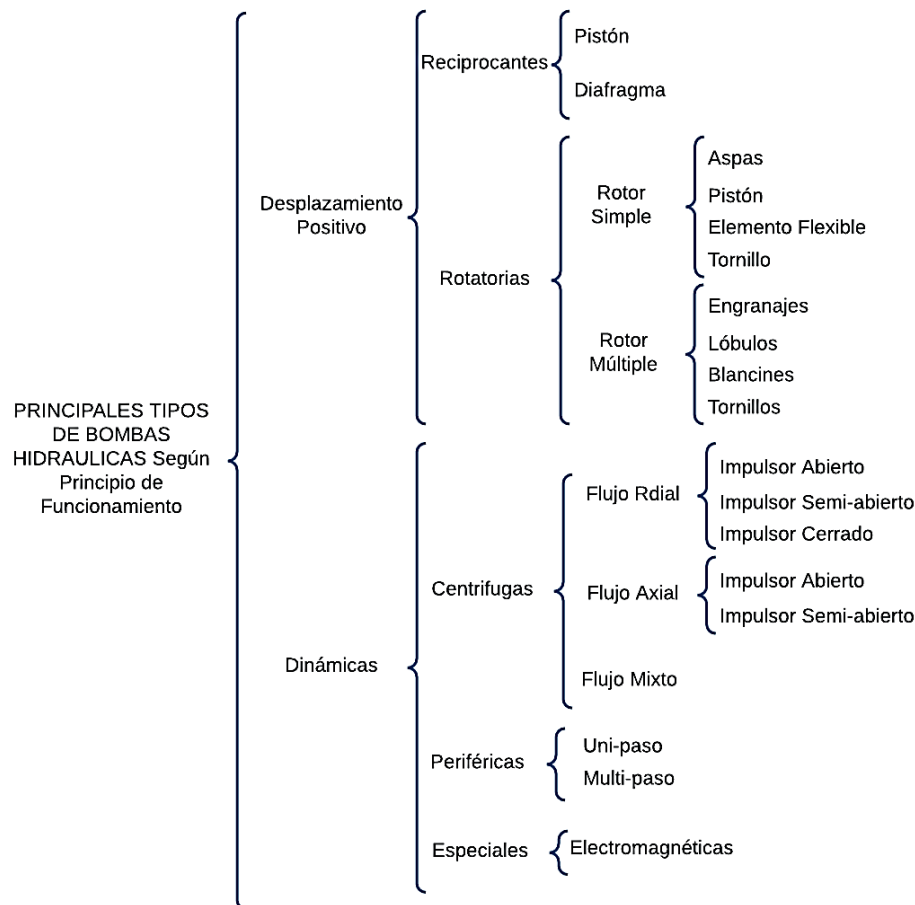
Node-RED. Ferencz y Domokos (2019) mencionan que es un entorno programación virtual basado en JavaScript de código abierto desarrollado por ingenieros de IBM ampliamente usado para desarrollar sistemas IoT (el internet de las cosas), este lenguaje de programación está basado en Node.js, el cual crea "flujos de datos" desde el sensor hasta la nube de modo que conecta el hardware y el software.

Actuadores

Bombas. La bomba hidráulica son máquinas de fluido, según De las Heras (2019), es un sistema mecánico que realiza transferencia de energía con el fluido que contiene o circula en ella, estas máquinas de fluido son las bombas, ventiladores, compresores, tornillos de Arquímedes, turbinas hidráulicas, de vapor y gas; en la siguiente imagen se presenta la clasificación de bombas estas máquinas.

Figura 8

Clasificación de bombas hidráulicas

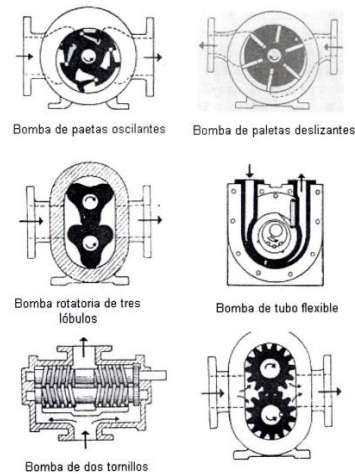


Nota. Principales tipos de bombas hidráulicas.

Bombas rotatorias de desplazamiento positivo. Las bombas hidráulicas son volumétricas, son de desplazamiento positivo debido a que impulsa un volumen fijo de flujo, la máquina impulsa el fluido mediante la relación de volumen de flujo y revoluciones del motor, la característica principal de este dispositivo hidráulico es, que es independiente de la presión de trabajo del sistema siempre que se encuentre en condiciones normales, en la figura siguiente se muestra una clasificación general de estos equipos, cabe recalcar que son ampliamente usadas en procesos industriales de altas presiones (De las Heras Jiménez, 2019).

Figura 9

Bombas rotatorias de desplazamiento positivo

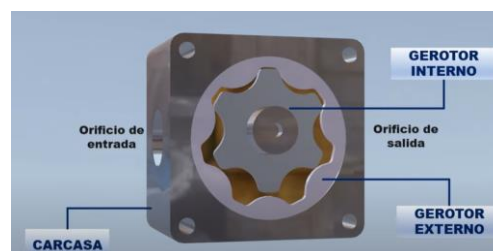


Nota. Clasificación de bombas rotatorias de desplazamiento positivo. Tomado de (Castro, 2005)

Bombas de aceite tipo gerotor. Compuesta de un gerotor interno y uno externo, el funcionamiento es semejante a la bomba de engranajes internos la diferencia para la bomba tipo gerotor es que no tiene una media luna en el interna de sus engranajes, para De Águeda et al. (2020), las bombas de aceite son elementos mecánicos que succionan el caudal de aceite del circuito superior y la distribuyen en todo el sistema, las bombas de aceite más usadas en el mercado son; bomba de engranajes externos, bomba de engranajes internos bomba de lóbulos y bomba de paletas con gestión electrónica.

Figura 10

Bombas de aceite tipo gerotor



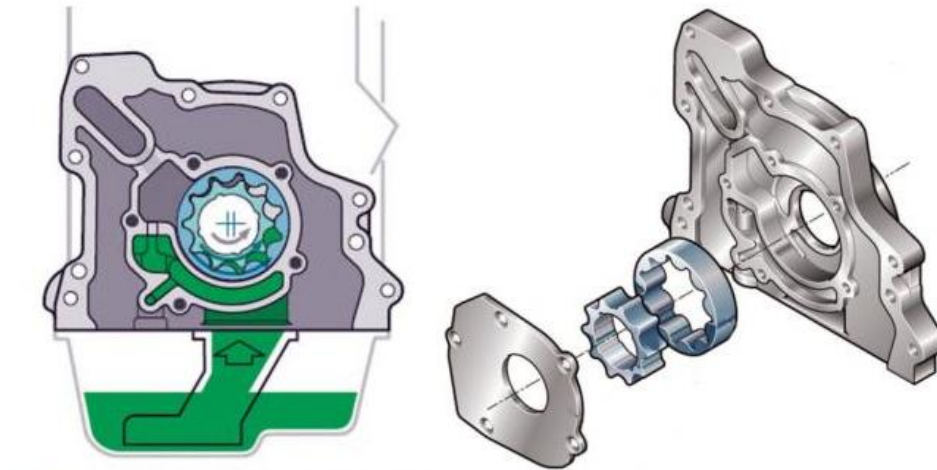
Nota. Partes de la bomba de aceite tipo gerotor. Tomado de (Neheyler Mecatrónico, 2020)

Bomba de Engranajes internos. Está formada por 2 piñones iguales en granados entre ellos, los dientes de los piñones pueden estar constituidos de forma helicoidal o rectos dependiendo del uso de la bomba, uno de los piñón que se convertirá en conductor mediante el movimiento del motor transmite esta energía al otro, los cuales giran en el

interior del case de la máquina, de modo que el movimiento del piñón interior provoca la succión del fluido interno (aceite) y su posterior salida hacia el circuito (De Águeda et al., 2020), esta descripción está mejor representada en la siguiente figura.

Figura 11

Bomba de engranajes internos



Nota. Bomba de engranajes internos y su despiece. Tomado de (Águeda et al, 2020).

Motor

Los motores están formados por la unión de varias piezas y componentes mecánicos, los cuales debidamente sincronizados transforman el calor en energía mecánica, (Domínguez y Ferrer, 2019). Además, el autor menciona que los motores se podrían clasificar en motores de combustión interna, estos son: el motor de gasolina, motor de diésel y motor de gas; en cuanto a los motores eléctricos se tienen motores eléctricos de corriente continua de baja tensión y motores eléctricos de corriente alterna trifásicos de alta tensión.

Motor a pasos Nema 17. Ampliamente usado en proyectos de impresión 3D maquinaria CNC debido al ángulo de paso de 1.8° y bobinado de 1.7 a, con capacidad de desarrollar torque de hasta 4Kg/cm, además puede ser usado en cualquier proyecto en el que se requiera precisión en el posicionamiento ya que controla muy bien la posición de su eje, en las siguientes tablas se presenta más información al respecto (Cruz, 2019).

Tabla 1*Características del Motor a pasos Nema 17*

Motor a pasos Nema 17	Bipolar
Ángulo de motor	0.9°
Par de retención o Holding Torque	46N/cm (65.1 oz/in)
Corriente nominal / fase	2.0A
Resistencia de fase	1.4 Ohms
Tensión recomendada	2.8V
Inductancia	3.0mH ± 20%(1KHz)

Nota. Principales características comerciales del Motor a pasos Nema 17 de Tostatronic shop. Tomado de (Tostatronic shop, 2023).

Tabla 2*Especificaciones Físicas del del Motor a pasos Nema 17*

Tamaño del marco	42 x 42mm
Longitud	48mm
Diámetro del eje	Φ5mm
Longitud del eje delantero	24mm
Longitud de corte en D	15mm
Número de derivaciones	4
Longitud del cable	500mm
Peso	370g

Nota. Especificaciones Físicas del del Motor a pasos Nema 17. Tomado de (Tostatronic shop, 2023).

Sistemas Electrónicos

Convertidor ADS1115

Es un convertidor digital analógico ADS1115 para la Raspberry Pi, cuenta con cuatro canales de conexión para conversión análogo digital en alta resolución de conversión análogo digital, este conversor funciona con canales que oscilan entre los 2 voltios a 5 voltios con una excelente capacidad y compatibilidad con otros dispositivos, el Raspberry Pi

se comunica con el ADS1115 mediante el protocolo de 12C de 2 hilos con los que proporciona hasta 12 canales de determinación simple u 8 canales diferentes, su velocidad de captura de muestras es 860 muestras por segundo posee un Amplificador de Ganancia Programable (PGA) que transforma entradas de +256mV a +6,144 V (Hassanien et al., 2022).

Figura 12

Características del convertidor ADS1115

Parameter	Value	Units
Resolution	16 bits	Bits
Samples per second	8–860 samples	Samples
Power supply	2.0VDC to 5.5VDC	VDC
Low-current consumption	150	μA
I2C	4	Pin-selectable addresses
PGA	x16	Amplifier gain
Low-drift voltage reference	✓	N/A
Oscillator	✓	N/A
Four single-ended or two differential inputs	✓	N/A
Programmable comparator	✓	N/A

Nota. Lista de características incluidas en el convertido ADC ADS1115 y las unidades para cada característica. Tomado de (Hassanien et al., 2022).

Pulsador

Los sensores son dispositivos que captan información del exterior, para Filii et al. (2020), el método más recurrente es mediante acopladores de bus, este mecanismo generalmente es concebido como un pulsador el cual posee 2 partes las teclas y la base en la cual será colocada, en estos dispositivos se dividen las acciones en función del tiempo de pulso, de modo que un tiempo de pulsación corto se puede dar a entender el encendido de una lámpara por ejemplo o un tiempo de pulsación prolongado variará la intensidad de iluminación de dicha lámpara.

Condensador 104 y Resistencias SMD

Tiene la función de dieléctrico, son capacitores que están constituidos por dos o más capas de cerámica, con un par de electrodos de metal (Kuan y Lung-Chien, 2020). La Resistencias SMD son resistencias fijas que corresponde a las resistencias de montaje superficial (SMD), estas se montan directamente en la placa de circuito impreso. Las resistencias SMD estándar tienen una tolerancia del 45% y un TCR de 200 ppm/°C con técnicas especiales de capa gruesa y contactos adecuados, pueden conseguirse tolerancias del =1% y un TCR de +50 ppm/°C (Whitaker, 2018).

Conectores Molex xh2.54 y Fuente de poder DC

Posee conector tipo hembra y macho, el número de pines serán de acordé al uso que le dé el usuario, y a que posee 2, 3, 4 y hasta 6 con una separación entre ellos de: 54 mm (Guevara, 2022). Oliveros y Quino (2019), mencionan que la fuente de poder de DC transforma la energía eléctrica alterna en energía eléctrica continua en las siguientes etapas transformación, rectificación, filtrado y regulación, de modo que, dicha energía puede ser consumida por distintos dispositivos electrónicos.

Sistemas mecánicos

Se lo conoce también como sistema semiautomático operador o controlado e inflexible, Tiene componentes físicas no sé partes físicas formando componentes entre ellos, Las uniones entre sus componentes está operada por el usuario con los correspondientes dispositivos de señalización por ejemplo una máquina vehículo o una herramienta (Díaz, 2018).

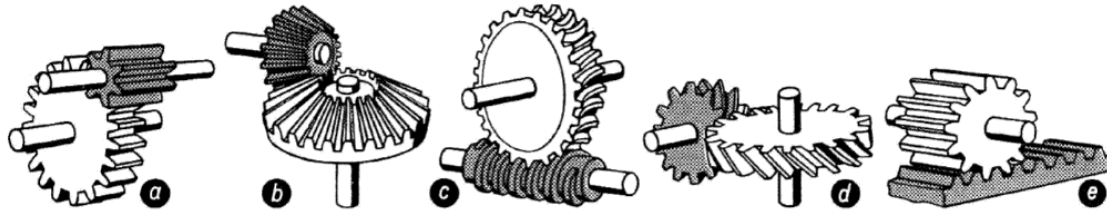
Tipos de acondicionamientos de engranajes

Para Bartsch (2020), hay una relación más exacta de transmisión, ya que los engranajes hacen que la distancia entre ejes sea muy pequeña, lo diferentes tipos acondicionamiento por engranajes son; engranajes de ruedas dentales para arboles paralelos (a), engranes con ruedas cónicas para árboles que se cortan (b),

acondicionamiento de tornillo sin fin (c), engranes de ruedas helicoidales (d) y acoplamientos de engranes de cremallera (e), como se muestran en la siguiente figura.

Figura 13

Acondicionamientos de engranajes



Nota. Tipos de acondicionamientos de engranajes. Tomado de (Bartsch, 2020).

Ingeniería a la inversa

Para Silva (2018), la ingeniería a la inversa busca el obtener el mayor referente en información técnica acerca de un producto, del cual aún no se posee información alguna del diseño, construcción o funcionamiento, es decir, se parte de un todo para comprender hacia las partes o las piezas que forman el sistema o producto final.

Software de diseño CAD

Fusion 360.

Según Autodesk (2022), Fusion 360 es a la vez un software y plataforma basada en la nube usada para diseñar y fabricar productos de modelado 3D, CAD, CAM, CAE y PCB, para asegurar que dichos productos estarán cumpliendo requisitos del consumidor guardando la estética, ajuste, función entre otros, cuya característica principal es prever a los diseñadores herramientas para crear placas del circuito impreso y componentes electrónicos.

Figura 14

Software Autodesk - Fusion 360



Nota. Se muestra el logo de Autodesk FUSION 360. Autodesk (2023).

Ansys.

Es un software de simulación multifísica y de ingeniería gratuito para estudiantes, este software permite llevar a cabo simulación computacional de diseño 3D, simulación acústica, ingeniería de emisiones digitales, semiconductores, análisis de seguridad fotónica entre otros; es decir se puede ir más allá del diseño Ansys da la facilidad a los ingenieros de poder observar el funcionamiento de sus ideas, aunque se consideren millones de variables en el proceso final (Ansys, 2023).

Prototipado

Tecnología de Impresión 3D. A la fecha es una técnica de tecnología de manufactura altamente usada en distintos tipos de industrias, en la cual mediante adición de capas se produce piezas y partes con geometrías complejas mediante la extrusión y deposición de un material fundido o capas de varios tipos de filamentos de distinto origen, el cual pasará por la boquilla de la impresora que se encuentra previamente calentado a altas temperaturas dependiendo del tipo de polímero o filamentos de impresión para su posterior fundición y ser colocado en la plataforma, finalmente mediante movimientos rectilíneos en un plano el material de impresión va generando la forma de la pieza a producir (Rivera et al., 2021).

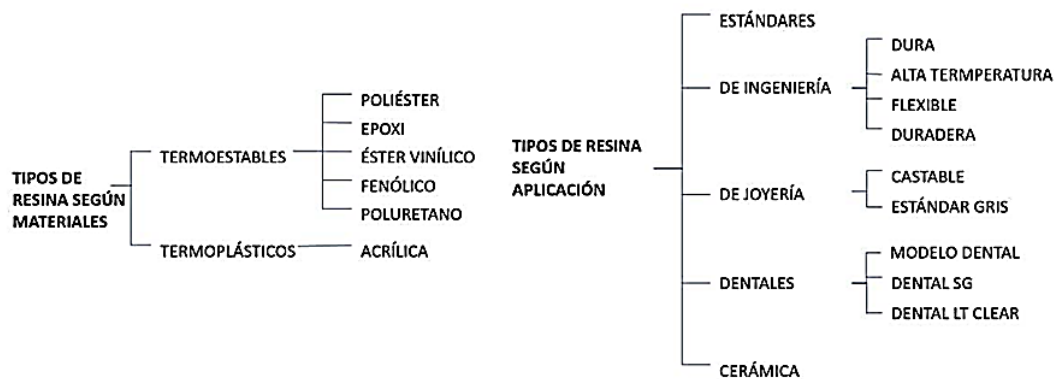
Impresora 3D Estereolitografía. Considerado como el pionero en los procesos de impresión 3D, dicho proceso está basado en resina de fotopolímero que al reaccionar con el láser UV se fragua para formar un sólido de manera muy precisa, este proceso ocurre capa a capa hasta formar el producto deseado, debido a la naturaleza de esta impresión se necesita añadir soportes para la fabricación de algunas piezas, la estructura de una vez finalizada se levantan de la cama de impresión de forma manual (Matthew, 2019).

Para Valls y Blay (2018), la resina es un elemento que tiene un rendimiento excepcional, con ella se puede imprimir con una excelente precisión, experimenta un cambio en sus propiedades por acción de la luz ultravioleta formando una particularidad

entre las partes expuestas y no expuestas. Estas estructuras se usan en la fabricación de formas, prototipado rápido, en la fabricación de circuitos impresos, para prótesis dentales y en muchas otras áreas, pueden clasificarse las resinas de acuerdo con el material que las compone o bien según su ámbito de aplicación.

Figura 15

Tipos de resina



Nota. Resinas de acuerdo con su material o uso. Tomado de (Valls y Blay, 2018).

Impresión 3D por procesamiento digital de luz. Para Matthew (2019) esta impresora es conocida por el uso de fotopolímeros con una fuente de luz tipo lámpara de arco eléctrico, su proceso de impresión es semejante al de Impresora 3D estereolitografía, la Impresión 3D por procesamiento digital de luz genera productos de buena resolución, necesita estructuras de soporte y posfraguar para sus impresiones.

Impresión 3D por sinterizado láser selectivo. El sinterizado láser selectivo es la tecnología de impresión en 3D más usada en las ciencias médicas y de forma convencional, en este proceso de impresión se funcionan partículas pequeñas de materia como cerámica, vidrio o plástico que junto con nylon son fusionadas con láser de potencia elevada, dicho láser fusiona estas partículas para formar los objetos en tres dimensiones (Matthew, 2019).

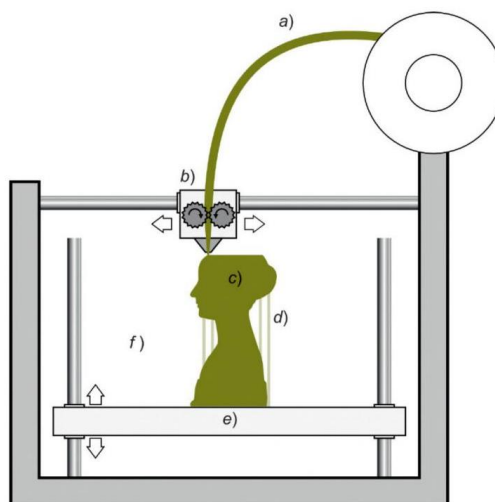
Impresión 3D por Modelado multi inyección. Matthew (2019) menciona que, es también llamado proceso de termo inyección y cuanto con un proceso es semejante a la impresión de inyección de tinta, esta tecnología de impresión permite desarrollar objetos

con acabados muy finos, crea modelos en diferentes colores e incluso detalles de transparencias, las impresoras de modelado de multi inyección se consideran entre las más caras del mercado.

Impresión 3D de Modelado por depósito fusionado. La tecnología de extrusión de material termoplástico es actualmente como el proceso de impresión 3D más frecuente y reconocible por sus acabados, la impresión 3D de modelado por depósito fusionado es conocido por sus siglas como FDM, en este proceso de impresión, se requiere de un filamento plástico, el cual es llevado a altas temperaturas para su fundición, cuando este pasa por el extractor caliente de la impresora, de forma continua de modo que, capa a capa se va depositando en la cama de impresión conforme a la figura que se desea producir, dependiendo de la estructura a imprimir se implementará o no soportes a la misma (Matthew ,2019). Entre los filamentos más comunes en el mercado ecuatoriano están; acrilonitrilo, butadieno estireno (ABS), Ácido poliláctico (PLA), Nylon PA, poliéster de glicol (PETG), Fibra de carbono, Silk PLA +, entre otros.

Figura 16

Impresión de modelado por depósito fusionado



Nota. a) filamento, b) extrusor, c) objeto a imprimir, d) material de soporte, e) cámara de impresión, f) conjunto total de impresora. Tomado de (Matthew, 2019).

Acoples hidráulicos

Están diseñados para unir piezas dinámicas por movimiento de rotación, por ejemplo, un árbol con una rueda dentada (Bartsch, 2021). Los acoples hidráulicos se diferencian del transformador hidráulico por la ausencia de una pieza fija, la reactancia; por lo tanto, la transferencia de potencia se lleva a cabo sin un cambio en el par y su eficiencia se define como su relación de transmisión (Lomakin et al., 2019).

Seguridad y operabilidad de máquinas

Las condiciones de seguridad para máquinas y herramientas según la norma ISO 45001 y La seguridad y salud ocupacional en el Ecuador, establecen que las empresas grandes o pequeñas deben tener por objetivo la protección de los trabajadores, para lo cual, antes del uso de máquinas o equipos se debe evaluar los posibles riesgos que esto implica, poner en acción la gestión preventiva para eliminar los posibles riesgos que desencadenen accidentes o enfermedades profesionales (Martínez, 2021). Por ejemplo, el operar constantemente equipos no ergonómicos.

Capítulo III

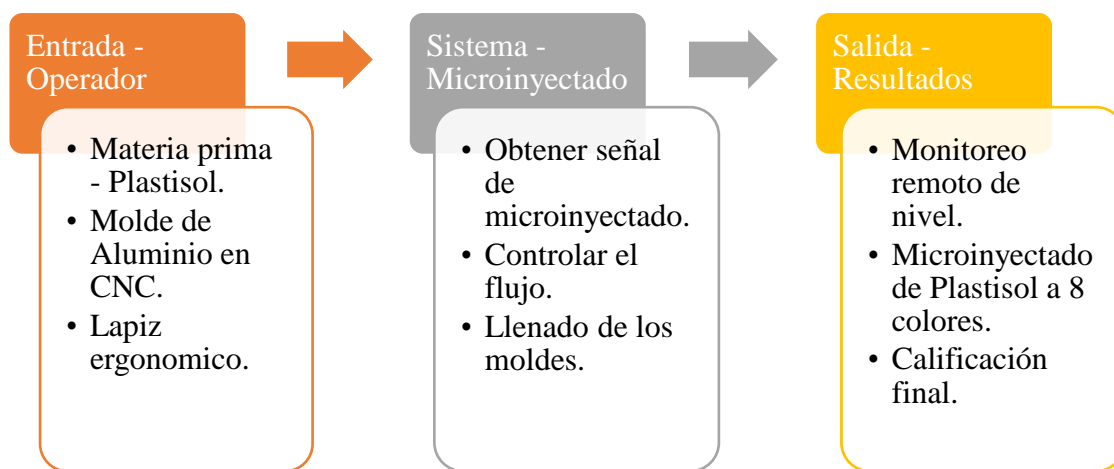
Diseño y selección de elementos de la máquina de microinyección

Diseño del Concepto

Acorde a la necesidad de la empresa “Almacén Don Víctor”, se requiere construir una máquina de micro inyectado constante de plastisol. A continuación, se plantea el concepto:

Figura 17

Diseño de concepto



Nota. Cuadro de diseño de concepto.

Para lo cual, se establece un proceso en donde interaccionan operador, interfaz y máquina:

- El proceso de microinyectado requiere un mínimo de una persona encargada del proceso.
- El operario requiere conectar la máquina de microinyección a la energía eléctrica AC 110V.
- Visualiza los niveles de cada tanque de plastisol y procese a seleccionar el color específico y flujo a trabajar.
- El operario sujeta cómodamente el lápiz ergonómico en su mesa de trabajo y realiza la pulsación en el botón del lápiz para generar un flujo de plastisol desde el depósito hasta el molde a través del sistema de microinyectado.

E. El literal D se ejecuta en bucle hasta que el molde este lleno correctamente y sea llevado al horno de cocción.

F. Terminado el proceso de microinyectado, se retorna al literal C.

La empresa expreso inicialmente en un conversatorio una serie de necesidades generales a cubrir con el fin de alinearse a una meta común se tiene como requerimientos la reducción de costos, una maquinaria de fácil manejo, monitoreo de nivel de material prima y como requerimiento principal que pueda microinyectar 8 colores de material.

Tabla 3

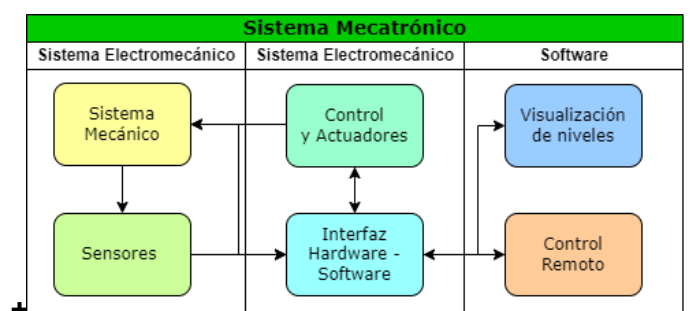
Descripción de necesidades iniciales.

N.º	Ámbito	Necesidad	Propuesta Solución
1	Costo	Bajo costo	Uso de componentes comerciales
2	Usabilidad fácil	Intuitiva y fácil manejo	Creación de un accionador y regulador de caudal
3	Monitoreo de nivel	Visualizar el nivel de material de los depósitos	Se utilizará un sensor por tanque
4	Microinyectado de hasta 8 colores	El operador puede usar 8 colores diferentes en la empresa	Construcción de 8 bombas en el sistema

Con las necesidades planteadas, se implementará el proceso descrito como se indica en la figura # las relaciones y pasos del sistema mecatrónico.

Tabla 4

Integración del sistema



Selección de componentes mecánicos y electrónicos

Para seleccionar los componentes idóneos de los diferentes sistemas de la máquina de microinyectado, se realizará mediante matriz de selección (Ulrich & Eppinger, 2013)

tomando en cuenta características relevantes a fin de obtener un componente ideal para cada prestación. Para cada tabla comparativa se enfrentarán como mínimo dos componentes existentes en el mercado con prestaciones que puedan ser aplicadas al proyecto. Se tomarán en cuenta los parámetros según: importancia mediante pesos porcentuales y calificación de 1 a 3 acorde las prestaciones del proyecto, siendo 1 baja y 3 alta relevancia. Por último, se obtendrá la evaluación ponderada que permitirá concretar la selección. En caso de requerir de elementos normalizados en el mercado debido a selecciones anteriores, se realizará selección directa con su debida justificación.

Motor

Para el accionamiento de la bomba y control de dosificado de Plastisol, un fluido de viscosidad moderada, este elemento será el actuador principal de la máquina de microinyectado. Se da una breve descripción de 3 opciones existentes en el mercado:

NEMA 17 42BYGH34. Se trata de un motor sin escobillas diseñado para operar en varios pasos sin usar un mecanismo de realimentación, de tipo bipolar, robusto y para aplicaciones de consistencia considerable (Cronos, 2022).

Figura 18

NEMA 17 42BYGH34



Nota. Motor MEMA 17 42BYGH34. Tomado de (Cronos, 2022).

Servo Motor Mg996R 360. Una versión mejorada del servo MG995 con un control de posición más preciso y centrado mejorado por sus engranajes, utiliza el principio de servomecanismo y un sistema de lazo cerrado para direccionar a un ángulo en particular con alta precisión (Electronics, 2022).

Figura 19

Servo Motor Mg996R 360



Nota. Tomado de (Electronics, 2022).

Motor DC 25GA-370. Es un motorreductor para requerimientos de fuerza que cuenta con un encoder efecto hall que permite la lectura de pulsos. Cuenta con engranajes de metal, resistencia al desgaste, transmisión suave y estructura compacta (Megatronica, 2022). A continuación, se realizará la matriz de selección y se dará relevancia a las características de: Tipo de Control, Daño de Sobrecarga, Par de Torsión, Voltaje de Alimentación y Costo.

Figura 20

Motor DC 25GA-370



Nota. Tomado de (Megatronica, 2022).

Tabla 5*Selección del Motor*

Criterio de Selección	Peso	NEMA 17 42BYGH3			Servo Motor Mg996R 360			Motor DC 25GA-370		
		Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación
Tipo de Control	30%	Open loop	3	0,9	Close loop	1	0,3	Close loop	1	0,3
Daño de Sobrecarga	15%	Bajo	3	0,45	Alto	1	0,15	Medio	2	0,3
Par (N.m)	15%	0,4	2	0,3	0,98	3	0,45	0,49	2	0,3
Voltaje de Ali. (Vdc)	20%	12	2	0,4	7,2	3	0,6	12	2	0,4
Costo	20%	Medio	2	0,4	Bajo	3	0,6	Alto	1	0,2
Total	100%			2,45			2,1			1,5
Resultado				SI			NO			NO

Nota. Cuadro de selección características de motores. .

Conforme la selección realizada el motor NEMA 17 42BYGH3 es el componente que ofrece las mejores prestaciones debido a su Tipo de Control que no requiere de elementos extras para el accionamiento y control de velocidad, además de su elevada resistencia a la sobrecarga la cual proporciona una mayor durabilidad a la máquina.

Controlador para Motor paso a paso.

Para controlar motores paso a paso bipolares, donde soporta el control de dirección y de paso, debe ser compatible con tarjetas controladoras y soportar una corriente de 2 A, suficiente para controlar un motor NEMA 17. Se tiene dos elementos similares en características:

Driver A4988. Cuenta con ajuste de corriente, protección a sobre corriente y sobre temperatura y 16 resoluciones de micro-steppin, funciona a 1 A por fase sin necesidad de disipador de calor o ventilación, pero puede llegar a corrientes de 2 A con los elementos previamente mencionados (Novatronic, 2022).

Figura 21

Driver A4988



Nota. Tomado de (Novatronic, 2022).

Driver DRV8825. Permite controlar motores de hasta 1,5 A por canal y llega a 2,2 A con disipador o ventilación, limitación de corriente ajustable, protección a sobre corriente y 5 resoluciones diferentes de micro-steppin (TexasInstruments, 2022). Entre las características necesarias para controlar el NEMA 17 42BYGH3 se requiere de: corriente máxima, tensión máxima, microsteps, r_s típico y costo, donde destaca el apartado de corriente máxima debido al tipo de fluido que desplazará el Sistema de Bombeo. El Driver DRV8255 es

seleccionado debido a sus características técnicas superiores en cuanto a la corriente máxima de 2,5 A para casos de incremento de carga en el motor NEMA 17.

Figura 22

Driver DRV8825



Nota. Tomado de (TexasInstruments, 2022).

Tabla 6

Selección de Controlador para Motor paso a paso

Criterio de Selección	Driver A4988				Driver DRV8825		
	Peso	Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación
Corriente (A)	35%	2	1	0,35	2,5	3	1,05
Tensión (Vdc)	25%	35	2	0,5	45	3	0,75
Rs típico	25%	0,05/0,1/0,2	3	0,75	0,1	1	0,25
Costo (USD)	15%	2,23	3	0,45	3,5	2	0,3
Total	100%			2,05			2,35
Resultado				NO			SI

Nota. Características necesarias para controlar el NEMA 17 42BYGH3.

Bomba

Como complemento del sistema de bombeo se requiere una bomba para fluido de viscosidad moderada, considerando que el plastisol a bombear, es un fluido de 10.000 cP sin eco solvente, para el presente proyecto, la bomba debe ser pequeña debido al requerimiento de 8 colores (1 sistema de bombeo para cada color), presión moderada y suave operación.

Bomba de Aceite CG200 37T. Otorga lubricación al motor de combustión de moto con el fin de prolongar la vida útil. Esta bomba de engranes internos tipo gerotor succiona y empuja aceite depositado hacia todas las piezas del motor (Reveyemo, 2022).

Figura 23

Bomba de Aceite CG200 37T



Nota. Tomado de (Reveyemo, 2022).

Mini Bomba CBL0D. Para industria de maquinaria hidráulica de tipo engranes internos, consta de un bajo nivel de ruido, pulsación baja, larga vida útil y alta resistencia a la presión. Además, posee una cámara de succión de aceite al vacío (LF, 2022).

Figura 24

Mini Bomba CBL0D



Nota. Tomado de (LF, 2022).

Considerando al fluido de media viscosidad con un suministro máximo de 14 l/min que opera a una presión moderada máxima de 25 bares requiere de una relación de 3:1 en cuanto al acondicionamiento del motor, los entornos a los parámetros de selección se deben tener en cuenta: tipo, tamaño, presión, peso y costo.

Tabla 7*Selección de Bomba*

Criterio de Selección	Bomba de Aceite CG200 37T				Mini Bomba CBL0D		
	Peso	Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación
Tipo	15%	Gerotor	2	0,3	Engranajes Internos	3	0,45
Tamaño (mm)	30%	20x47x30	3	0,9	109x55x55	2	0,6
Presión (bar)	20%	210	2	0,4	250	3	0,6
Peso (g)	15%	25	3	0,45	50	2	0,3
Costo (USD)	20%	10	3	0,6	30	1	0,2
Total	100%			2,65			2,15
Resultado				SI			NO

Nota. Parámetros de selección de Bomba.

El elemento seleccionado es la Bomba de Aceite CG200 37T, se trata de una bomba de engranajes internos tipo gerotor para transporte de fluido sin impurezas que ofrece una operación en baja y moderada presión, dado que sus dimensiones son mínimas, ofrece una mejor integración al sistema de bombeo, a pesar de tener menor capacidad de bombeo su costo es inferior a la otra alternativa.

Depósito de Plastisol

Tiene la función de contenedor del fluido plastisol con una capacidad de 600 cc y salida de $\frac{1}{4}$ de pulgada, la selección de este elemento va orientada a la durabilidad del acero inoxidable superior a la de la taza de nylon debido a que el fluido una vez aplicado el eco solvente es altamente corrosivo con otros materiales poliméricos, este elemento es utilizado en pistolas de pulverización de alta presión entre 1,37 a 1,97 bares y su masa es de 200 g. Dado que el depósito actúa como contenedor y el desplazamiento del fluido se provocará por gravedad, debido a su capacidad y material, es un elemento ideal para contener de plastisol disuelto, este elemento cuenta además con elementos de acople de vaso y conector vaso a Tuerca OD necesarios para transportar el fluido por tubería (Prowin, 2022).

Figura 25

Taza de pintura lateral 600 cc de gravedad



Nota. Tomado de (Prowin, 2022).

Tubería y Accesorios

Debido al diámetro de $\frac{1}{4}$ de pulgada de salida de fluido del depósito de plastisol se requieren elementos de la misma medida para la entrada y salida del fluido hacia la bomba, dado que, en el mercado local existe tubería de $\frac{1}{4}$ de pulgada en cobre únicamente, la selección recae sobre la tubería de cobre para refrigeración ASTM B2804 como soporte de transporte para el fluido (Promesa, 2022). Además de la disposición de mercado, cabe recalcar que la mayoría de los moldes para PVC plastisol son de aluminio y cobre para exposición a horno y rotomoldeo, por lo tanto, la selección de cobre es común a ser expuesto a esta clase de fluido (Modulmet, 2022).

Figura 26

Tubería de cobre $\frac{1}{4}$ de pulgada



Nota. Tomado de Promesa (2022).

Figura 27

Moldes de Cobre para horno



Nota. Tomado de (Modulmet, 2022).

Conjuntamente a la selección de la tubería se requiere de accesorios de acople entre depósito, bomba y salida a manguera para microinyección del plastisol disuelto, estos accesorios son: tuerca od de ¼ para acoplamiento y unión de ¼ NTP para establecer una toma de conexión hacia el elemento dosificador (MapSourcing, 2022).

Figura 28

Tuerca y Unión OD de 1/4"



Nota. Tomado de (MapSourcing, 2022).

Manguera

Dado que el fluido requiere de elementos con baja reacción ante la corrosión y previo al elemento final de microinyectado, se requiere de un elemento flexible para transporte de plastisol a partir de la unión de ¼ NTP, para lo cual se ha seleccionado una manguera de neopreno synflex de 3/8 de pulgada, la cual estará asegurada mediante abrazaderas tanto en la toma, como en el elemento final, la selección de neopreno es debido a que, es un elemento ideal para guantes de protección química ya que es un derivado de caucho, su fuerte, es la protección ante sustancias químicas con elevada tendencia a reacción con otros polímeros (KPN, 2022).

Figura 29

Manguera de Neopreno Synflex de 3/8"



Nota. Tomado de (Masind, 2022).

Junta.

Para aislar el fluido únicamente entre los elementos de transporte y bomba, se requiere de una junta que contenga el fluido dentro del sistema de bombeo sin derramamiento y a su vez que cuente con una buena resistencia a la corrosión por agentes químicos que el plastisol disuelto llega a provocar, destacan 2 opciones existentes en el mercado local:

Junta de goma de asbesto. Es una lámina de sellado de alta presión y su uso es conveniente para alta temperatura y materiales de sellado; también destaca contención de vapor saturado, super vapor y gases inertes (SanDa, 2022).

Figura 30

Junta de goma de asbesto



Junta de goma no asbesto. Contiene fibra Kevlar con caucho natural y se emplea en transporte de agua y vapor; además de aplicaciones de aislamiento térmico en maquinaria, automóviles y petróleo (SanDa, 2022). Los aspectos relevantes recaen sobre su resistencia a la corrosión, resistencia a la tracción, recuperación y densidad, teniendo en cuenta que ambas hojas poseen el mismo espesor.

Tabla 8*Selección de Junta*

Criterio de Selección	Goma de Asbesto				Goma no Asbesto		
	Peso	Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación
Resistencia a la Corrosión	40%	Alta	3	1,2	Media	2	0,8
Resistencia a la Tracción (Mpa)	20%	18	3	0,6	7	1	0,2
Recuperación (%)	15%	45	2	0,3	40	2	0,3
Densidad (g/cm ³)	25%	2	3	0,75	1,6	3	0,75
Total	100%			2,85			2,05
Resultado				SI			NO

Nota: Características de selección de junta.

El elemento seleccionado es la Junta goma de asbesto que, a pesar de ser un material discontinuado, en el entorno local se sigue utilizando para asilar fluidos de agentes químicos o exposiciones de altas temperaturas.

Tarjeta Controladora

El componente electrónico necesario para el funcionamiento de los 8 sistemas de bombeo es una tarjeta controladora para el accionamiento de los motores paso a paso y monitoreo de nivel de plastisol disuelto en los depósitos conjuntamente a elementos de control para la selección de color, se describen ciertos aspectos de las tarjetas más afines al proyecto:

Arduino Mega 2560. Según Veloso (2022) se trata de una tarjeta de desarrollo de hardware libre cuyo fin es facilitar la programación de microcontroladores y la electrónica, cuenta con 54 pines y 16 entradas analógicas con una tensión de entrada recomendada de 9V, requiere de comunicación con PC mediante puerto serie para programar y para uso DAQ.

Figura 31

Arduino Mega 2560



Nota. Tomado de (Veloso, 2022).

Raspberry Pi 3B+. Para Raspberry Pi (2022) es un ordenador de placa además que, permite utilizar pines GPIO, comunicación serial, SPI e I2C, posee un procesador de 64 bits, frecuencia de 1,4 GHz, memoria RAM de 1GB, salida gráfica HDMI y conectividad Wifi/Bluetooth/Ethernet. Entre las características relevantes para esta selección, destacan: frecuencia, salida de video, conectividad, dificultad de programación, entradas analógicas y sistema operativo.

Figura 32

Raspberry Pi 3B



Nota. Tomado de Raspberry Pi (2022).

Tabla 9*Selección de Tarjeta Controladora*

Criterio de Selección	Peso	Arduino Mega 2560				Raspberry Pi 3B+		
		Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación	
Frecuencia	10%	16 MHz	2	0,2	1,4 GHz	3	0,3	
Salida de Video	20%	No	1	0,2	HDMI	3	0,6	
Conectividad	30%	No	1	0,3	WiFi/Bluetooth/Ethernet	3	0,9	
Dificultad de Programación	10%	Baja	1	0,1	Alta	2	0,2	
Entradas Analógicas	15%	16	3	0,45	No	1	0,15	
Sistema Operativo	15%	No Requiere	3	0,45	Requiere	2	0,3	
Total	100%			1,7			2,45	
Resultado				NO			SI	

Nota. Selección de microcontrolador.

Si bien, inicialmente el proyecto utilizaría la tarjeta controladora Arduino Mega 2560, por cuestiones de autonomía y requerimiento de interfaz este elemento fue descartado. La selección de la tarjeta controladora Raspberry Pi 3B+ recibe un mayor peso en cuanto a su conectividad ya que al contar con un sistema operativo, el mismo permite acceso remoto en caso de monitoreo de la interfaz propuesta. Al ser un ordenador embebido, los apartados de automatización y monitor no requieren del uso de una gran cantidad de módulos para poder visualizar o compartir variables de la máquina de microinyección al usuario. La única limitante son la ausencia de entradas analógicas que mediante un par de conversores analógico a digital se puede solucionar.

ESP32. Los pines digitales de la tarjeta Raspberry Pi 3B+ son insuficientes para el desarrollo del proyecto, por lo tanto, se utiliza un módulo ESP32 mediante comunicación I2C para incorporar los pines faltantes requeridos por el número de actuadores que se la máquina va a requerir.

Conversor analógico a digital - ADC.

Debido a que la Tarjeta Controladora seleccionada no posee entradas analógicas, se requiere de conversores ADC para recibir la señal de los Sensores de Nivel. De las opciones para comunicación dentro de placa presentes en el mercado, destacan, los siguientes.

ADS1115. Proporciona una alta precisión a 860 muestras/segundo sobre I2C, la cual, se lo puede configurar como 4 canales de un solo extremo, puede medir un amplio rango de señales y sencillo de usar (AVElectronics, 2022).

Figura 33

Conversor ADC ADS115

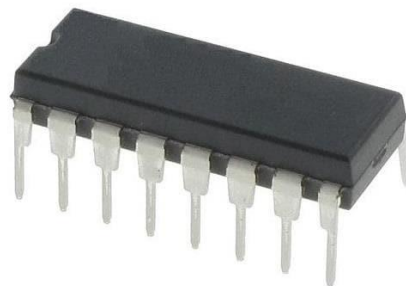


Nota. Tomado de (AVelectronics, 2022)

MCP3008. Este integrado ofrece 8 canales de entradas analógicas de 10 bits al microcontrolador, Utiliza bus SPI con 4 pines, también puede emplear 4 pares de entrada pseudo diferencial u 8 entradas de un solo extremo (Microchip, 2022). Para la selección de este componente se requiere de: resolución, canales, voltaje de alimentación, corriente máxima, protocolo de comunicación y costo. Se detalla la matriz de selección en la tabla siguiente.

Figura 34

Conversor ADC MCP3008



Nota. Tomado de (Microchip, 2022)

Tabla 10*Selección de Conversor analógico a digital – ADC*

Criterio de Selección	Peso	ADS1115				MCP3008		
		Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación	
Resolución (bit)	25%	16	3	0,75	10	2	0,5	
Canales	20%	4	2	0,4	8	3	0,6	
Voltaje Ali. (Vdc)	10%	2 a 5,5	3	0,3	2,7 a 5,5	3	0,3	
Corriente Máxima (μ A)	10%	150	3	0,3	500	2	0,2	
Protocolo de Comunicación	25%	I2C	3	0,75	SPI	2	0,5	
Costo (USD)	10%	12	1	0,1	4	3	0,3	
Total	100%			2,6			2,4	
Resultado				SI			NO	

Nota. Características de conversor analógico a digital – ADC. .

Las características relevantes recaen sobre la resolución, canales y protocolo de comunicación donde el conversor analógico a digital ADS1115 resulta ser el favorecido, aunque solo posee 4 canales. El lado fuerte de este conversor yace en su protocolo de comunicación I2C que permite incorporar más módulos con menos conexiones debido a que no necesita de varios másteres. Por último, la resolución de 16 bits permite obtener una señal más fraccionada con el fin de obtener un mejor monitoreo de nivel en los depósitos.

Sensor de Nivel.

Es un elemento electrónico que mide la altura de material, mayormente de fluidos dentro de un depósito. Para esta prestación, es necesario una medición de nivel continuo, el nivel debe estar dentro de un rango específico y debe producir una señal que correlaciona de forma directa el nivel en el depósito. A continuación, se presenta una breve descripción de los elementos más cercanos a esta aplicación:

Sensor ultrasónico HCSR04 y Sharp GP2Y0D340K. Un sensor que emite sonido y mide el tiempo que la señal regresa a un micrófono, genera pulsos de alta frecuencia que rebota (UElectronics, 2022). Cuenta con un LED infrarrojo y sensor CMOS embebido en un circuito, cuenta con salida Analógica y Digital (I2C) (Sharp, 2022) como se presenta en las siguientes figuras.

Figura 35

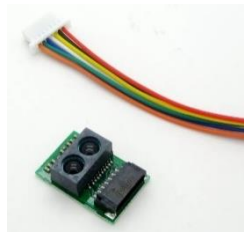
Sensor Ultrasónico HCSR04



Nota. Tomado de (UnitElectronics, 2022).

Figura 36

Sensor Sharp GP2Y0D340K



Nota. Tomado de (Sharp, 2022).

Sensor Óptico CNY70 (Acondicionado). Este tipo de sensor permite detectar objetos a corta distancia mediante un LED infrarrojo y un fototransistor, además, mediante acondicionamiento del sensor se puede cambiar del funcionamiento discreto de corto alcance al funcionamiento de detección de nivel de largo alcance (UElectronics, 2022).

Figura 37

Sensor Óptico CNY70 (Acondicionado)



Nota. Tomado de (UnitElectronics, 2022).

Los criterios para considerar en la selección son los siguientes: Voltaje de Alimentación, Rango, Tipo de Señal, Dimensiones y Costo. Donde, los pesos más elevados recaen sobre dimensiones y costo; debido al modo de acople con el depósito de plastisol y por la cantidad de sensores que la máquina necesita.

Tabla 11*Selección de Sensor de nivel*

Criterio de Selección	Ultrasónico HCSR04				Sharp GP2Y0D340K			Óptico CNY70		
	Peso	Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación	Valor	Puntaje	Evaluación
Voltaje Ali. (Vdc)	10%	5	3	0,3	2,7	1	0,1	5	3	0,3
Rango (cm)	20%	2 a 400	1	0,2	10 a 60	2	0,4	0,5 a 10	3	0,6
Tipo de Señal	10%	Digital	2	0,2	Analógico/ Digital	3	0,3	Analógica	1	0,1
Dimensiones (mm)	30%	45x20x15	1	0,3	16,7x11x5,2	2	0,6	7x7x6	3	0,9
Costo (USD)	30%	2,25	2	0,6	10	1	0,3	1,5	3	0,9
Total	100%			1,6			1,7			2,8
Resultado				NO			NO			SI

Nota. Características de selección para el sensor de nivel.

Conforme con la selección del sensor óptico CNY70 como la mejor alternativa debido a su corto rango de operación similar a la altura del depósito, además de, sus dimensiones mínimas que no requieren mayor maquinado para ser acoplado, por otra parte, esta selección requiere de un acondicionamiento para elevar su rango máximo de 0,5 a 10 cm y aun así supera en costos a las otras 2 alternativas.

Resumen final de selección.

Los dispositivos seleccionados para apartado de control y actuadores requieren de una fuente de 12V para energizar toda la máquina de microinyección semiautomática, tanto el apartado de electrónica y control, como, el apartado mecánico se puede mostrar de forma independiente. A continuación, se detalla los elementos seleccionados:

Sensor: Sensor Óptico CNY70 (Acondicionado)

Actuator: Motor NEMA 17 42BYGH34

Driver: Driver DRV8825

Tarjeta Controladora: Raspberry Pi 3B+

Puertos extra:

- ESP32 (Puertos)
- ADS1115

Componentes mecánicos:

- Bomba de Aceite CG200 37T.
- Taza de pintura lateral 600 cc de gravedad.
- Tubería de cobre ¼".
- Tuerca y Unión OD de ¼".
- Manguera de Neopreno Synflex de 3/8".

Diseño mecánico de la máquina de microinyección.

El fin de este diseño, es dimensionar los elementos inexistentes en el mercado y únicamente se disponen de materiales de construcción. La caja para diseñar que va a

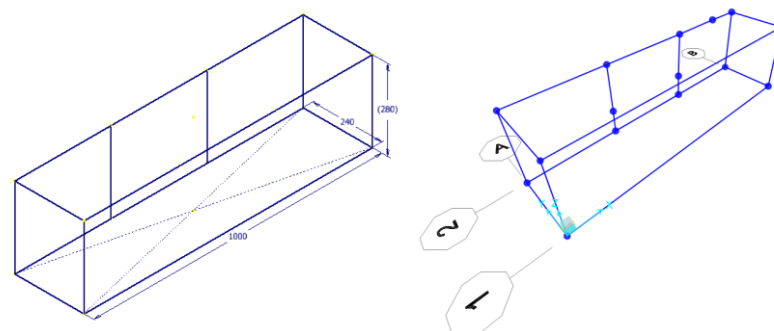
contener todos los componentes de la máquina de microinyectado, la cual será dimensionada aplicando normativa para estructuras de acero. El Sistema de Transmisión por Engranajes únicamente por dimensionamiento debido a que su elaboración se realizará mediante impresión 3D con filamento plástico.

Caja

La máquina de microinyectado está conformada por varios componentes y requiere de un medio contenedor. Dicho contenedor se trata de una caja, la misma que constará de una estructura interna de acero y paredes de tol. También debe contar con dos agujeros internos con el fin de colocar un riel metálico en donde se acoplarán los 8 sistemas de bombeo, como punto de partida del diseño de la caja, se establecen materiales iniciales cuyas dimensiones variarán conforme satisfagan el diseño de la estructura.

Figura 38

Dimensiones y Secciones de Caja



Nota. Estructura interna de la caja mediante software.

Materiales de Partida. Teniendo en cuenta al acero como material común para diseño de estructuras y al tol como material de protección o recubrimiento, se tiene:

Tubo cuadrado mecánico. Fácil de soldar y facilidad de corte, moldeado y mecanizado moderado. Sus aplicaciones son de: muebles metálicos, divisiones modulares, repisas, etc. (ImportAceros, 2022).

Plancha de acero inoxidable. Cuenta con resistencia a la corrosión moderada y acabado brillante (Promesa, 2022).

En caso de que el factor demanda/capacidad o las deformaciones máximas no den por valido el diseño, se procederá al incremento de sección transversal del tubo mecánico cuadrado ASTM 366. A continuación, se detalla ciertas características mecánicas necesarias para el diseño de componentes.

Tabla 12

Características Mecánicas Tubo y Tol

Descripción	Material	Dimensiones	Espesor	Peso
Tubo Mecánico Cuadrado	ASTM A366	12 mm	0,9 mm	0,3 Kg/m
Plancha Acero Inoxidable	AISI 430	1220x2440 mm	0,4 mm	4,9 Kg

Nota. Características mecánicas de diseño de componentes.

Cargas

Los componentes que se van a montar en la máquina de microinyectado tienen una masa y por lo tanto son las cargas que interactúan con la estructura interna, entre las cargas yacen, cargas muertas las mismas que contribuyen al dimensionamiento de los materiales para esta aplicación. La carga de tapa conformada por tubo estructural y tol niquelado.

Tabla 13

Masa de Tubo cuadrado Tapa

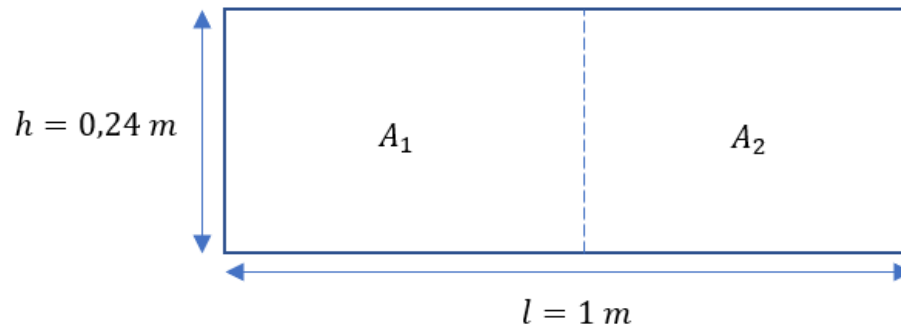
Componente	Largo	Peso (0,3 Kg/m)	Cantidad	Totales
Tubo Corto (m)	0,24	0,072 Kg	2	0,144
Tubo Largo (m)	1	0,3 Kg	2	0,6
			TOTAL	0,744 Kg

En cuanto a la masa del recubrimiento de tol, la plancha de 1017,2mm x 254,203mm tiene una masa equivalente de 0,42 Kg. Se obtiene la masa total de la Tapa, juntando la masa del tubo y la masa del tol. Con esta masa se procede a determinar las áreas cooperantes a fin de obtener las cargas finales.

$$m_t = 0,744 \text{ Kg} + 0,42 \text{ Kg} = 1,164 \text{ Kg}$$

Figura 39

Áreas cooperantes para Carga de Tapa



$$A = l * h = 0,24 \text{ m}^2$$

$$A_1 = A_2 = \frac{A}{2} = 0,12 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{m_t}{A} = \frac{1,167 \text{ Kg}}{0,24 \text{ m}^2} = 4,85 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_{1-2} = Q * \frac{A_1}{h} = 4,85 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * \frac{0,12 \text{ m}^2}{0,24 \text{ m}}$$

$$q_{1-2} = 2,425 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Donde q_{1-2} son las cargas aplicadas a los extremos de la caja.

Carga de Fuente. Se trata de una fuente de 12V a 10A con una masa de 0,396 Kg que debe aplicarse como una carga distribuida.

$$q_f = \frac{0,396 \text{ Kg}}{0,2 \text{ m}}$$

$$q_f = 1,98 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Carga Sistema de Bombeo. Se trata de la distribución de 8 Sistemas de Bombeo cuya carga se concentra en dos puntos de la estructura interna, debido a que los Sistemas de Bombeo van acoplados a una Riel DIN la cual va atornillada a la estructura.

Tabla 14*Masa de Sistemas de Bombeo*

Componente	Masa
Tanque (Kg)	0,153
Bomba y tubería (Kg)	0,559
Plastisol (Kg)	0,437
Subtotal	1,149
Completo	9,192
Incremento de 20%	11,0304

A efectos de diseño la masa de maquinaria se incrementa un 20% para maquinaria ligera accionada por motor.

$$F_s = \frac{11,0304 \text{ Kg}}{2} = 5,5152 \text{ Kg}$$

Al final se obtienen 2 cargas concentradas que se ubicarán en los orificios de acople de la Riel DIN de la estructura interna.

Carga de Caja de Control. Masa total de un elemento contenedor de la mayoría de los elementos electrónicos.

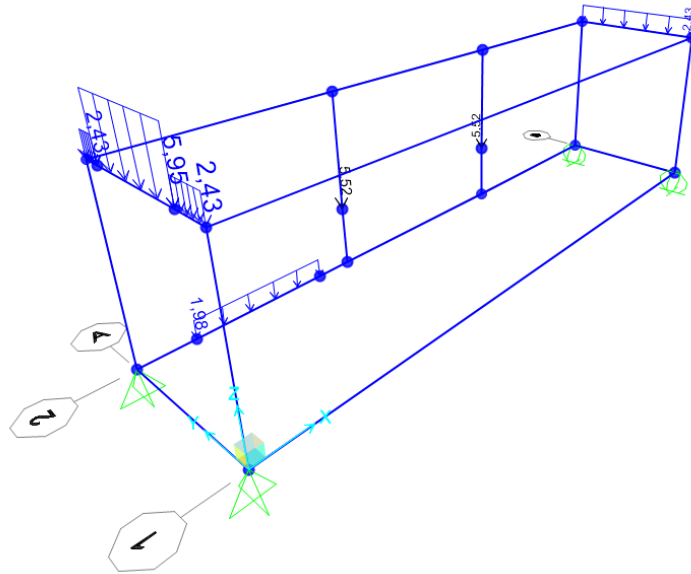
$$m_{cc} = 0,566 \text{ Kg}$$

$$q_{cc} = \frac{m_{cc}}{l_{cc}} = \frac{0,566 \text{ Kg}}{0,161 \text{ m}}$$

$$q_{cc} = 3,52 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Colocando todas las cargas en la estructura interna y ubicando apoyos articulados móviles debido a que la máquina no va a ser fijada por completo al suelo, se realiza el diagrama de cuerpo libre de la estructura interna de la caja.

Figura 40*Diagramas de Cuerpo Libre: Estructura Interna*



Nota. Diagramas de cuerpo libre de la caja.

Partiendo del material de partida, apoyos y cargas; se procede a efectuar la simulación en un software de diseño de estructuras.

Deformaciones.

Uno de los parámetros para que una estructura sea válida, es evitar las deformaciones excesivas, por lo tanto, se debe definir la deformación máxima permitida a la que puede ser sometida la estructura interna de la caja, se utiliza el criterio de $L/240$ como deformación máxima recomendada debido a que esta estructura no depende de elementos no estructurales.

$$L = 1000 \text{ mm}$$

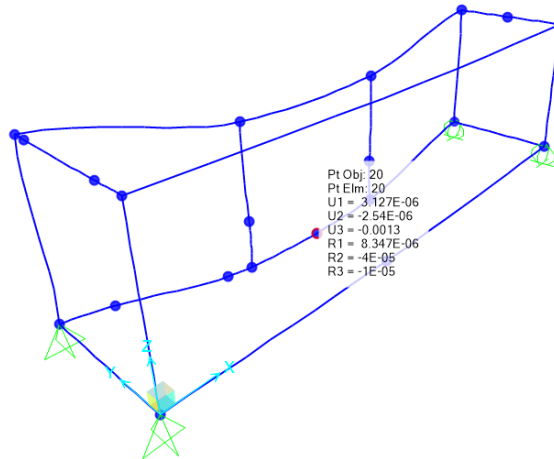
$$z_{max}^R = \frac{L}{240} = \frac{1000 \text{ mm}}{240}$$

$$z_{max}^R = 4,16 \text{ mm}$$

Las deformaciones a lo largo del eje X, no deben superar los 4,16 mm.

Figura 41

Diagrama de deformaciones: Estructura Interna Caja



La deformación máxima de la estructura, obtenida mediante simulación es:

$-0,0013 \text{ mm}$.

$$z_{max} = 0,0013 \text{ mm}$$

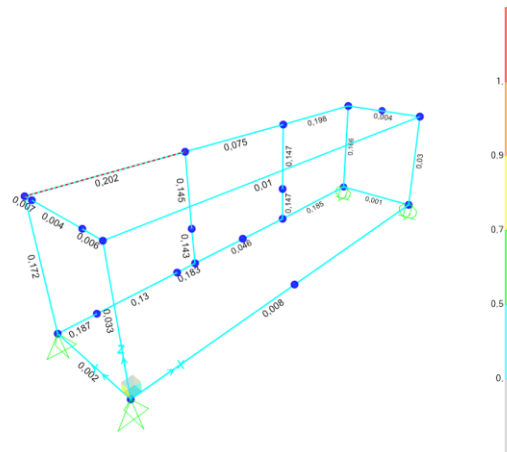
$$0,0013 \text{ mm} < 4,16 \text{ mm}$$

$$z_{max} < z_{max}^R$$

Después de la comparativa de deflexiones, la estructura interna de caja con la tubería cuadrada de $\frac{1}{2}$ " con 0,9 de espesor cumple con la condición de serviciabilidad de deformaciones.

Relación Demanda/Capacidad.

Se utiliza la norma AISC 360-16 para construcción de estructuras de acero. En donde una vez cumplido varios de los requerimientos de la normativa se le da mayor énfasis a la relación Demanda/Capacidad de cada elemento de la estructura, dicha norma debe ser especificada a marcos comunes (OMF) por la mínima deformación inelástica y estructuras de propósito general. Todos los elementos arrojan un valor que están dentro de un rango de 0 a 1, mientras la relación sea más cercana a 0, la estructura será considerada como válida.

Figura 42*Relación Demanda/Capacidad*

Nota. Deformación mínima inelástica y estructuras de propósito general. .

El valor de relación máximo es de 0,202, cuya interpretación da como válida a la estructura de acero ya que la sección transversal y el material son más que suficientes ante las demandas de la estructura. Además, la estructura cumple con la condición de diseño con Factor de Carga y Resistencia (LRFD) considerando que los requerimientos responden a cargas muertas.

Como consecuencia, la estructura interna de caja con el material de partida denominado: tubo mecánico cuadrado de $\frac{1}{2}$ " con espesor de 0,9 mm, cumple con la norma estructural AISC 360-16. La estructura será construida mediante soldadura GMAW ya que su espesor está dentro de los espesores 0,7 a 6 mm, este tipo de soldadura le da una buena apariencia a la junta soldada, acabados que la estructura interna requiere ya que va recubierta con las planchas de tol con dimensiones específicas.

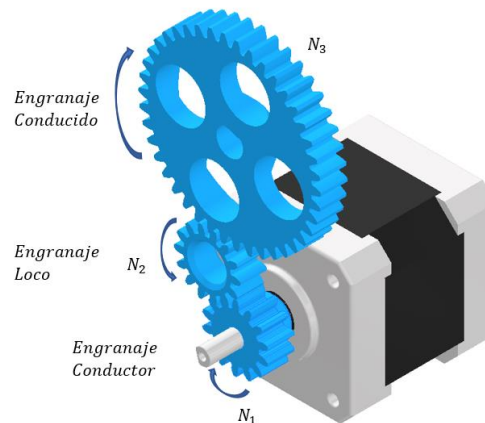
Diseño de sistema de Transmisión por Engranajes.

Se elaborará un tren de engranajes simple de 3 engranajes para obtener una caja reductora de bajas dimensiones que no supere el ancho del motor paso a paso NEMA 17. Normalmente, el uso del engranaje loco sirve para mantener el sentido de giro entre la

entrada y salida del sistema independientemente de la relación de transmisión que emplee el tren.

Figura 43

Tren de engranajes simple



Engranaje 1. Con acople directo al eje del motor paso a paso NEMA 17, el cuál otorgará velocidad de entrada al sistema. Para utilizar valores normalizados, se toma el módulo de $1,25 \text{ mm}$.

$$M = 1,25 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 14 \text{ dientes}$$

$$D_p = m * Z_1 = 1,25 * 14 = 17,50 \text{ mm (Diámetro Primitivo)}$$

$$D_e = D_p + 2M = 17,50 + 2 * 1,25 = 20 \text{ mm (Diámetro Exterior)}$$

$$H = 2,167 * M = 2,167 * 1,25 = 2,709 \text{ mm (Altura de Diente)}$$

$$P = 3,1416 * M = 3,1416 * 1,25 = 3,927 \text{ mm (Paso)}$$

$$D_i = D_e - 2H = 20 - 2 * 2,709 = 14,582 \text{ mm (Diámetro Interior)}$$

$$e = \frac{P}{2} = \frac{3,927}{2} = 1,964 \text{ mm (Espesor de diente)}$$

$$L = M = 1,25 \text{ mm (Altura de la cabeza del diente)}$$

$$l = 1,167M = 1,167 * 1,25 = 1,459 \text{ mm (Altura del pie de diente)}$$

Ancho de cara de 8 mm conforme la longitud del eje del motor paso a paso.

Figura 44

Engranaje 1 con acople a eje NEMA 17

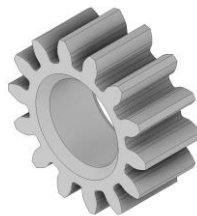


Nota. Análisis de engranaje 1.

Engranaje 2. Al ser un engranaje loco sin elevada influencia en la salida del sistema de engranajes. Se utilizará un engranaje con la misma cantidad de dientes que el Engranaje 1. La única diferencia será el diámetro que va acoplado al Case Sistema de Bombeo, superior a Engranaje 1. El eje que va a sostener a este elemento es un tornillo M5.

Figura 45

Engranaje 2 con acople a tornillo M5



Nota. Análisis de engranaje 2.

Engranaje 3. Con orificio de acople directo a bomba tipo Gerotor. Dado que se trata de un fluido de viscosidad moderada, se requiere de una reducción de velocidad. Siguiendo las dimensiones del tren de engranajes, los valores de ancho de cara y módulo se mantienen en todo el sistema de transmisión.

$$M = 1,25 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 42 \text{ dientes}$$

$$D_p = m * Z_1 = 1,25 * 42 = 52,50 \text{ mm (Diámetro Primitivo)}$$

$$D_e = D_p + 2M = 52,50 + 2 * 1,25 = 55 \text{ mm (Diámetro Exterior)}$$

$$H = 2,167 * M = 2,167 * 1,25 = 2,709 \text{ mm (Altura de Diente)}$$

$$P = 3,1416 * M = 3,1416 * 1,25 = 3,927 \text{ mm (Paso)}$$

$$D_i = D_e - 2H = 55 - 2 * 2,709 = 49,583 \text{ mm (Diámetro Interior)}$$

$$e = \frac{P}{2} = \frac{3,927}{2} = 1,964 \text{ mm (Espesor de diente)}$$

$$L = M = 1,25 \text{ mm (Altura de la cabeza del diente)}$$

$$l = 1,167M = 1,167 * 1,25 = 1,459 \text{ mm (Altura del pie de diente)}$$

Figura 46

Engranaje 3 con acople a Bomba tipo Gerotor



Nota. Análisis de engranaje 3.

Distancia entre centros. Conforme al cálculo de la distancia entre ejes, se utiliza para posicionar los elementos dentro del sistema de bombeo a fin de que el sistema de transmisión funcione correctamente.

Distancia entre centros Engranajes 1-2

$$d_{1-2} = \frac{(D_{p1} + D_{p2})}{2} = \frac{17,50 + 17,50}{2}$$

$$d_{1-2} = 17,50 \text{ mm}$$

Distancia entre centros Engranajes 2-3

$$d_{2-3} = \frac{(D_{p2} + D_{p3})}{2} = \frac{17,50 + 52,50}{2}$$

$$d_{2-3} = 35 \text{ mm}$$

Relación de Transmisión. Para determinar la reducción de velocidad, se requiere el cálculo de la relación de transmisión conforme al número de dientes. Los valores son los siguientes: $Z_1 = Z_2 = 14$, $Z_3 = 42$.

$$i = \frac{\text{Producto Conducidas}}{\text{Producto Conductoras}}$$

$$i = \frac{Z_2 * Z_3}{Z_1 * Z_2} = \frac{Z_3}{Z_1}$$

$$i = \frac{42}{14}$$

$$i = 3$$

La relación de transmisión conforme a velocidad se da al revés.

$$i = \frac{N_1}{N_3}$$

$$N_3 = \frac{N_1}{i}$$

$$N_3 = \frac{N_1}{3}$$

Se obtiene que la velocidad de salida es 1/3 inferior a la velocidad de entrada del sistema de transmisión por engranajes, esta relación de 3:1 le otorga al sistema de bombeo una capacidad relativa de 14 L/minuto ideal para fluidos de baja y media viscosidad como lo es el Plastisol disuelto

(Serretecno, 2022).

Diseño CAD para la fabricación.

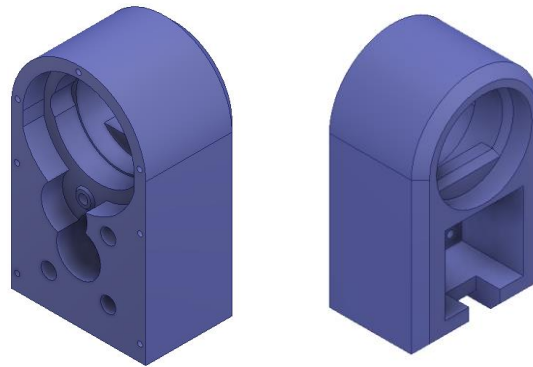
Ciertos elementos de transmisión, carcasas y demás elementos fueron fabricados mediante impresión 3D con filamento PLA+ y resina, estos elementos forman parte del sistema de bombeo y poseen orificios para establecer sujeciones atornilladas a fin del aseguramiento de engranajes, acople de bomba, acople de motor y clavija de seguridad.

Case Sistema de bombeo

Es un componente de soporte que contiene el motor paso a paso NEMA 17, bomba tipo gerotor, engranajes y empaque de cucho de asbesto, elaborado con dimensiones mínimas con el objeto de incorporar una elevada cantidad de colores. Además, cuenta con orificios para la fácil incorporación de tornillería y acople de los elementos antes mencionados.

Figura 47

Case de Sistema de Bombeo

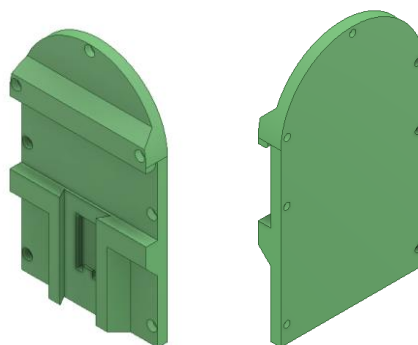


Tapa con Soporte de Riel

Complemento del componente Case, concebido con dimensiones normalizadas para el acople en una Riel DIN, además de servir de acoplamiento, es empleado para sellar el sistema de transmisión y retener al fluido en caso de desbordamiento.

Figura 48

Tapa con Soporte de Riel

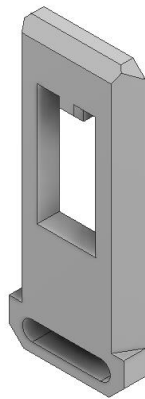


Clavija de Seguridad

Complemento de Tapa con Soporte de Riel para mantener el sistema de bombeo acoplado a la Riel DIN, al igual que el acople de Riel DIN, este elemento posee dimensiones normalizadas.

Figura 49

Clavija de Seguridad

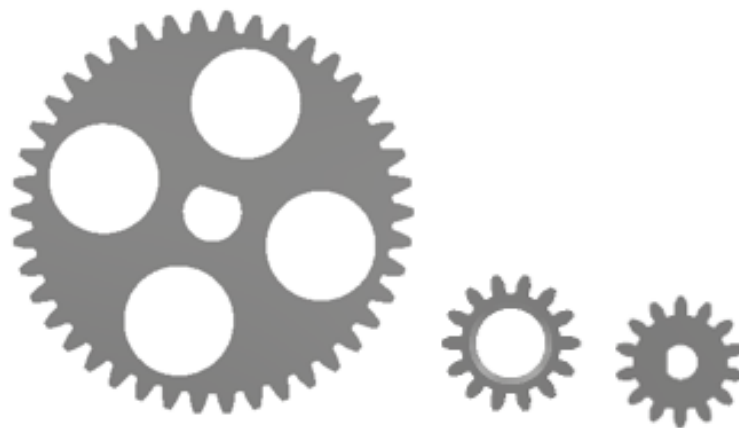


Sistema de Transmisión por Engranajes

Elementos que van entre el motor paso a paso NEMA 17 y accionamiento de bomba tipo Gerotor, únicamente para transmisión de movimiento y ubicación de componentes dentro del Sistema de Bombeo, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 50

Sistema de Transmisión por Engranajes

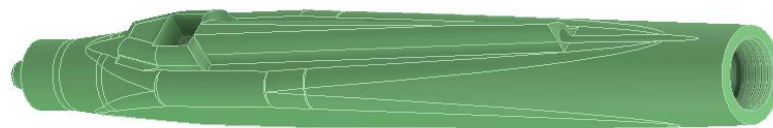


Lápiz Inyector

Elemento directo a interacción con el usuario, bajo la consideración de su morfología y requerimiento de resistencia a ataque químico por parte del plastisol disuelto, el material a utilizar en impresión 3D fue: resina de curado UV.

Figura 51

Lápiz Inyector

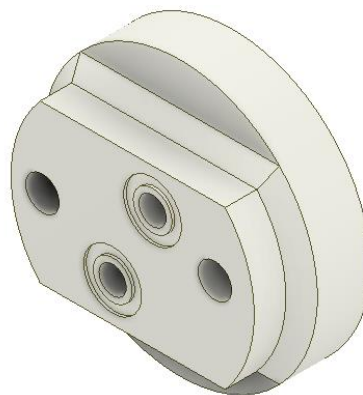


Junta de caucho de asbesto

Con la finalidad de contener la tubería para entrada y salida de fluido en la bomba, este elemento no fue desarrollado mediante impresión 3D y su elaboración fue realizada de modo empírico acorde las dimensiones del case y los orificios de bomba.

Figura 52

Junta de caucho de asbesto



Diseño electrónico para automatización.

El diseño electrónico del presente tendrá en cuenta el uso de energía eléctrica para la correcta alimentación de todos los elementos mencionados en la sección anterior titulada “Selección de componentes mecánicos y electrónicos”. Mediante el uso del datasheet o información propia de cada elemento se tiene el consumo de corriente de cada componente electrónico, tomando en cuenta este parámetro como base para la adquisición de una fuente de energía DC con la suficiente capacidad de alimentación del sistema electrónico. Se tienen las hojas de datos de todos los componentes o dispositivos electrónicos con sus valores sugeridos de acuerdo con el funcionamiento a realizar. Primeramente, se diagrama el sistema electrónico por partes en un software de diseño electrónico, inicialmente se indica la parte de potencia para alimentación del microcontrolador:

Figura 53

Diagrama de flujo del proceso

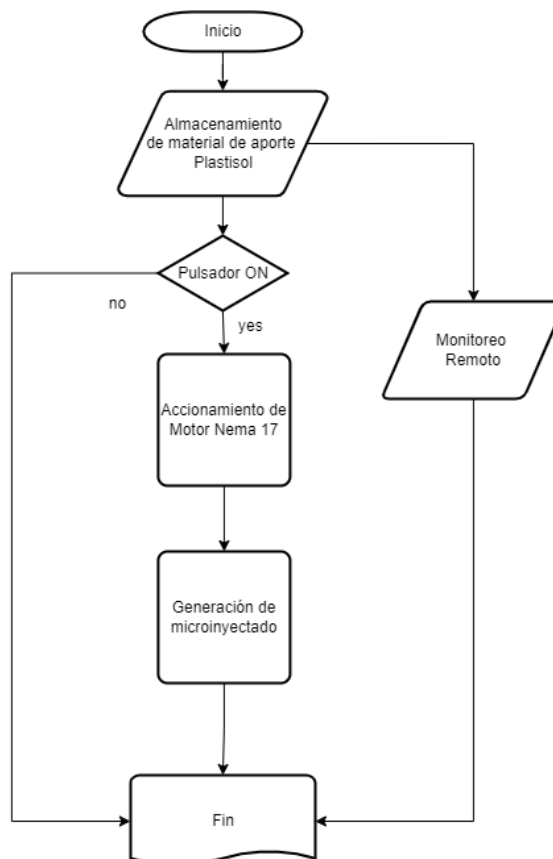
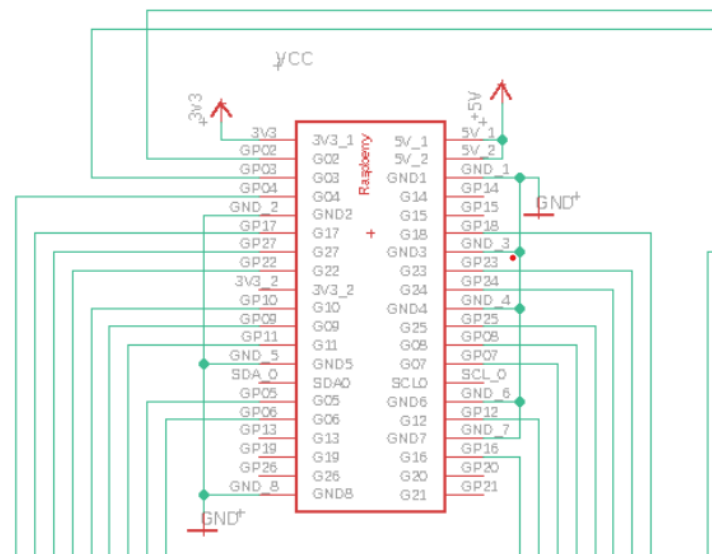


Figura 54

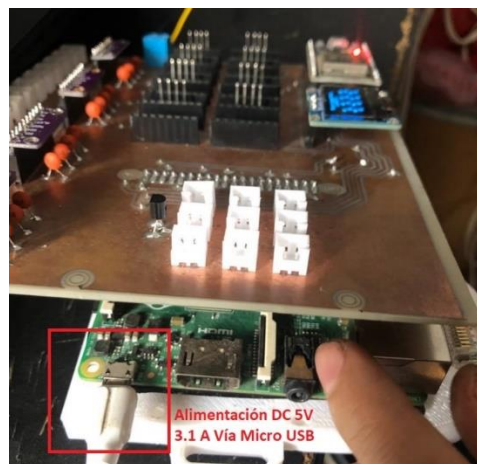
Diagrama esquemático de microcontroladora Raspberry Pi 3 B+ 2015



Nota. Esquema de microcontroladora Raspberry Pi 3 B+ 2015.

Figura 55

Fotografía prueba de alimentación Raspberry Pi 3 B+ 2015

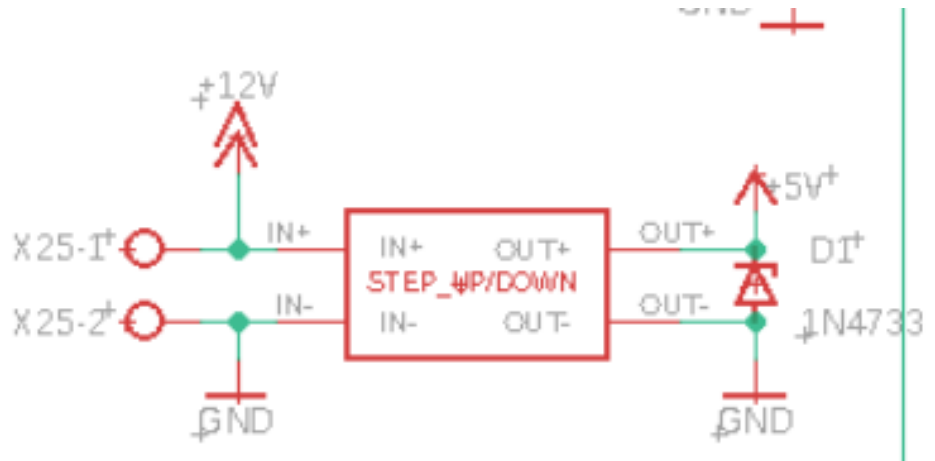


Nota. Alimentación DC 5V de Raspberry Pi 3 B+ 2015.

Se utilizará una fuente de alimentación DC conectada por puerto Micro USB para el microcontrolador Raspberry directamente, normalmente este tipo de fuentes de alimentación poseen un valor nominal de voltaje de 5 Voltios a 3.1 Amperios. Segundo, se muestra la etapa de potencia del microcontrolador ESP32.

Figura 56

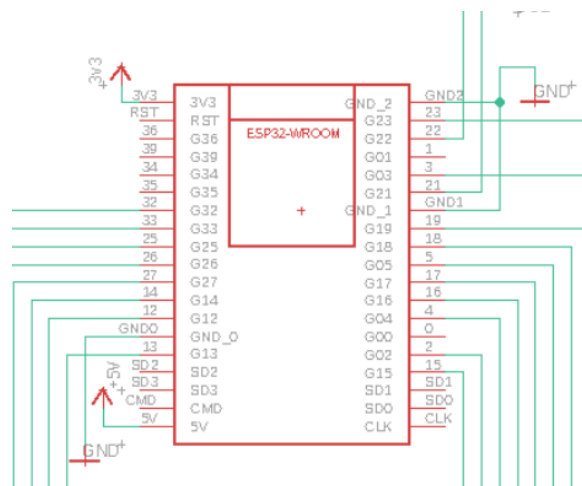
Modulo Step up/Down regulado de Vin 12v a Vout 5V



Nota. Diagrama esquemático modulo Step up/Down regulado de Vin 12v a Vout 5V.

Figura 57

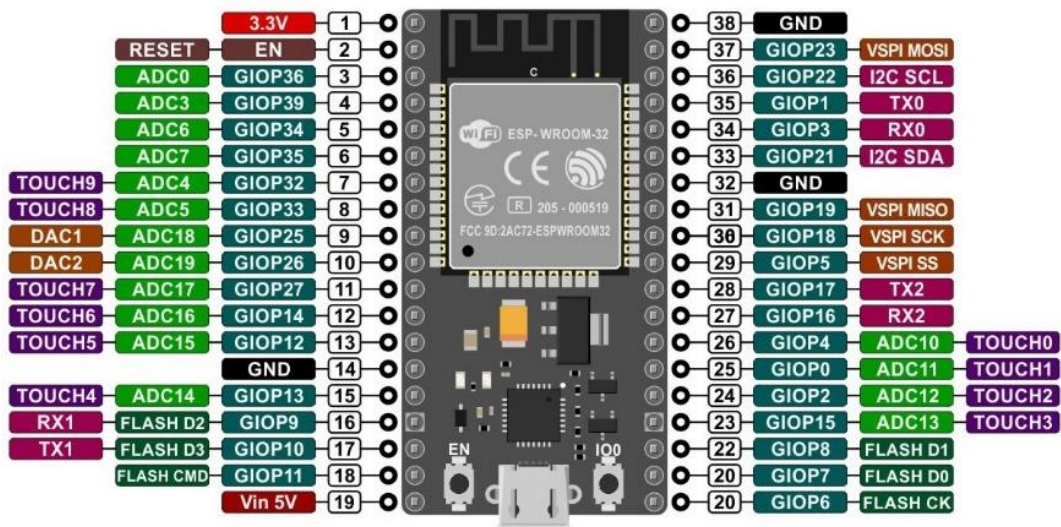
ESP32 con voltaje de alimentación de 5V en pin 19 y GND en pin 14



Nota. Diagrama esquemático ESP32 con voltaje de alimentación de 5V en pin 19 y GND en pin 14.

Figura 58

Disposición de pines correspondiente a ESP32 WROOM 32



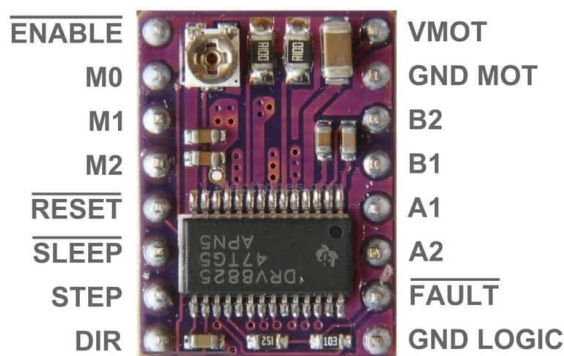
Nota. Datos tomados de Asanza (2021).

Se utilizará principalmente una fuente de alimentación DC, normalmente este tipo de fuentes de alimentación poseen un valor nominal de voltaje de 12 Voltios y un circuito convertidor de Voltaje Buck DC-DC conocido como Modulo Regulador Step Down - LM2596, el cual permitirá regular el voltaje de entrada de 12V hasta un voltaje de salida de 5V con la mayor precisión posible gracias a un potenciómetro lineal incluido en el módulo.

Tercero, se muestra la parte de potencia para los 8 actuadores.

Figura 59

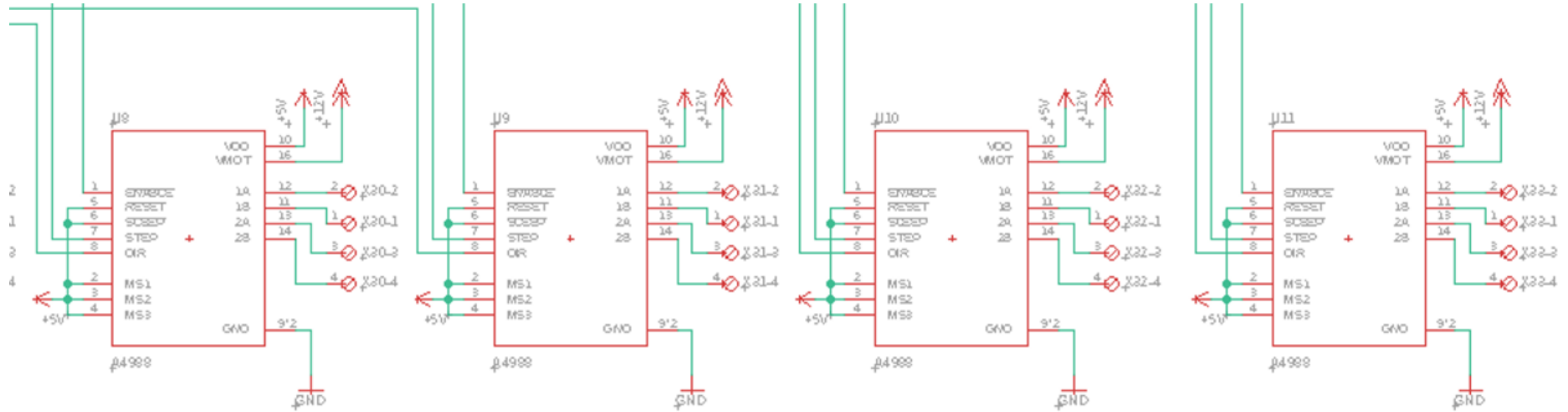
Disposición de pines driver DVR8825



Nota. Datos tomados de Electronics (2022).

Figura 60 .

Diagrama esquemático conexión drivers DVR8825 en software

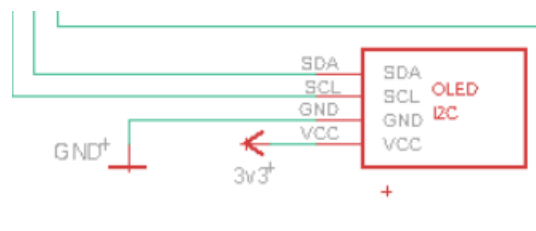


Nota. conexión drivers DVR8825 en software. .

Para la etapa de potencia de los motores Nema 17, se toman en cuenta 8 drivers DVR8825 los cuales son alimentados por la fuente DC de 12V y controlan el sentido de giro y el número de pasos al alimentar las bobinas de los motores Nema 17. Cuarto, se muestra la parte de potencia de la pantalla Oled.

Figura 61

Diagrama esquemático conexión de pantalla Oled



Nota. Conexión de pantalla Oled.

La pantalla Oled es alimentada directamente en Vcc y GND por el puerto I2C de la tarjeta microcontroladora ESP32 que brinda un voltaje de 3.3V.

Diseño de Placa de Circuito Impreso.

Las normas de IPC se utilizan como herramienta para proporcionar calidad, confiabilidad y consistencia en el diseño, fabricación, ensamblaje, inspección de circuitos impresos PCB (Printed Circuit Board). Según la Association connecting electronics industries IPC – 2221A (2003) Las normas IPC 2221 enfocadas al diseño de PCB, y las normas IPC 600 enfocadas a la fabricación de placas electrónicas PCB, presentan una fórmula matemática para determinar el ancho de las pistas de un circuito impreso expuestos a entornos según unas constantes K. Es necesario como datos de entrada la corriente máxima que atraviesa la pista y la variación máxima de temperaturas de conducción respecto a la temperatura ambiente. Dada la ecuación para diseño de pistas externas y sus constantes k:

$$width = \frac{\left(\frac{1}{k_1 \times \Delta T^{k_2}}\right)^{\frac{1}{k_3}}}{h(1.378)}$$

Para el caso de las pistas de la etapa de potencia con una corriente máxima de 1.871 A y esperando una variación de temperatura de 1 °C.

$$w = \frac{\left(\frac{1.221}{(0.0647) \times (1)^{0.4281}} \right)^{\frac{1}{0.6732}}}{1(1.378)}$$

$$w = 57.0027 \text{ milipulgadas}$$

$$w = 1.4479 \text{ mm}$$

Todo ancho de pista con valor mayor o igual a 1.5 milímetros es aceptable para una corriente de 1.221 A. Para el caso de las pistas pertenecientes a la etapa de control la corriente máxima de 0.5 A, con una variación mínima de 1 °C.

$$w = \frac{\left(\frac{0.5}{(0.0647) \times (1)^{0.4281}} \right)^{\frac{1}{0.6732}}}{1(1.378)}$$

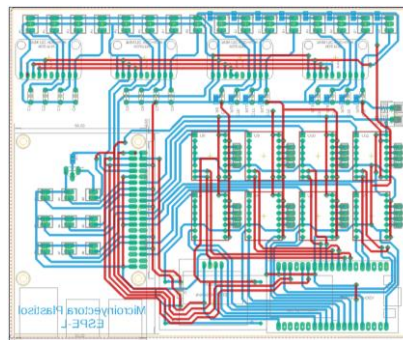
$$w = 15.132867 \text{ milipulgadas}$$

$$w = 0.384375 \text{ mm}$$

Todo ancho de pista cuyo valor sea mayor o igual a 0.384375 milímetros es aceptable para una corriente máxima de 0.5 A.

Figura 62

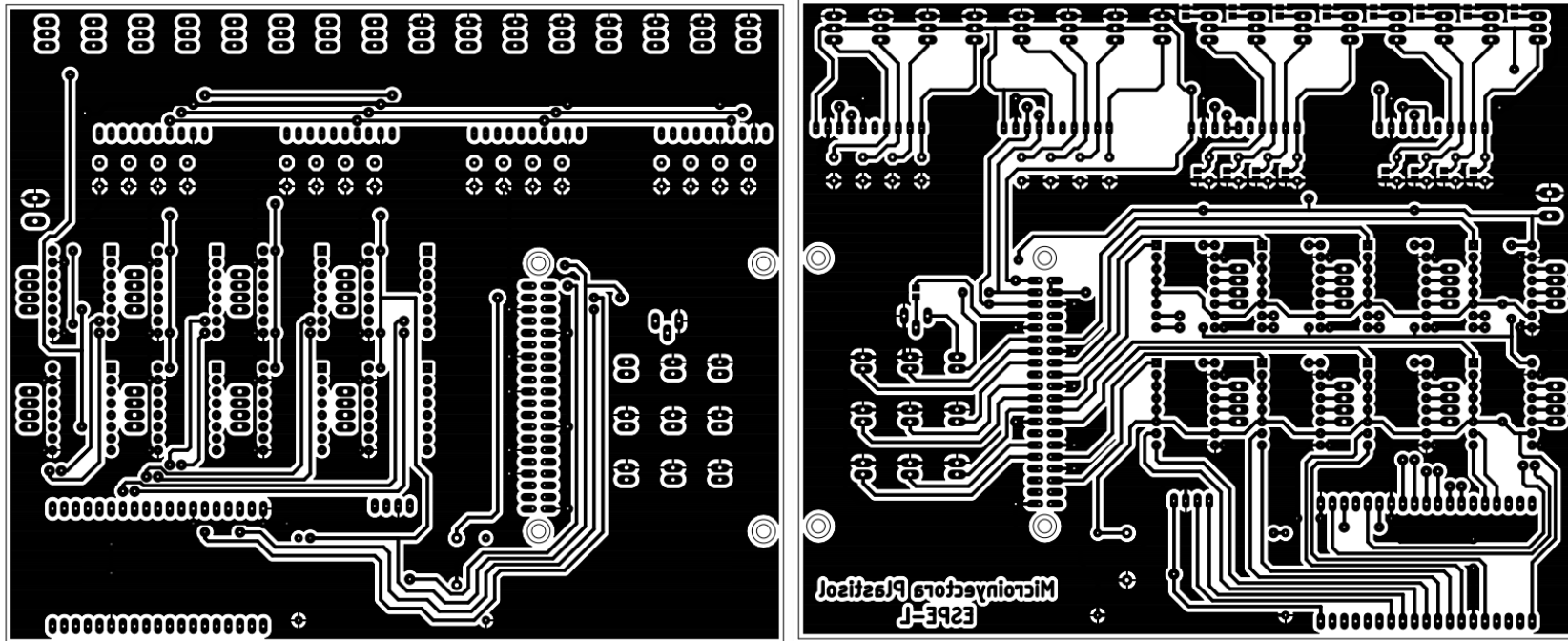
Diseño PCB en Software Eagle - Vista Eagle Board.



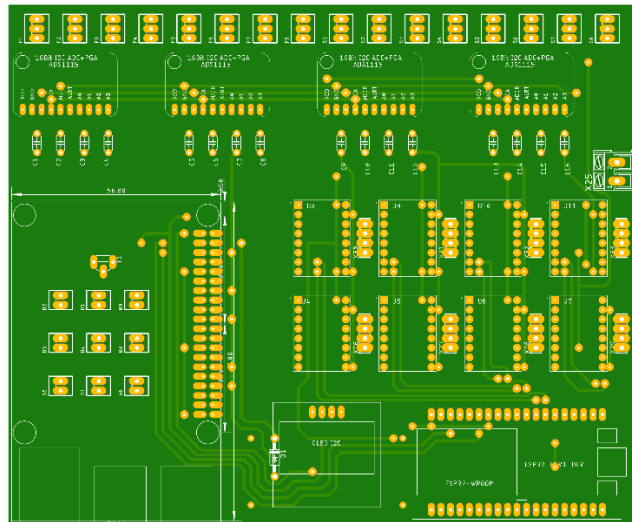
Nota. Vista Eagle Board. .

Figura 63

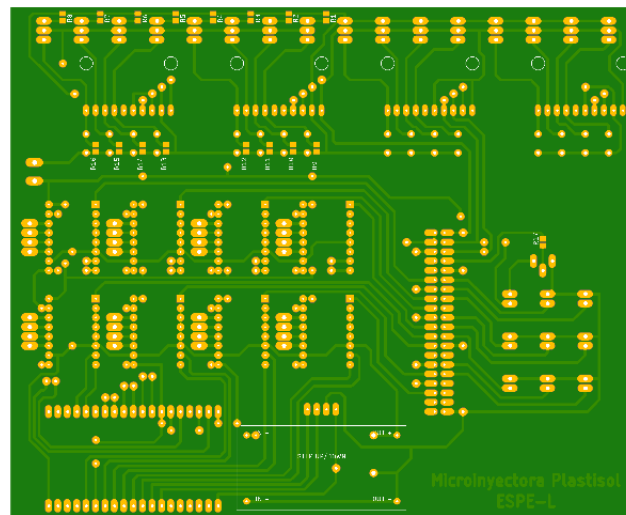
Impresiones negativas PCB Top y PCB Bottom



Nota. A la derecha esta la impresión negativa PCB Top, en tanto que, a la derecha se encuentra la Impresión Negativa PCB Bottom en escala 1:2.

Figura 64*Vista PCB Top Generado en Software*

Nota. Vista PCB Top Generado en Software Escala 1:2.

Figura 65*Vista PCB Bottom Generado en Software*

Nota. Vista PCB Bottom Generado en Software Escala 1:2.

Consumo Energético.

La parte energética hace un análisis en la capacidad energética que brinde una fuente de energía de corriente directa vs la sumatoria de los consumos totales.

En la tabla 15 se muestra un resumen de los consumos individuales.

Tabla 15

Consumo energético de la máquina microinyectora de plastisol.

Consumo Energético Microinyectora				
Cantidad	Dispositivo	Consumo Individual	Voltaje	
1	Raspberry pi 3 B+	550 mA	5v	
1	ESP 32 wifi + Blue	20 mA	5v	
8	Motor Nema 17	350 mA	12v	
8	DRV8825	850 mA	12V	
1	Pantalla Oled	1 mA	3.3V	
4	ADS1115	0.15 mA	5V	
Total:		1771.15 mA		

Como se puede ver en la tabla 13 se obtuvo como consumo máximo del sistema 1,771 Amperios, se recomienda una fuente de alimentación de entrada 110V AC y salida 12V DC a 10 A para abastecer el sistema en su totalidad.

Resumen final de Diseño.

Los sistemas electrónicos y mecánicos se posicionan conforme una distribución óptima de los componentes que interactúan en el sistema, en la siguiente figura se observa la ubicación de los componentes dentro de la estructura interna con tomas de fluido, selector de colores y depósitos de plastisol visibles. Los elementos fabricados mediante impresión 3D con filamento PLA+ cumplen su función de carcasa del sistema de bombeo que posee una junta de caucho de asbesto y tuberías de cobre de 1/4" para el conexionado para transporte del fluido desde el depósito a bomba y luego a la manguera de 3/8" en salida del fluido.

Los elementos impresos en resina UV se ensamblan de tal forma que se acoplan a la manguera y alojan la aguja para el microinyectado, la estructura de la caja cuenta con un diseño satisfactorio conforme a normativa de estructuras de acero y el sistema de

transmisión por engranajes está determinado para ser impreso y posicionado dentro del Case de Sistema de Bombeo.

Figura 66.

Vista Isométrica del Ensamblaje General

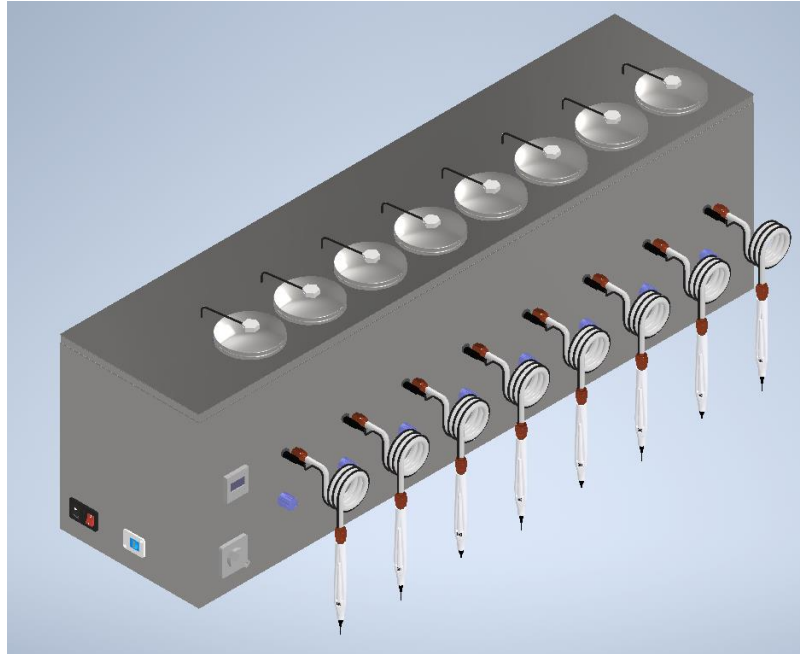
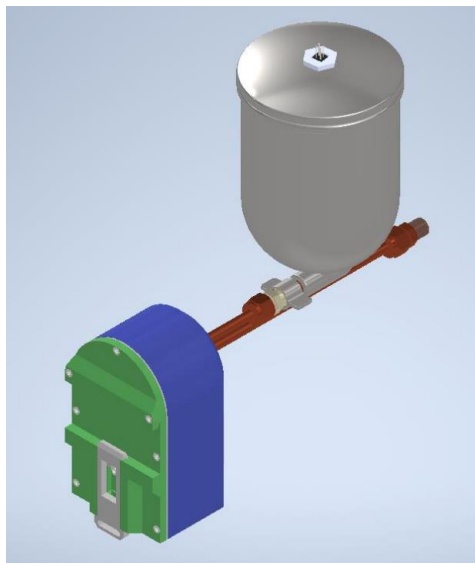


Figura 67.

Vista Isométrica del sistema de bombeo



Capítulo IV

Implementación

Ensamble de los elementos que conforman la máquina de microinyección

La máquina de microinyección está conformada por dos sistemas principalmente como son: sistema mecánico y sistema electrónico.

Ensamble del sistema mecánico

El sistema mecánico está compuesto por los elementos mecánicos internos y externos del sistema de bombeo diseñados en el capítulo anterior “Diseño mecánico de la máquina de microinyección”, para su construcción se tomó en cuenta componentes de fácil acceso en el mercado local y elaboración por medio del método de impresión 3D.

Para la construcción de la carcasa de la máquina de microinyección de plastisol se tomó en consideración el tubo mecánico cuadrado 1/2 x 1/2 x 0.9 inch, el cual fue mecanizado por corte manual con arco de sierra y unido mediante soldadura MIG, se agregó un riel DIN normalizado para sujeción de las bombas. De igual manera para las caras de la estructura se tomó en consideración una plancha de acero inoxidable brillante 430 0.40 por sus propiedades mecánicas y resistencia a elementos abrasivos como es el solvente y plastisol, para el corte de la plancha se utilizó una cizalla y tijera de tol. Por último, para cubrir los bordes cortantes en los filos de las caras se utilizó ángulo de aluminio de 1/2 inch unido a la estructura mediante remaches.

Figura 68

Construcción de case



Nota. Construcción de estructura metálica externa de la máquina.

Para la elaboración de los elementos mecánicos internos del sistema de bombeo se tomó en consideración el método de modelado por deposición de material fundido (impresión 3D), para lo cual se escogió el material PLA plus de 1,75 mm, boquilla de 0,5mm y una impresora 3D de extrusión directa.

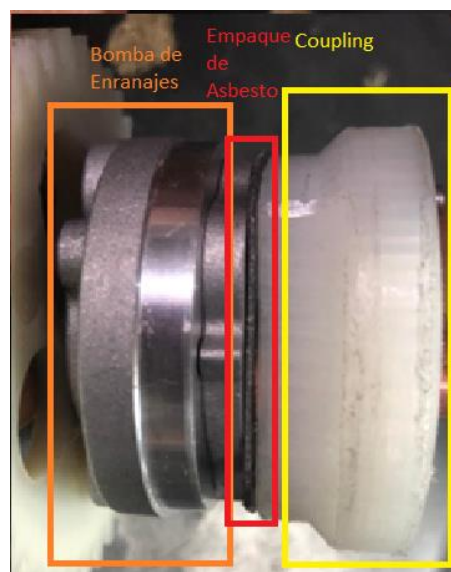
Figura 69

Impresión en 3D de elementos mecánicos



Nota. Elementos mecánicos internos del sistema de bombeo.

Los conductos o tuberías internas del sistema se utilizó cañería de cobre de 1/4 de pulgada a la cual se realizó un abocinamiento para conectar la entrada y salida del fluido de la bomba y las uniones de cobre B-64, para realizar el abocinamiento se utilizó un kit de abocinado, expansor y corte de tubo de cobre. Para el acople de la bomba de engranajes tipo gerotor y el sistema se utilizó empaque artesanal de asbesto en el Coupling impreso en 3D y la tubería abocinada.

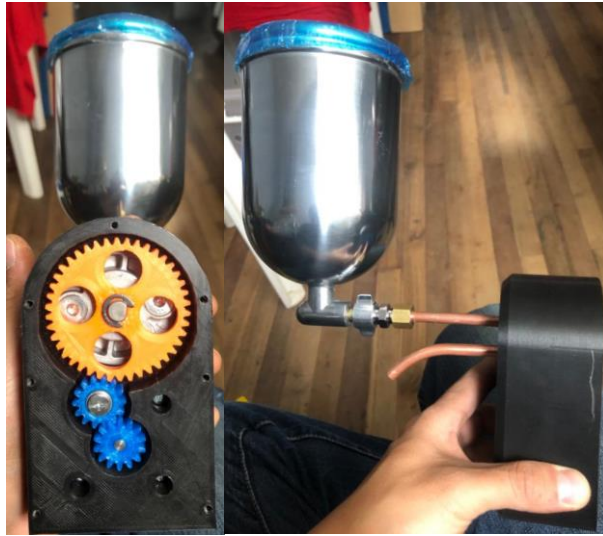
Figura 70*Ductos internos del sistema***Figura 71***Acople de tubería*

Nota. Acople de tubería de cobre, empaque, bomba.

Una vez realizadas todas las impresiones 3D, se procedió al ensamblaje del sistema de engranajes interno de las bombas, para su posterior montaje en la estructura de la carcasa, se utilizó manguera plástica 3/8 SYNIFLEX y uniones B-62 1/4 de cobre para conectar el sistema de bombeo a la tapa frontal y a la manguera externa.

Figura 72

Ensamblaje de bombas

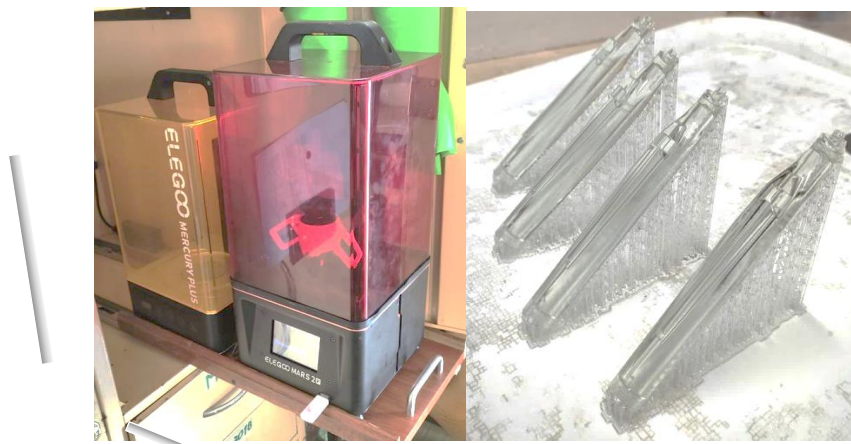


Nota. Ensamblaje del sistema de engranajes interno de las bombas.

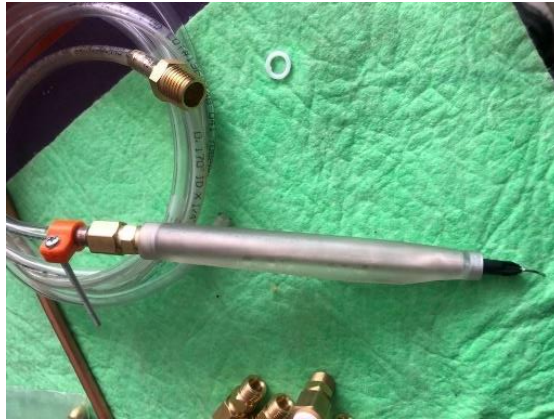
Para el mango ergonómico tipo lápiz se tomó en consideración la impresión 3D por resina y fotocurado con luz UV por su mejor acabado y detalles en comparación del método de material fundido con PLA dando así mayor fidelidad en las roscas para las uniones B-62 1/4 y el espacio para pulsador de accionamiento.

Figura 73

Impresión 3D del mango en resina



Nota. Mango ergonómico tipo lápiz.

Figura 74*Adaptador de manguera*

Nota. Terminado de adaptador de manguera con mango ergonómico tipo lápiz

Ensamble del sistema electrónico

Para el sistema electrónico PCB se utilizó baquelita a doble cara para lograr ensamblar con una buena distribución los componentes electrónicos seleccionados en la sección anterior diseño y selección de los elementos de la máquina de microinyectado, se realizó un diseño previo en el software Autodesk Eagle el cual brinda la opción de generar las pistas conductoras del PCB en ambas caras, posteriormente se ejecutó la impresión en laser para corroer las pistas por el método de planchado y cloruro férrico.

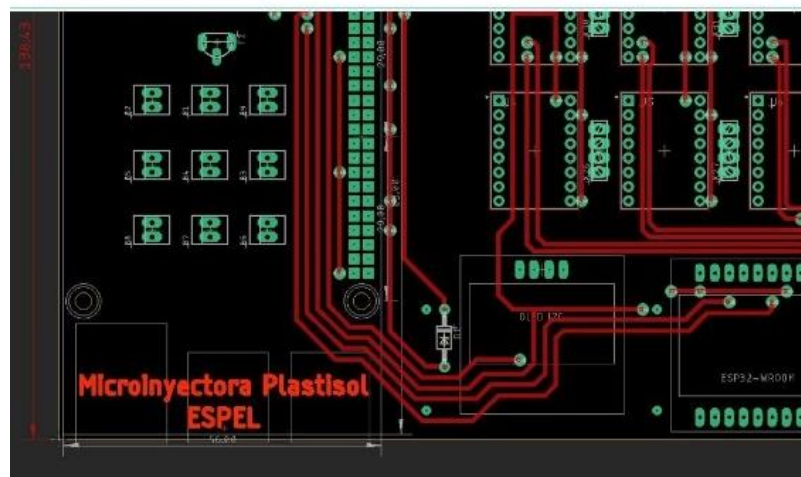
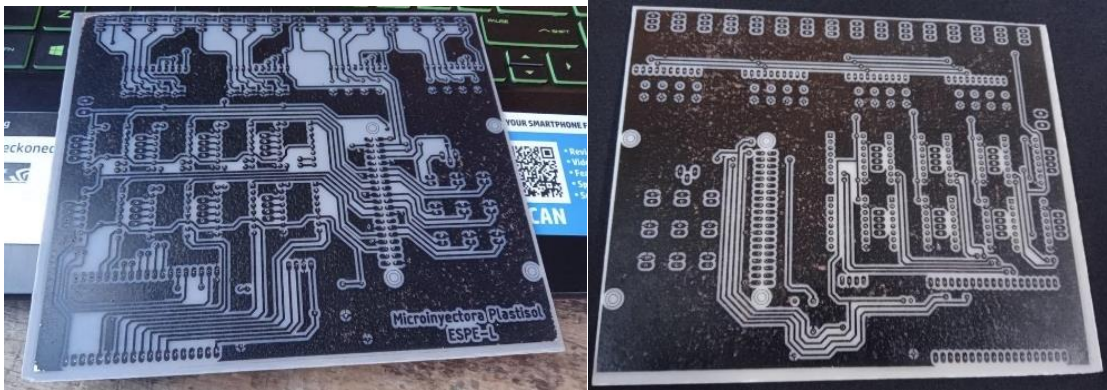
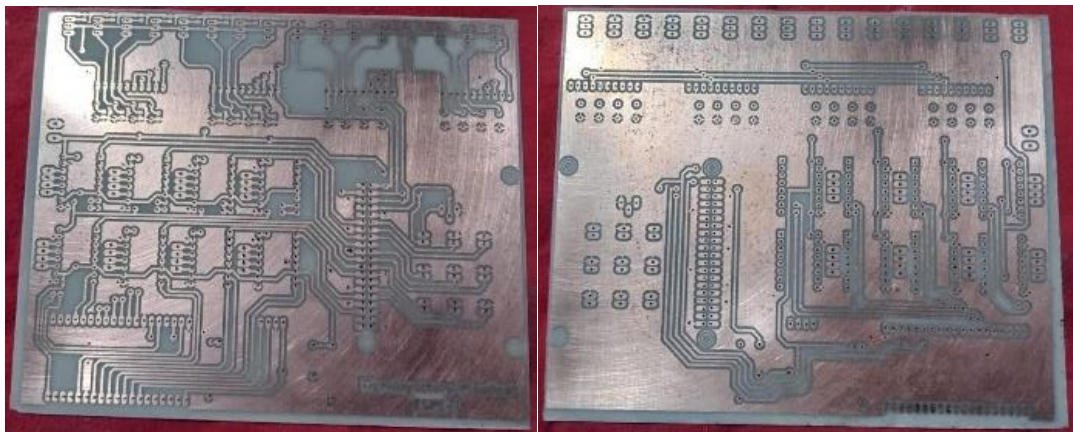
Figura 75*Diseño PCB de baquelita a doble*

Figura 76

Impresión por láser y planchado de la baquelita a doble cara

**Figura 77**

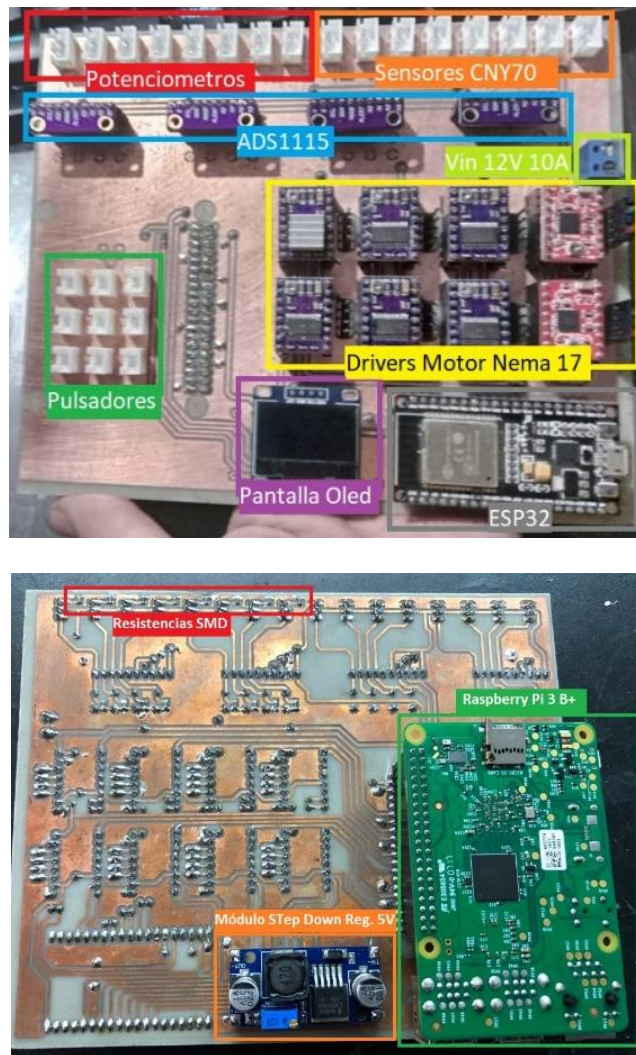
Baqelita corroída a doble cara



Como segundo paso se realiza las perforaciones de la baquelita, la ubicación correcta de los componentes y sockets para ADS1115, Raspberry Pi 3 B+, ESP32, Drivers DVR8825, potenciómetros, Sensores CNY70, pantalla oled, pulsadores y borneras de alimentación. Para la soldadura de utilizo estaño al 60%, estación de soldado con cautín especializado en soldadura SMD y aire caliente.

Figura 78

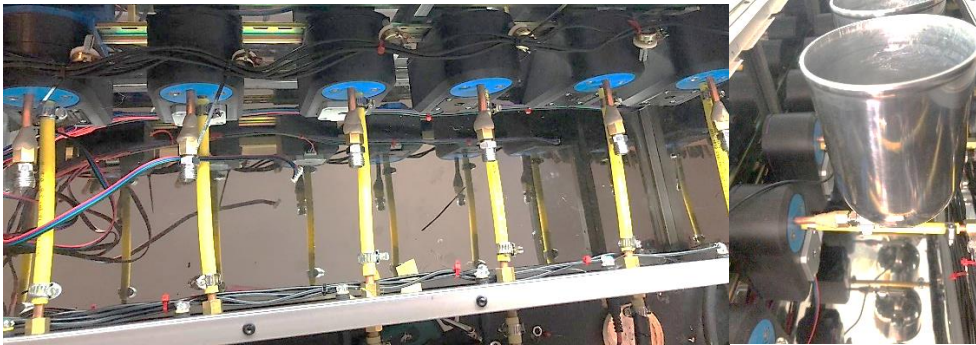
Ubicación de componente electrónicos en la PCB



Seguidamente se realiza la soldadura de los cables y conectores xh2.54 molex a los potenciómetros, sensores cny70, pulsadores, de igual manera, se realiza la conexión al Jack de poder con fusible para chasis, puerto ethernet RJ45, Switch On / Off con foco piloto, fuente de poder y selector, además se coloca los potenciómetros, sensores, Jacks de alimentación, selector y oled en la cara frontal del chasis para su posterior para su correcta distribución de cable al interior de la máquina.

Figura 79

Ensamblaje de sistema electromecánico



Por último, se colocan las tapas con los sensores CNY70, se cierra la tapa superior y se realizan las conexiones de las mangueras y pulsadores al chasis para culminar con la instalación y poder realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del microinyectado y el monitoreo remoto en el dashboard de Node-RED juntamente con la aplicación Telegram.

Figura 80

Ensamblaje terminado



Programación del sistema embebido

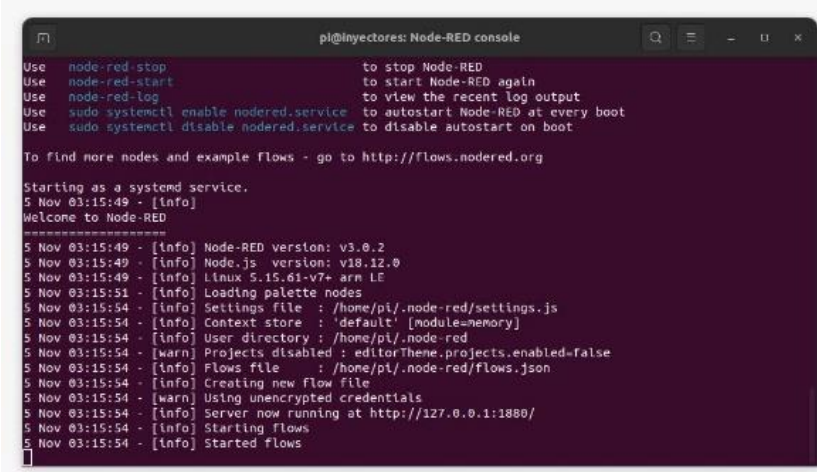
Para la programación del sistema embebido se realizó la instalación del sistema operativo Raspbian en la Raspberry Pi 3 B+, seguido de la instalación de Node-Red software que permite el control y la comunicación entre hardware, en este caso para lograr el monitoreo remoto a tiempo real.

Programación para Control y Monitoreo

El software Node-Red permite una programación visual por bloques de relaciones y funciones, mismos que ayudan a una programación más amigable con el usuario, para la programación del sistema embebido y previamente instalado el sistema operativo y Node-Red en la SD de la tarjeta Raspberry Pi 3 B+, se tiene dos pestañas: la primera de “Control y monitoreo” y la segunda de Comunicación por “Telegram”.

Figura 81

Node-RED Console en Raspbian



```

pi@inyectores: Node-RED console
Use node-red-stop to stop Node-RED
Use node-red-start to start Node-RED again
Use node-red-log to view the recent log output
Use sudo systemctl enable nodered.service to autostart Node-RED at every boot
Use sudo systemctl disable nodered.service to disable autostart on boot

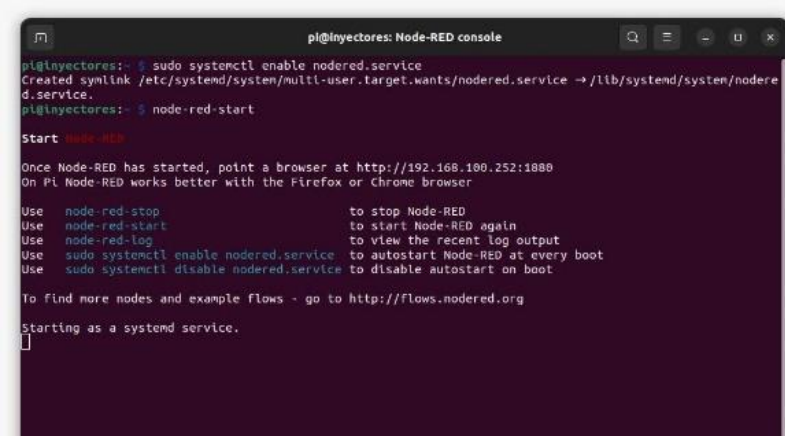
To find more nodes and example Flows - go to http://flows.nodered.org

Starting as a systemd service.
5 Nov 03:15:49 - [info] Welcome to Node-RED
=====
5 Nov 03:15:49 - [info] Node-RED version: v3.0.2
5 Nov 03:15:49 - [info] Node.js version: v18.12.0
5 Nov 03:15:49 - [info] Linux 5.15.61-v7+ arm LE
5 Nov 03:15:51 - [info] Loading palette nodes
5 Nov 03:15:54 - [info] Settings file : /home/pi/.node-red/settings.js
5 Nov 03:15:54 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
5 Nov 03:15:54 - [info] User directory : /home/pi/.node-red
5 Nov 03:15:54 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
5 Nov 03:15:54 - [info] Flows file : /home/pi/.node-red/flows.json
5 Nov 03:15:54 - [info] Creating new flow file
5 Nov 03:15:54 - [warn] Using unencrypted credentials
5 Nov 03:15:54 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
5 Nov 03:15:54 - [info] Starting flows
5 Nov 03:15:54 - [info] Started flows

```

Figura 82

Inicializando Node-RED en Raspbian



```

pi@inyectores:~$ sudo systemctl enable nodered.service
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/nodered.service → /lib/systemd/system/nodered.service.
pi@inyectores:~$ node-red-start

Start nodered.service

Once Node-RED has started, point a browser at http://192.168.100.252:1880
On Pi Node-RED works better with the Firefox or Chrome browser

Use node-red-stop to stop Node-RED
Use node-red-start to start Node-RED again
Use node-red-log to view the recent log output
Use sudo systemctl enable nodered.service to autostart Node-RED at every boot
Use sudo systemctl disable nodered.service to disable autostart on boot

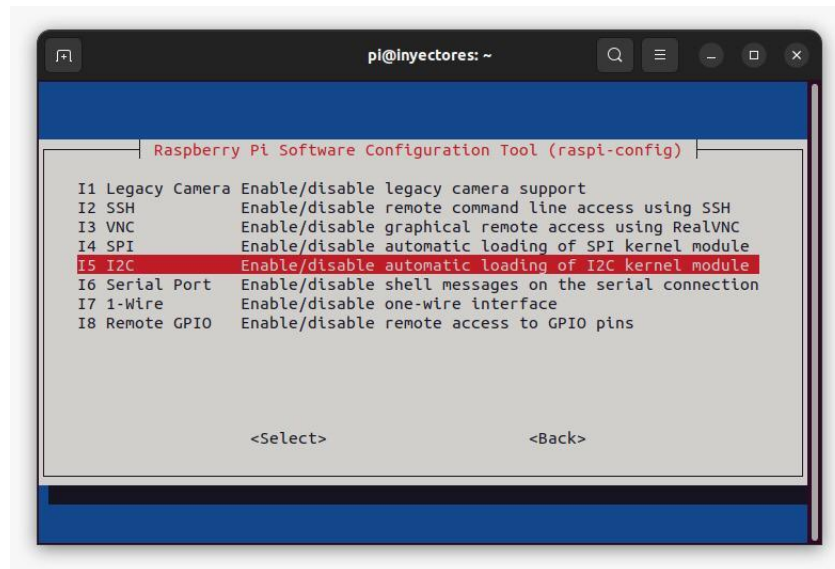
To find more nodes and example Flows - go to http://flows.nodered.org

Starting as a systemd service.

```

Figura 83

Herramienta de configuración I2C de Raspberry



Construcción de interfaz

La comunicación con la pantalla oled se realizó por protocolo I2C en conjunto con la tarjeta controladora ESP32, para lograr la visualización y monitoreo tanto presencial como remoto en el dashboard de Node-Red.

Figura 84

Control de caudal por potenciómetro.

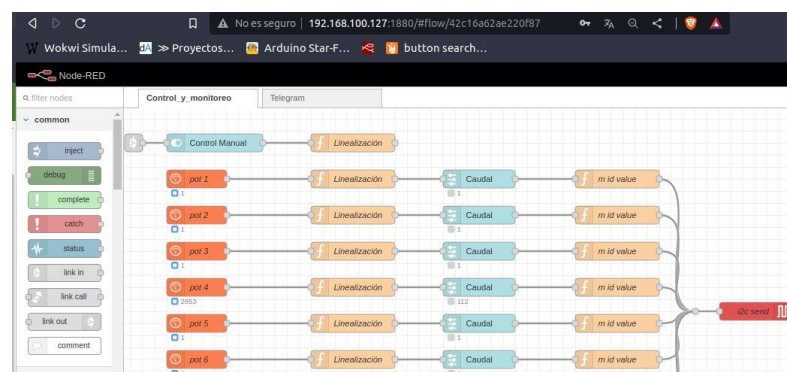


Figura 85

Monitoreo de nivel, linealización del sensor CNY70



Figura 86

Comunicación por Telegram

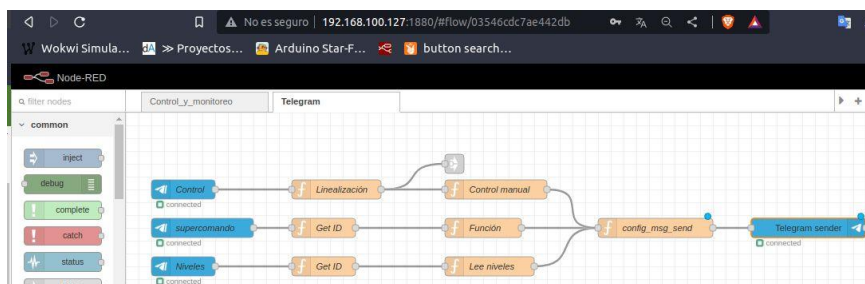
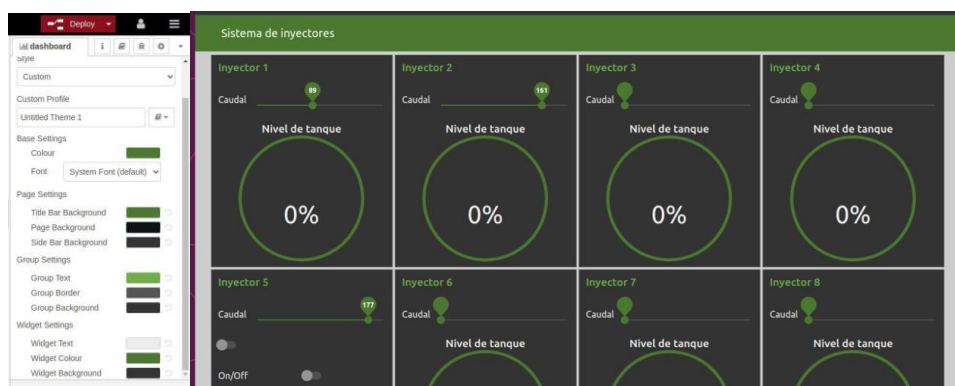


Figura 87

Configuración del Dashboard



Capítulo V

Pruebas y Resultados

Una vez completada la implementación de la máquina de microinyección de plastisol semiautomática junto a sus herramientas para control y monitoreo remoto, se emplean varias pruebas para verificar un correcto funcionamiento. Las pruebas para utilizarse son: evaluación experimental del correcto funcionamiento, evaluación de cumplimiento de requerimientos de usuarios del Almacén “Don Víctor”, validación de hipótesis conforme a pruebas de los diferentes sistemas y por último el resumen económico del proyecto detallado entre los subsistemas que intervienen en la máquina.

Evaluación experimental del correcto funcionamiento

Varios de los diferentes sistemas que conforman la máquina de microinyección serán evaluados por separado con el fin de verificar su funcionamiento en modalidad independiente pese a que su operación se da en simultaneo.

Pruebas del sistema de Bombeo

La función del sistema de bombeo es transportar plastisol disuelto desde el tanque hasta el lápiz que manipula el usuario para verter la materia prima en los moldes de los llaveros. Los elementos que intervienen son el motor paso a paso NEMA 17, bomba de aceite tipo gerotor, tubería de cobre, manguera de neopreno, acoples y al lápiz con punta de irrigación como dosificador final. Cabe recalcar que, las 18 pruebas se realizaron al azar a los 8 sistemas de bombeo.

Tabla 16

Pruebas del sistema de Bombeo

Elemento	N.º Pruebas	Cumple su función	% Acierto
Motor NEMA 17			
Encendido	18	Si	95%
Motor NEMA 17 Apagado	18	Si	100%
Bomba gerotor	18	Si	100%

Pruebas de Inyectores Control Manual

El control manual tiene la función de accionar los sistemas de bombeo en su dosificador final, regular la caudal salida del plastisol disuelto y permite seleccionar una bomba en específico conforme al color que requiera el proceso de producción. El accionamiento del motor se produce mediante un algoritmo conforme a entradas analógicas a la tarjeta Raspberry donde intervienen varios potenciómetros para regular la salida del fluido, selector de 8 posiciones, sensores CNY70 para nivel y pulsadores para el dosificador final.

Las pruebas se realizaron desde el encendido de la máquina, desplazamiento de los potenciómetros a fin de notar el control de velocidad, accionamiento de los selectores en posiciones al azar y los pulsadores en posición abierta o cerrada.

Tabla 17

Pruebas de Inyectores Control Manual.

Elemento	N.º Pruebas	Cumple su función	% Acierto
Interruptor Encendido	18	Si	100%
Interruptor Apagado	18	Si	100%
Potenciómetro Bajo	18	Si	80%
Potenciómetro Medio	18	Si	90%
Potenciómetro Alto	18	Si	100%
Selector 8 posiciones 2	9	Si	90%
Selector 8 posiciones 5	9	Si	100%
Selector 8 posiciones 8	9	Si	100%
Selector 8 posiciones 6	9	Si	100%
Pulsador cerrado	18	Si	100%
Pulsador abierto	18	Si	100%

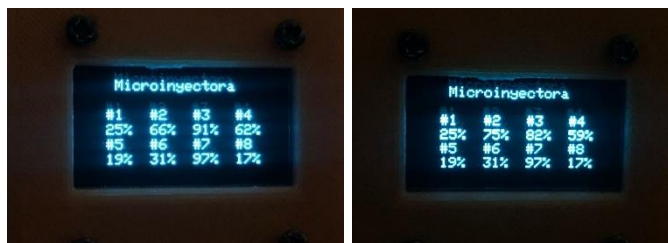
Pruebas Monitoreo de Nivel

El funcionamiento del Monitoreo del Nivel en la máquina de microinyección responde al sensor de nivel en cada depósito de plastisol. Se trata de una pantalla OLED que utiliza comunicación I2C para recibir las señales analógicas de todos los sistemas de bombeo. La

pequeña interfaz muestra el número de tanque y su porcentaje de materia prima disponible para monitoreo directo por parte del usuario.

Figura 88

Prueba de Monitoreo de Nivel



. Las pruebas se realizaron directamente recargando y utilizando plastisol disuelto en los sistemas de bombeo 2, 3 y 4.

Tabla 18

Prueba de Monitoreo de Nivel.

Elemento	N.º Pruebas	Cumple su función	% Acierto
Sensor CNY70 2 Inicial	9	Si	100%
Sensor CNY70 2 Llenado	9	Si	100%
Sensor CNY70 3 Inicial	9	Si	100%
Sensor CNY70 3 Vaciado	9	Si	100%
Sensor CNY70 4 Inicial	9	Si	100%
Sensor CNY70 4 Vaciado	9	Si	100%
Pantalla OLED Actual	9	Si	100%
Pantalla OLED Actualizado	9	Si	100%

Pruebas de Inyectores Control y Monitoreo Dashboard

La máquina de microinyección semiautomática mediante la tarjeta Raspberry envía y recibe datos para sensores y actuadores mediante la herramienta Node-Red que permite la interconexión de varios dispositivos a una red a partir de un servidor de acceso remoto. La funcionalidad de Control y Monitoreo mediante Dashboard permite otorgarle a la máquina una conexión remota para tener un mayor control de la materia prima y operatividad a requerir en el proceso de producción de llaveros de plastisol.

Figura 89*Dashboard Sistema de Inyectores*

Las variables monitoreadas son los niveles de los tanques a partir de los sensores CNY70 para nivel y en cuanto al control que se establece mediante Dashboard están: control de caudal, cambio de giro, encendido de los sistemas de bombeo y el cambio a control manual de la máquina.

Pruebas Monitoreo de Nivel por Mensajería

La máquina de microinyección cuenta con un segundo monitoreo que emplea una plataforma IoT mediante el servicio de mensajería instantánea Telegram. La funcionalidad previamente mencionada, otorga la función de enviar notificaciones del estado de la máquina de microinyección en caso de requerir recarga de los depósitos de plastisol.

Figura 90*Monitoreo de Nivel por Mensajería.*



Evaluación de cumplimiento de requerimientos

Se realizaron pruebas de funcionamiento a operadores del proceso de llaveros de plastisol del Almacén “Don Víctor”, quienes interactuaron con la máquina de micro inyectado de plastisol desde el accionamiento manual de dosificado y selección de color, hasta el control y monitoreo remoto mediante Node Red Dashboard junto a mensajería por Telegram. Culminando con la inducción y manipulación de la máquina por parte de los operadores, se realizaron 12 encuestas con el objeto de establecer una investigación descriptiva que permita analizar el cumplimiento de requerimientos con el usuario directo.

Figura 91

Interacción de Operarios con la máquina de microinyección



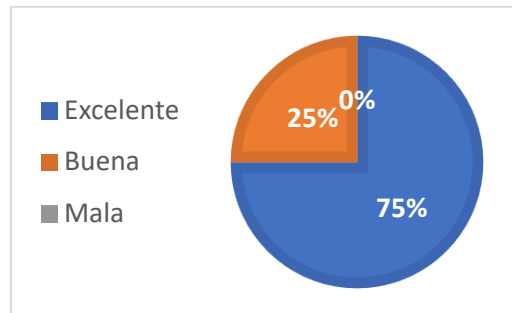
. Las respuestas de las preguntas de la encuesta se representan en porcentaje mediante gráficos circulares.

Pregunta 1:

¿Cómo califica usted la funcionalidad de la máquina de microinyección?

Figura 92

Respuestas pregunta 1



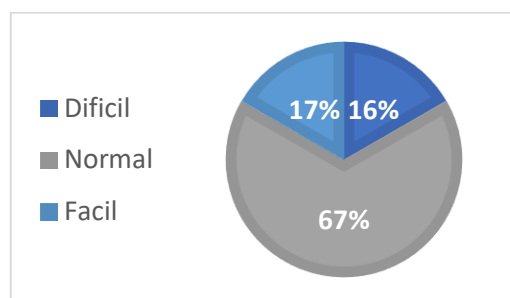
En el gráfico circular se puede visualizar las respuestas de 12 operarios de producción de llaveros de plastisol y empleados del Almacén “Don Víctor”, en donde el 75% de los mismos afirma que la funcionalidad de la máquina de microinyección es excelente y el 25% apunta a buena. Se concluye que la máquina obtuvo una elevada aprobación conforme a la funcionalidad de todo el sistema mecatrónico.

Pregunta 2:

¿Qué tan complicada fue la operación de la máquina de microinyección?

Figura 93

Respuestas pregunta 2.



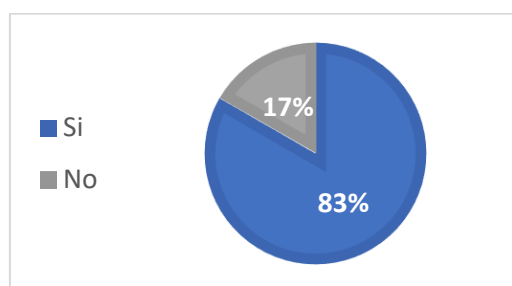
El gráfico circular permite visualizar el grado de dificultad que tuvieron los operarios y empleados del Almacén “Don Víctor” para operar la máquina de microinyección. Donde, el 67% corresponde a una dificultad normal, el 17% considera que el manejo del equipo fue

fácil y el 16% responde a una operación difícil. Se obtiene que, la mayoría del personal no manifestó dificultad de operación de la máquina de microinyección al momento de utilizarla.

Pregunta 3: ¿Considera usted que la máquina de microinyección acelera la producción de llaveros de plastisol?

Figura 94

Respuestas pregunta 3.

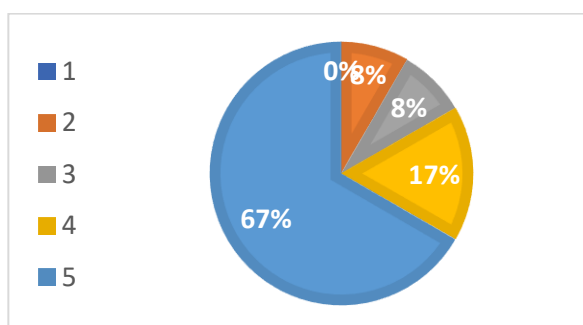


La gráfica circular indica un 83% de optimización del proceso de producción de llaveros de plastisol, frente a un 17% que no consideran una mejora significativa contra el proceso manual. Se verifica que, al tratarse de una máquina semiautomática brinda confort al operador, mas no hay una aceleración significativa en cuanto a tiempos de producción.

Pregunta 4: En la escala del 1 al 5, siendo 5 alto y 1 bajo. ¿Qué calificación de la al diseño de la máquina de microinyección?

Figura 95

Respuestas pregunta 4

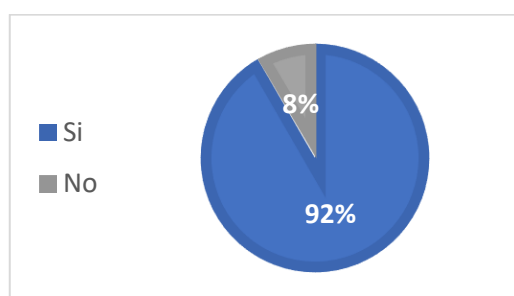


La gráfica circular muestra un 67% con calificación alta 5, 17% con calificación 4, 8% con calificación 3 y 8% con calificación 2. Conforme a los datos tabulados, se asume que el 84% corresponde a una calificación alta por parte de los usuarios para con el diseño de la máquina de microinyección de plastisol.

Pregunta 5: ¿Considera usted que la máquina de microinyección tiene facilidad de transporte?

Figura 96

Respuestas pregunta 5

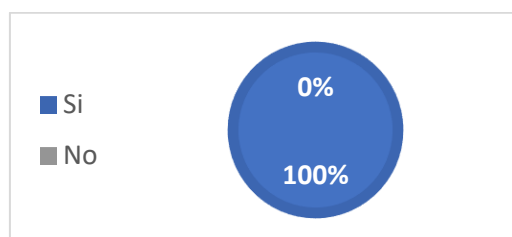


Según la gráfica circular se puede visualizar que el 92% de encuestados afirman que la máquina de microinyección es fácil de transportar, y el 8% considera que no. Debido a que el Almacén “Don Víctor” ofrece varios servicios y sus instalaciones son utilizadas para otros procesos aparte de la producción de llaveros de plastisol, el apartado de transportabilidad es necesario conforme al layout del taller en varias épocas de año.

Pregunta 6: Al operar la máquina de microinyección. ¿Puede identificar el nivel de plastisol en los tanques de la máquina de microinyección?

Figura 97

Respuestas pregunta 6.

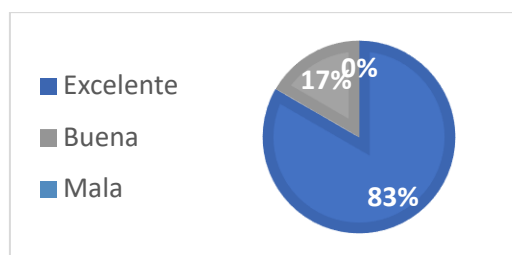


En la gráfica circular se muestra una 100% de reconocimiento del nivel de plastisol en los tanques de la máquina de microinyección, permitiendo cumplir con el apartado de monitoreo local en cuanto a control manual de la máquina.

Pregunta 7: ¿Como califica usted a la interfaz Dashboard para control y monitoreo de la máquina de microinyección?

Figura 98

Respuestas pregunta 7.

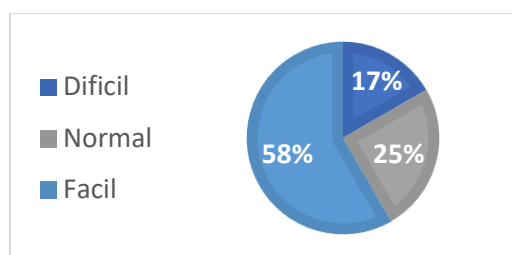


La gráfica circular muestra que el 83% de los encuestados consideran como excelente a la aplicación Dashboard frente a un 17% que la toman como buena, por lo tanto, no existen respuestas negativas sobre la aplicación Dashboard para control y monitoreo de la máquina de microinyección. Se asume que el monitoreo remoto se muestra como una interfaz amigable con el usuario.

Pregunta 8: ¿Que tan complicado fue utilizar la aplicación Dashboard para control y monitoreo de la máquina de microinyección?

Figura 99

Respuestas pregunta 8.



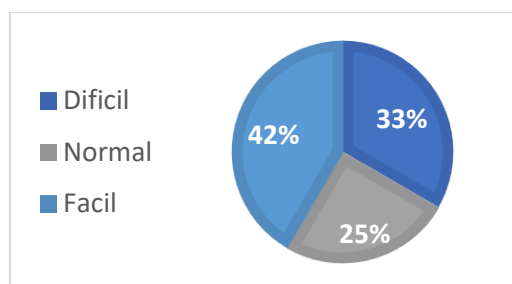
En la gráfica circular se muestra el grado de dificultad para utilizar el monitoreo remoto, donde el 58% lo considera de fácil manipulación, 25% responde a dificultad normal

y un 17% considera difícil el uso de la aplicación Dashboard. Teniendo en cuenta al 83% que no considera difícil el uso de la aplicación Dashboard, permite demostrar la facilidad de uso del control y monitoreo remoto.

Pregunta 9: ¿Que tan complicado fue utilizar el monitoreo mediante la mensajería de Telegram?

Figura 100

Respuestas pregunta 9.

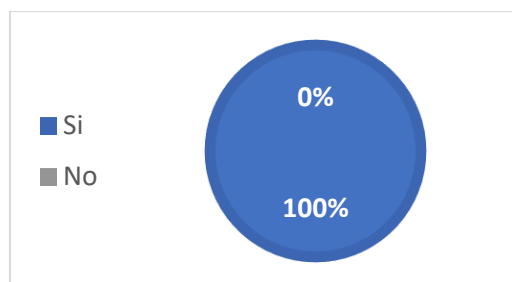


Según los valores tabulados de la gráfica circular, un 42% considera fácil el uso del monitoreo remoto mediante mensajería, el 25% responde a un uso normal y un 33% considera difícil el uso de este tipo de monitoreo. En este caso, la aceptación se ve mermada debido al uso de comandos para poder interactuar con la máquina de microinyección a lo que no todos los usuarios se ven familiarizados con esta funcionalidad.

Pregunta 10: ¿Considera usted que la máquina de microinyección mejora la producción de llaveros de plastisol?

Figura 101

Respuestas pregunta 10.

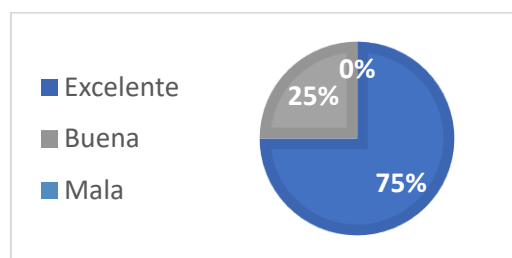


En la gráfica circular, el 100% de los usuarios consideran que la máquina de microinyección mejora el proceso de producción de llaveros de plastisol ya que la maniobrabilidad de los utensilios usados en el proceso manual requiere de habilidad por parte del operario y existe una gran cantidad de desperdicio de material.

Pregunta 11: ¿Como fue su experiencia de operación al utilizar la máquina de microinyección?

Figura 102

Respuestas pregunta 11.



Conforme a la gráfica, se visualiza que el 75% considera que su experiencia fue excelente y el 25% de los encuestados responden a una buena experiencia. En cuanto a la última experiencia, no surgieron malos resultados al momento de interactuar con la máquina de microinyección por parte de los usuarios.

Pregunta 12: ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar la máquina de microinyección?

Los encuestados proporcionaron muy pocas sugerencias y la más destacable fue la identificación de los sistemas de bombeo, en respuesta a este pedido se colocaron etiquetas en los reguladores de caudal y salidas de los sistemas de bombeo para identificar por número y color de plastisol.

Una vez analizadas las encuestas, sus resultados se interpretan de manera favorable conforme a los requerimientos de usabilidad y expectativas del diseño del concepto. Se logra que usuarios experimentados y novatos puedan interactuar con la máquina de microinyección mediante: control y monitoreo manual, control y monitoreo remoto mediante IoT, transporte de la máquina y mejoras de usabilidad contrario al proceso

de producción tradicional de elaboración de llaveros de plastisol. Uno de los resultados de las mejoras obtenidas, es la disminución considerable de materia prima desperdiciada en el proceso manual.

Figura 103

Resultado de Máquina de Microinyección Semiautomática.



Nota. Dosificación de Plastisol mediante la Máquina de Microinyección Semiautomática.

Figura 104

Plastisol desperdiciado mediante el Proceso Tradicional.



Validación de la Hipótesis.

Para comprobar que el presente proyecto posee resultados favorables, es necesario validar la hipótesis mediante la herramienta estadística Chi-cuadrado. Partiendo de la hipótesis establecida al inicio del proyecto, es: ¿El diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática permitirá la elaboración de llaveros en base plastisol a 8 colores y monitoreo remoto?

Planteamiento de la Hipótesis

Hipótesis Nula, Ho: El diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática no permitirá la elaboración de llaveros en base plastisol a 8 colores y monitoreo remoto.

Hipótesis Alternativa, Ha: El diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática permitirá la elaboración de llaveros en base plastisol a 8 colores y monitoreo remoto. Para validar la hipótesis se realizaron varias pruebas de funcionamiento a la máquina de microinyección de plastisol, a continuación, se detallan en la tabla 19

Tabla 19*Pruebas de Funcionamiento.*

Elemento	Ítem	Sistema	Funcional	No Funcional	N.º Pruebas
Máquina de microinyección	1	Bombeo de Plastisol	18	0	18
	2	Inyectores Control Manual	18	0	18
	3	Monitoreo de Nivel	17	1	18
Herramientas y Plataformas IoT	4	Inyectores Control y Monitoreo Dashboard	15	3	18
	5	Monitoreo de Nivel por Mensajería	13	5	18
Total			81	9	90

Se requiere del cálculo de la frecuencia esperada para utilizar la validación de hipótesis mediante el método estadístico Chi-Cuadrado bondad de ajuste, utilizando la siguiente ecuación:

$$e = \frac{T_i * T_j}{N}$$

Donde:

T_i : Número de Pruebas

T_j : Total, Funcional o No Funcional

N : Total, de Pruebas

Se procede a calcular la frecuencia esperada funcional, y se tiene:

$$e_f = \frac{18 * 81}{90} = 16,2$$

También se obtiene la frecuencia esperada no funcional:

$$e_{nf} = \frac{18 * 9}{90} = 1,8$$

Para determinar el valor de Chi-Cuadrado, se utiliza la siguiente ecuación:

$$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde:

X^2 : Valor Chi-Cuadrado

o_i : frecuencia Absoluta

e_i : frecuencia Esperada

Se realizan las operaciones necesarias mediante el detalle de la tabla 20 para determinar el valor de Chi-Cuadrado.

Tabla 20

Cálculo del Valor Chi-Cuadrado.

Datos	o_i	e_i	$(o_i - e_i)$	$(o_i - e_i)^2$	$\frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$
Funcional 1	18	16,2	1,8	3,24	0,2000
Funcional 2	18	16,2	1,8	3,24	0,2000
Funcional 3	17	16,2	0,8	0,64	0,0395
Funcional 4	15	16,2	-1,2	1,44	0,0889
Funcional 5	13	16,2	-3,2	10,24	0,6321
No Funcional 1	0	1,8	-1,8	3,24	1,8
No Funcional 2	0	1,8	-1,8	3,24	1,8
No Funcional 3	1	1,8	-0,8	0,64	0,4
No Funcional 4	3	1,8	1,2	1,44	0,8000
No Funcional 5	5	1,8	3,2	10,24	5,6889
				Total	11,6049

Aparte del valor Chi-cuadrado, se requiere determinar de los grados de libertad para asociar dicho valor con su tabla de distribución.

$$v = (r - 1)(c - 1)$$

Donde:

v : Grados de libertad

r : Número de Filas

c : Número de Columnas

$$v = (5 - 1)(2 - 1)$$

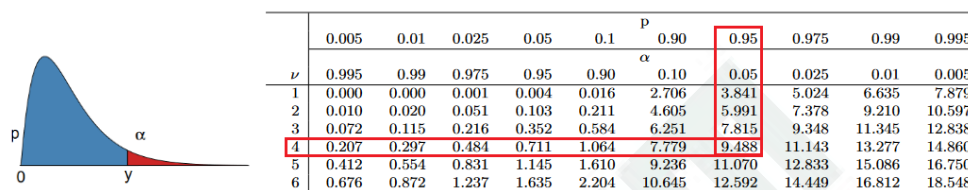
$$v = 4 * 1$$

$$v = 4$$

Suponiendo una probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el Chi-Cuadrado tabulado, la cual será de 0,95 del valor "p" que se trata de una confianza del 95%.

Figura 105

Valores Críticos de la distribución Chi-Cuadrado.



Nota. Tomado de (Barrios Zamudio, García Pérez, & Villazón, 2016)

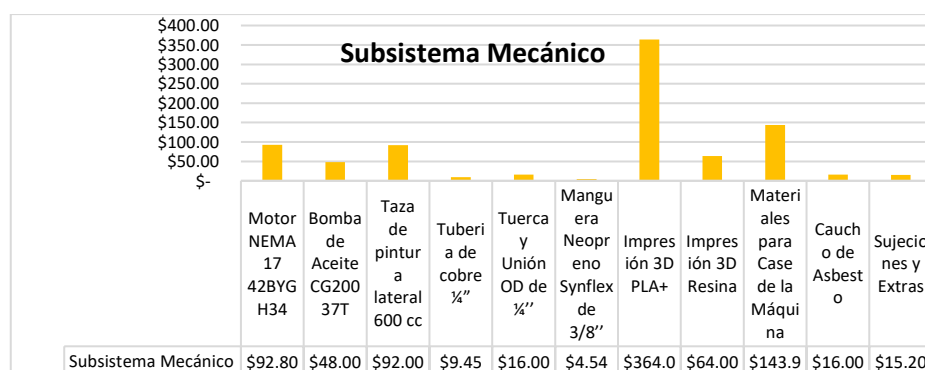
Al 95% de confianza se obtiene un valor tabulado crítico de 9,488 frente al valor calculado de 11,6049, es decir $X^2 > X^2_{(0,95; 4)}$ que resulta en el rechazo de la Hipótesis Nula (H_0). Mediante el análisis de funcionalidad de las pruebas realizadas, se afirma que el diseño, construcción e implementación de una máquina de microinyección de plastisol semiautomática permite la elaboración de llaveros en base plastisol a 8 colores y se da por aprobada la Hipótesis Alternativa.

Resumen Económico del Proyecto.

La inversión total de este proyecto se requiere para presupuestar la elaboración de varias estaciones a fin de cubrir pedidos de mayor volumen y en cierto grado optimizar el proceso de microinyección de plastisol en llaveros. Por lo tanto, se realiza un detalle de la inversión de cada subsistema y definir un precio total de la máquina.

Figura 106

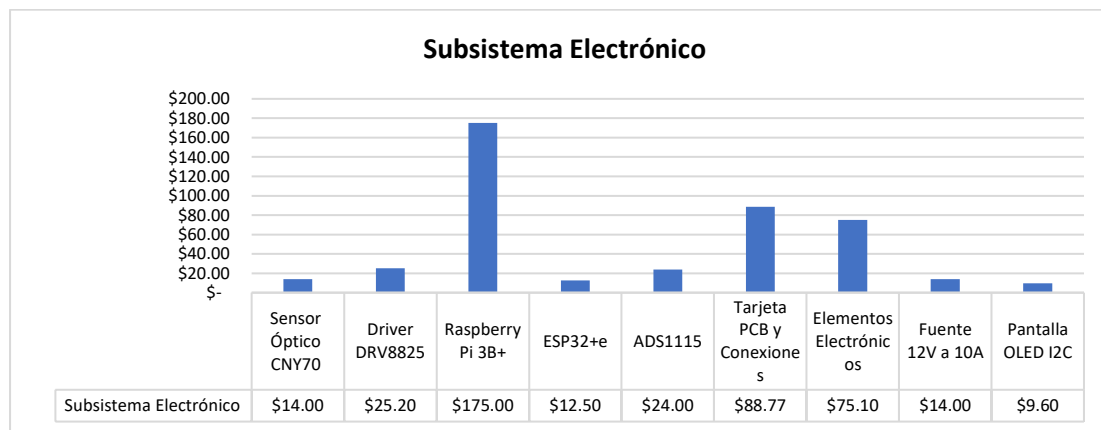
Detalle de costos del Subsistema Mecánico.



El gasto más relevante en la elaboración del subsistema mecánico recae en la impresión 3D con un costo de \$364,00 para los elementos del Sistema de Bombeo y perillas de la máquina de microinyección. El desarrollo total del subsistema mecánico tiene un costo de \$865,96.

Figura 107

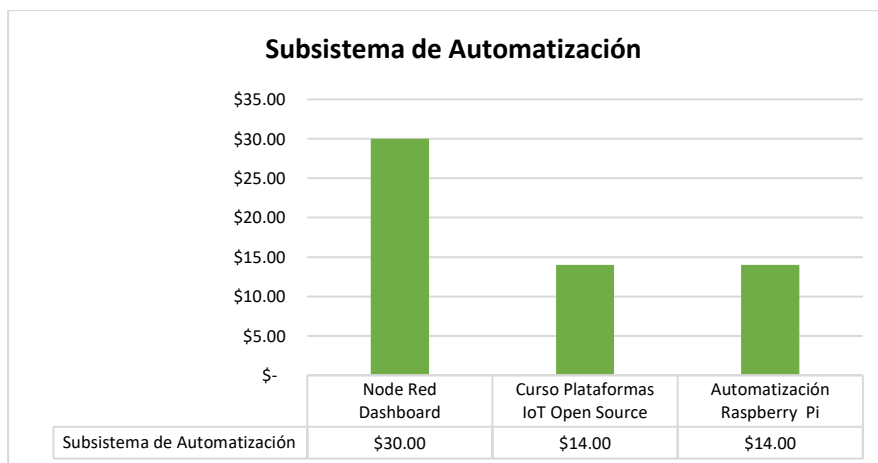
Detalle de costos del Subsistema Electrónico



En cuanto al subsistema Electrónico tiene un costo total de \$438,17, donde el elemento de mayor precio es la tarjeta Raspberry Pi 3B+ de \$175,00 siendo a su vez el de mayor relevancia, para soporte del Subsistema de Automatización de la máquina de microinyección.

Figura 108

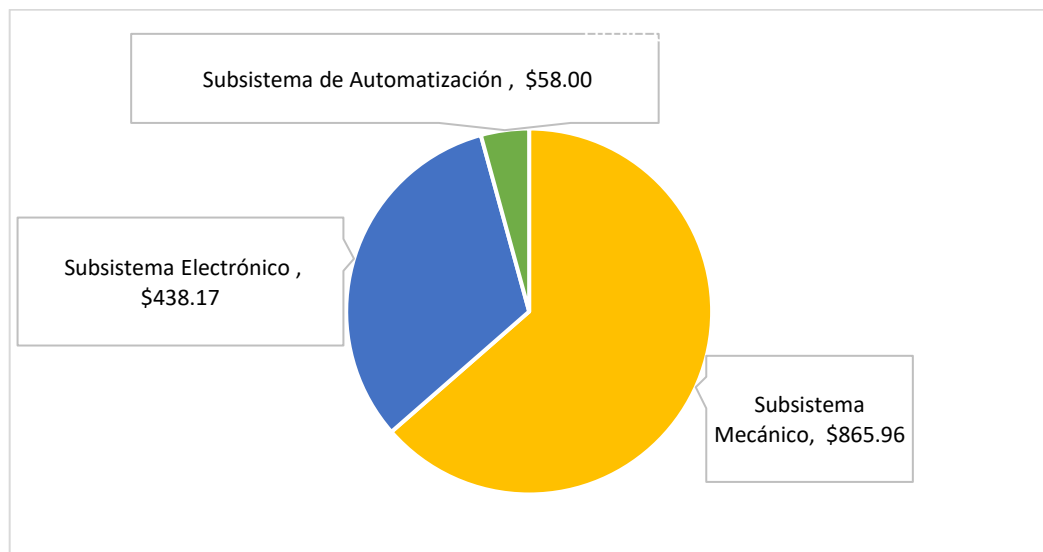
Detalle de costos del Subsistema de Automatización.



El costo del subsistema de Automatización tiene un precio de \$58,00 invertidos para el aprendizaje de Herramientas IoT requeridas por el proyecto, cuyo valor más relevante recae en el curso de Node-Red Dashboard para implementación de Control y monitoreo de la máquina de microinyección de plastisol.

Figura 109

Detalle de costos del Proyecto



Para finalizar, se muestra un detalle de precios de cada subsistema que permiten obtener el valor total del proyecto, el mismo que tiene un costo de \$1362,13.

Costos

En la tabla siguiente se detalla el valor total del diseño, construcción e implementación de la máquina de microinyección de plastisol semiautomática con selector de 8 colores y monitoreo remoto por la plataforma de mensajería Telegram para la línea de producción de llaveros de la empresa "Almacén Don Víctor", dicho valor será sumido en su totalidad por la mencionada empresa, de acuerdo con la carta de conformidad.

Tabla 21*Costos de fabricación*

Cantidad	Detalle	Valor Unitario	V. Total
1	Raspberry Pi 3 B+ 2017	\$	\$
		175,00	175,00
1	Adaptador 110v a 5V DC	\$	\$
		5,00	5,00
1	ESP32+e	\$	\$
		12,50	12,50
8	Sensor CNY70	\$	\$
		1,75	14,00
1	Pantalla Oled I2C+e	\$	\$
		9,60	9,60
1	Terminales conectores xh2,54	\$	\$
		11,50	11,50
8	Capacitores	\$	\$
		0,30	2,40
8	Resistencias	\$	\$
		0,20	1,60
1	Selector 8 Posiciones	\$	\$
		13,00	13,00
1	Modulo Step Down	\$	\$
		5,00	5,00
1	Fan 12V 80mm	\$	\$
		5,00	5,00
2	Fans 12v 40x40x10	\$	\$
		3,00	6,00
1	Baquelita doble lado 20x30	\$	\$
		8,50	8,50
1	Bornera Doble	\$	\$
		0,60	0,60
4	ADS1115	\$	\$
		7,00	28,00
8	Potenciómetros 1K	\$	\$
		0,75	6,00
8	Plug Macho	\$	\$
		0,30	2,40
8	Plug Hembra Chasis	\$	\$
		0,30	2,40
8	Pulsadores	\$	\$
		0,45	3,60
1	JACK CHASIS PODER AC C/PORTAFUSIBLE	\$	\$
		0,89	0,89
1	FUSIBLE 5X20 VIDRIO 10A	\$	\$
		0,45	0,45

Cantidad	Detalle	Valor Unitario	V. Total
1	Terminal Ethernet Chasis	\$	\$
		7,00	7,00
1	Fuente DC 12V 10A	\$	\$
		14,00	14,00
8	Motores Nema 17 12V 0.4A	\$	\$
		11,60	92,80
8	Driver drv8825	\$	\$
		3,15	25,20
1	riel de acero DIN 1MT	\$	\$
		2,60	2,60
1	Pl. Acero Inoxidable Brillante 430 0.40	\$	\$
		30,87	30,87
2	Tubo Mecánico 1/2 *1/2*0.9	\$	\$
		3,50	7,00
1	Corte tubo	\$	\$
		1,50	1,50
2	Angulo Aluminio 1/2 x 6m	\$	\$
		4,50	9,00
1	200 remaches	\$	\$
		2,00	2,00
1	Par de Manijas Metal Pulido	\$	\$
		3,00	3,00
8	Empaques de Asbesto	\$	\$
		2,00	16,00
8	Bomba de engranajes	\$	\$
		6,00	48,00
8	Vasos Metálicos 600cc	\$	\$
		11,50	92,00
16	Tornillo Inox 6x40 + Tuerca	\$	\$
		0,45	7,20
56	Tornillos Inox Milimétricos 3x25	\$	\$
		0,15	8,40
3	Tubo Cobre 1/4 inch OD x NaCobre 1/4R	\$	\$
		3,00	9,00
8	Resortes	\$	\$
		1,00	8,00
4	Rollo PLA+ 1,75	\$	\$
		25,00	100,00
8	Rodamiento2	\$	\$
		2,00	16,00
1	Espiral Cobre cables x 10m	\$	\$
		15,00	15,00
20	B-62 1/4 UNION	\$	\$
		0,80	16,00
8	Manguera Vinyl 3/16 Multiusos USA	\$	\$
		1,70	13,60

Cantidad	Detalle	Valor Unitario	V. Total
2	MANGUERA PLASTICA 3/8 SYNDFLEX	\$	\$
		2,27	4,54
8	Impresión en resina lápices Resina con Pulsador	\$	\$
		8,00	64,00
8	Puntas De Irrigación Para Canales Endodoncia Odontología	\$	\$
		0,50	4,00
1	Cable de poder 110V	\$	\$
		6,00	6,00
24	Cable eléctrico de calibre 20, 3 conductores	\$	\$
		1,00	24,00
1	Servicio de impresión 3D	\$	\$
		364,00	364,00
1	Servicio de alquiler de soldadura	\$	\$
		20,00	20,00
1	Estaño	\$	\$
		5,00	5,00
Total		\$	\$1.362,13

Nota. Detalle de costos de fabricación de la máquina de inyección de plastisol.

Costos de fabricación

La máquina de inyección de plastisol; realizada en base a este trabajo de investigación, tiene un costo total de 1362,13 dólares americanos, mismos que están desglosados en la tabla 21. Así, se nota la reducción del costo en comparación con máquinas similares encontradas en el mercado internacional, mismas que rondan entre los 8500 dólares americanos en el país de origen, en este caso China; con estos datos, se calcula un 84,95% de ahorro aproximadamente, exceptuando costos de impuestos, importación y

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se ha investigado los principios de funcionamiento para los sistemas de bombeo que desplazan fluidos de viscosidad moderada aplicado a la inyección de plastisol disuelto, dicho material es la materia prima del proceso de producción de llaveros en la empresa Almacén “Don Víctor”. Conjunto al sistema de bombeo, la investigación se complementa con el uso de elementos de transporte con elevada resistencia a la corrosión por agentes químicos, además de la lógica de control que comandará el sistema embebido que permite operar con cualquiera de los 8 dosificadores finales.
- Entre los componentes comerciales requeridos para el bombeo de plastisol disuelto se han identificado: Tubo mecánico cuadrado de ½”, Plancha Acero Inoxidable y sujeciones para la estructura que en este caso se trata de una caja transportable; tubería de cobre de ¼”, manguera de neopreno de 3/8”, tuerca y unión OD de ¼”, depósito de 600 cc y abrazaderas en cuanto a los requerimientos del subsistema mecánico; Raspberry Pi, módulos, drivers, sensores y demás elementos electrónicos para control semiautomático de la máquina. Por último, la etapa de monitoreo cuenta con una pantalla OLED provista en la máquina de microinyección y herramientas IoT para acceso remoto mediante PC o aplicativo móvil.
- Se ha diseñado un algoritmo para el control de caudal que consiste en el control de velocidad de los motores paso a paso mediante la manipulación de potenciómetros para modo manual y sliders en modo remoto, retracción del fluido mediante inversión de giro en modo remoto, dosificado de material mediante pulsadores y monitoreo de porcentajes de nivel de plastisol disuelto en cada depósito mediante el reacondicionamiento de sensores CNY70 para visualización directa y en modo remoto. Cabe recalcar que el funcionamiento de los modos manual y remoto son

independientes ya que el control y monitoreo remoto se activa desde la interfaz Dashboard.

- El análisis de esfuerzos combinados se descarta en la elaboración de los engranajes para el sistema de bombeo debido a que se requiere de pruebas de laboratorio para determinar su resistencia a los esfuerzos variables por flexión y resistencia superficial debido a que se trata de elementos impresos en 3D. Lo que se determina son sus parámetros geométricos y relación de transmisión que va del motor hacia la bomba tipo gerotor, mediante un tren de engranajes con rueda loca que no va a estar expuesto a cargas elevadas ni altas velocidades.
- Se han seleccionado los elementos electrónicos necesarios para el proyecto para poder elaborar la placa PCB que contenga: módulos ADC, controladores de motor paso a paso, ESP32 para ampliación de puertos, entradas para los sensores de Nivel, salidas para motores, elementos para conectividad, conectores, comunicación I2C, energizado y protección de circuito que forman parte se ubican dentro de un case con su debida ventilación. Debido a la cantidad de elementos, la placa fue dimensionada a doble capa con sus debidos anchos de pista conforme al consumo de corriente que el componente lo requiera donde 1,45 mm es el ancho para la etapa de potencia y 0,38 mm es el ancho para el apartado de control.
- El subsistema de automatización se ha programado en las diferentes instancias del sistema embebido para accionamiento manual para interacción directa del operador, remoto para operación indirecta mediante interfaz Dashboard y reporte mediante notificaciones en caso de requerir recarga de los depósitos de plastisol.
- Se ha ubicado los subsistemas dentro de la estructura metálica con el fin de obtener un funcionamiento idóneo sin necesidad de aislarlos entre sí, para evitar que posibles fallos o requerimientos de mantenimiento puedan atentar contra la integridad de cualquiera de los componentes de la máquina de microinyección. Se detalla que: el embebido se encuentra en la parte superior anclada a la estructura

metálica, la fuente de alimentación junto al case del embebido mas no obstruyendo su ventilación y los 8 sistemas de bombeo suspendidos en un riel DIN con sus tomas de salida a los dosificadores finales.

- Se ha implementado la máquina de microinyección de plastisol semiautomática en el proceso de producción de llaveros del Almacén “Don Víctor” y se realizaron las evaluaciones del correcto funcionamiento para determinar la operatividad entre subsistemas. Posteriormente se realizaron las evaluaciones de cumplimiento de requerimientos mediante encuestas a operadores y empleados, quienes utilizaron la máquina y cuyas respuestas en gran mayoría fueron satisfactorias conforme a la mejora del proceso de producción en cuanto a dosificado y operatividad sin requerimiento de habilidades

Recomendaciones

- Se recomienda encapsular correctamente el sensor de nivel, ya que, los fluidos utilizados para el solvente y plastisol liberan gases que pueden ser ligeramente corrosivos con el paso del tiempo.
- Para mejorar el diseño se debe incluir un sistema fácil extracción y colocación del vaso de la bomba de almacenamiento, debido a que, este elemento estará sujeto a cambio de fluido constantemente.
- Aunque la máquina está diseñada para funcionar con 8 colores, esto no abarca en su totalidad la gama de colores usados en esta industria, por lo que la limpieza del vaso de la bomba es un factor importante, por lo que, se recomienda que el material de construcción de dicho elemento sea acero inoxidable a fin de que una vez terminada la labor el operador consiga limpiar fácilmente esta unidad.
- Para iniciar el proceso de llenado de moldes se recomienda eliminar las posibles burbujas de aire formadas dentro de plastisol antes del proceso de microinyección, para evitar fallos en el resultado final del llavero.

Bibliografía

Andrade Guevara, R. E. (2022). *Sistema autónomo de control y supervisión de condiciones nutricionales del agua mediante una red de sensores y algoritmos de aprendizaje supervisado para el riego en cultivo de espinaca bajo condiciones de hidroponía NFT vertical* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Del Norte]. Repositorio digital Universidad Técnica Del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12233>

Armijo, F. (2020). Los polímeros: continentes y contenidos de las aguas. *Bol Soc Esp Hidrol Méd*, 35(2), 97-126. https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Armijo-2/publication/353841741_Los_polimeros_continentes_y_contenidos_de_las_aguas/links/6114f9cc1e95fe241ac6a083/Los-polimeros-continentes-y-contenidos-de-las-aguas.pdf

Asanza, V. (2023, 5 de febrero). *Especificaciones del módulo ESP32*. Vasanza Blogspot. <https://vasanza.blogspot.com/2021/07/especificaciones-del-modulo-esp32.html>

Association connecting electronics industries IPC – 2221A (2003). *Generic Standard on Printed Board Design*. [http://www-eng.lbl.gov/~shuman/NEXT/CURRENT_DESIGN/TP/MATERIALS/IPC-2221A\(L\).pdf](http://www-eng.lbl.gov/~shuman/NEXT/CURRENT_DESIGN/TP/MATERIALS/IPC-2221A(L).pdf)

AVElectronics. (2022, 22 de mayo). Convertidor Análogo Digital ADS1115 4-Canales 16-bit. AVElectronics. <https://avelectronics.cc/producto/convertidor-analogo-digital-ads1115-4-canales-16-bit/>

Ayala Baño, P. E. (2022). *Dispositivo electrónico interactivo para rehabilitación de pacientes con Síndrome de Túnel Carpiano en el centro fisioterapéutico San Juan Bautista del cantón Mocha* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34860>

Barrios Zamudio, E. García Pérez, J. A. Matuk Villazón, J. (2016). *Tablas de Probabilidades*. Departamento Académico de Estadística Instituto Tecnológico Autónomo de México. <https://docplayer.es/41768810-Tablas-de-probabilidades.html>

Bartsch, W. (2020) *Alrededor del torno*. Reverte. <https://books.google.com.ec/books?id=RBpbPrcvKLoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Bartsch, W. (2021). *Herramientas máquina trabajo*. Reverte.

https://books.google.com.ec/books/about/Herramientas_m%C3%A1quinas_trabajo.html?id=D-0FEAAAQBAJ&redir_esc=y

Basa Benavides, M. N., & Jaime Ariza, S. C. (2020). *Propuesta para la mejora de propiedades antideslizantes de la suela del calzado de seguridad para la empresa Croydon Colombia SA* [Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América]. Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América.

<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8119>

Baso A., Garcia P. M., López A., Rozemberg R. (2021). Hacia una nueva estrategia de abastecimiento regional sostenible en América Latina en la era post-COVID. *Integración y Comercio*, (47), 25-26. <https://publications.iadb.org/es/revista-integracion-comercio-ano-25-no-47-diciembre-2021-comercio-e-integracion-en-el-mundo-post>

Beltrán, I., & Fernando, J. (2022). *Prototipo selector de café empleando el sensor CNY70 para identificar frutos verdes*. *Repositorio UAN* [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6082>

Bertoleti, P. (2019). *Proyectos com ESP32 y LoRa*. Editora NCB. [https://books.google.com.ec/books/about/Proyectos_com_ESP32_y_LoRa.html?id=Doi0DwAAQBAJ&redir_esc=y#:~:text=Internet%20de%20las%20cosas%20\(IoT,para%20nuevos%20productos%20y%20servicios.](https://books.google.com.ec/books/about/Proyectos_com_ESP32_y_LoRa.html?id=Doi0DwAAQBAJ&redir_esc=y#:~:text=Internet%20de%20las%20cosas%20(IoT,para%20nuevos%20productos%20y%20servicios.)

Billmeyer, F. W. (2020). *Ciencia de los polímeros*. Reverté. <https://books.google.com.ec/books?id=Fe0FEAAAQBAJ&hl=es>

Buey, D. P. (2019). Era una historia plástica. *La Lupa. Colección fueguina de divulgación científica*, (15), 8-8.

<https://www.coleccionlalupa.com.ar/index.php/lalupa/article/view/104/244>

Caly Gomez, G. A., & Gil Ruiz, A. (2017). *Implementación de máquina CNC para el laboratorio de mecatrónica Institución Universitaria Pascual Bravo* [Tesis de pregrado, Institución Universitaria Pascual Bravo]. Repositorio Institucional.

<http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/handle/pascualbravo/705>

Campos, C. R., & Pavan, A. (2021). Reflexiones sobre libros paradidácticos de Estadística para la escuela básica: un análisis documental y bibliográfico. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 106, 73-82. <http://funes.uniandes.edu.co/23584/>

Carlisle Plastics Company (2021). *Una Breve Historia Sobre el Pvc Plástico*. Carlisle Plásticos Company, Inc. <https://www.carlisleplastics.com/a-short-history-of-plastic-pvc/>

Caro, R. V. (2018). Buques portacontenedores y el fenómeno containerization. *Revista general de marina*, 274(3), 249-264. <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2018/03/rgm032018cap05.pdf>

Cerdá Filiu, L. M. y Gas Bueno, M. (2020) *Electricidad y electrónica Instalaciones domóticas*. Paraninfo. https://books.google.com.ec/books/about/Instalaciones_dom%C3%B3ticas_Edici%C3%B3n_2020.html?id=HyLhDwAAQBAJ&redir_esc=y

CNC routers. (2019, 6 de octubre). Molde en aluminio para llaveros de PVC Cliché. [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=waUGcj_tYgE

Consejo Superior De Investigaciones Científicas, (1987). Introducción a los sensores. El Museo Universal. <https://books.google.com.ec/books?id=7gvKoGAZIJwC&pg=PP91&dq=Sensores&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwinvb723Zr8AhWyTDABHaU5DHsQ6AF6BAgBEAI#v=onepage&q&f=false>

Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2019). *Sensores y actuadores*. Grupo Editorial Patria. https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Cronos. (2022, 22 de mayo). *42BYGH34-1304B 1.8 Degree 42 Motor paso a paso de doble eje Nema17 Motor paso a paso para impresora 3D CNC Herramientas*. Amazon. <https://www.amazon.com/-/es/42BYGH34-1304B-Degree-Nema17-impresora-Herramientas/dp/B07PJDMLY9>

Cruz, D. M. (2019). *Aprender Impresión 3D para makers con 100 ejercicios prácticos*. Marcombo.
https://books.google.com.ec/books?id=0EtOEAAAQBAJ&pg=PT76&dq=Motor+a+pasos+Nema+17&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjB1Li54J_8AhWUTjABHd4iAAcQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=Motor%20a%20pasos%20Nema%2017&f=false

De Águeda Casado, E., García Jiménez, J. L., Gómez Morales, T., Gracia, J. G., & Martín Navarro, J. (2020). *Mecánica del vehículo 2*. Editorial Paraninfo.
https://books.google.com.ec/books?id=_SrwDwAAQBAJ&pg=PA82&dq=Bomba+de+Engranajes&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwia24Hu7Jr8AhVLSjABHZInDHoQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=Bomba%20de%20Engranajes&f=false

De Hoyos Benítez, S. M. (2020). El método científico y la filosofía como herramientas para generar conocimiento. *Revista Filosofía UIS*, 19(1), 229–245.
<https://doi.org/10.18273/revfil.v19n1-2020010>

De Jaime Lorén, J. M. (2018). Metodología científica y descripción en un centenar de refranes españoles. *Proverbium: Yearbook of International Proverb Scholarship*, 35(1), 123-144.
https://books.google.com.ec/books?id=_SrwDwAAQBAJ&pg=PA82&dq=Bomba+de+Engranajes&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwia24Hu7Jr8AhVLSjABHZInDHoQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=Bomba%20de%20Engranajes&f=false

De las Heras Jiménez, S. (2019). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TfzMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=bomba+s+hidraulicas&ots=vqJKFXzkcR&sig=nS8g0cakB21NIkaUi_XOqF7WIsE#v=onepage&q&f=false

De las Heras Jiménez, S. (2019). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TfzMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=bomba>

s+hidraulicas&ots=vqJKFXzkcR&sig=nS8g0cakB21NlkaUi_XOqF7WlsE#v=onepage&q&f=false

De Lima Silva, P. H. (2022). Tixotropia E Pastas de Cimento: Uma Introdução. *Acta Scientia*, 3(1). <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/actascientia/article/view/491>

De Los Cobos Peñalver, M. (2018). *Desarrollo teórico de una fábrica de moldes de inyección para piezas de plástico*. [Tesis de pregrado, Universidad De Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares]. <https://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/8393>

Dempsey, D., McDonald, S., Masato, D. y Barry, C. (2020). Caracterización de utillajes blandos impresos por estereolitografía para moldeo por microinyección. *Micromáquinas*, 11(9), 819. <https://doi.org/10.3390/mi11090819>

Díaz, J. M. C. (2018). *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. Editorial Tebar. <https://books.google.com.ec/books?id=pjoYI7cYVVUC&pg=PA564&dq=Sistemas+mec%C3%A1nicos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjbsM2z46v8AhVISzABHQZ7CokQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=Sistemas%20mec%C3%A1nicos&f=false>

Ding, Q., Du, M., Liao, T., Men, Y. y Androsch, R. (2022). Estructura polimórfica en poli moldeado por microinyección ultrasónica (butileno-2, 6-naftalato). *Polímero*, 257, 125275. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386122007637>

Dipaola, M., & Wodajo, F. M. (Eds.). (2019). *Impresión 3D en cirugía ortopédica*. Elsevier. <https://books.google.com.ec/books?id=4cnSDwAAQBAJ&pg=PA196&dq=Tipos+de+impresoras+3D&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwik86ulsK78AhX8TTABHaSLCnIQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=Tipos%20de%20impresoras%203D&f=false>

Ecuador, M. D. (2019). *Política Nacional de Salud en el Trabajo 2019-2025*. Ministerio de Salud Pública, Dirección Nacional de Ambiente y Salud, Subsecretaría Nacional de Promoción de la Salud e Igualdad. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/10/MANUAL-DE-POLITICAS-final.pdf>

Electronics (2022, 21 de agosto). *Cómo controlar el motor paso a paso con el controlador DRV8825 y Arduino*. How2electronics. <https://how2electronics.com/control-stepper-motor-with-drv8825-driver-arduino/>

Electronics, A. (2022, 22 de mayo). *Servo MG996R 360 Grados*. AV Electronics. <https://avelectronics.cc/producto/servo-mg996r-360-grados/>

Estrada Soto, E., & Kratc Cano, D. P. (2021). *Efectos de la pandemia del COVID-19 en las exportaciones de flores de Colombia durante 2020*. Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1754>

Ferencz, K., & Domokos, J. (2019). Using Node-RED platform in an industrial environment. *XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia, Budapest*, 52-63. Springer. https://www.researchgate.net/profile/Katalin-Ferencz/publication/339596157_Using_Node-RED_platform_in_an_industrial_environment/links/5e5ab48c4585152ce8fc6a6c/Using-Node-RED-platform-in-an-industrial-environment.pdf

Fernández, C. L. (2020). La pandemia del Covid-19: los sistemas y la seguridad alimentaria en América Latina/Covid-19 pandemic: systems and food security in Latin America. *Economía*, 17(51), 168-179. <http://www.obela.org/system/files/555-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1268-1-10-20200813.pdf>

García Navarro, B. (2020). *Aplicación de fluidos no newtonianos (STFs) a plantillas destinadas a la absorción de impactos en calzado deportivo* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/66557/>

García Tuero, A., Díez Valbuena, G., Rivera, N., González, R., & Hernández Battez, A. (2022). Cambios en la dureza y el volumen de polímeros en contacto con lubricantes usados en transmisiones de vehículos eléctricos. *e-spacio*. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:congresoCIBIM-2022UPMEspana-Agarcia>

García-Argüelles, L. Á., López-Medina, F. L., Moreno-Toiran, G., & Ortigosa-Garcell, C. (2018). El método experimental profesional en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica. *Revista*

Cubana de Química, 30(2), 328-345. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212018000200013&script=sci_arttext&tlng=pt

GeoHidráulica (2023). *Sistema de bombeo: Tipos y sus funciones*. GeoHidráulica. <https://www.geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/#:~:text=Un%20equipo%20de%20bombeo%20est%C3%A1,combusti%C3%B3n%20interna%2C%20etc>

Ghimisi, S. (2020). Utilización de Lubricantes Ecológicos. *Fiabilidad y durabilidad/Fiabilitate si Durabilitate*, (2). <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=1844640X&AN=148026698&h=wtjq03yen4gnvuGYLc40D5OD1iMAF9WhaQ7Zly4DGZ1MiMpLKtz7pIhJbEaQ98DUF%2bMCoPjJZNBolIIOzDC4A%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d1844640X%26AN%3d148026698>

Goye, M. D. C. B. (2021). *Aproximación normativa a la Prevención de Riesgos Laborales en Argelia*. ARANZADI/CIVITAS. <https://books.google.com.ec/books?id=vYFYEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=enfermedades+profesionales&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC2LDSvPn7AhVqVTABHR5mDbMQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=enfermedades%20profesionales&f=false>

Hassanien, A. E., Chatterjee, J. M., & Jain, V. (Eds.). (2022). *Artificial Intelligence and Industry 4.0*. Elsevier. https://books.google.com.ec/books?id=sGJjEAAAQBAJ&pg=PA62&dq=Convertidor+ADS1115&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwig9aWX4p_8AhXKjLAFHXdsD3AQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=Convertidor%20ADS1115&f=false

Horath, L. (2019). *Fundamentals of materials science for technologists: properties, testing, and laboratory exercises*. Waveland Press. <https://books.google.com.ec/books?id=UmaDwAAQBAJ&pg=PA94&dq=plastisol&hl=es&sa>

=X&ved=2ahUKEwiHoahAxfn7AhWjRzABHYtmCkoQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=plastisol&f=false

Huang, J., Fu, S., & Gan, L. (Eds.). (2019). *Lignin chemistry and applications*. Elsevier. <https://books.google.com.ec/books?id=kfCFDwAAQBAJ&pg=PA143&dq=Micro-injector+machine&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiv0tiPiYv8AhWOjbAFHUvZCHIQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=Micro-injector%20machine&f=false>

Import Aceros. (2022, 6 de junio). *Tubo cuadrado mecánico*. Import Aceros. <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-cuadrado-mecanico/>

Jadhav, P. D., Sinnarkar, A. M., Vaideswaran, S., & Narute, B. M. (2019). AI DIETICIAN. *ISSUE*, 6. http://www.ijrar.com/upload_issue/ijrar_issue_20543697.pdf

KPN. (2022, 12 de Mayo). *Qué es el neopreno y para qué sirve*. KPN Safety Solutions. <https://www.kpnsafety.com/que-es-neopreno-para-que-sirve/>

LF. (2022, 22 de Mayo). *Mini bomba de engranajes de desplazamiento hidráulica, para embalaje de unidad hidráulica, producción profesional*. Alibaba. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/professional-production-mini-displacement-gear-pump-hydraulic-for-hydraulic-unit-packer-1600636404092.html?spm=a2700.details.maylikeexp.10.1d5f18114hm1QG>

Lomakin, V., Cheremushkin, V., & Petrov, A. (2019, March). The development of the theory of calculation of the hydrodynamic coupling. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 492, No. 1, p. 012012). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/492/1/012012/pdf>

Madni, A. M., Madni, C. C., & Lucero, S. D. (2019). *Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering*. *Systems*, 7(1), 7. <https://www.mdpi.com/2079-8954/7/1/7>

MapSourcing. (2022, 24 de mayo). *Sourcing map Adaptador de tubo de compresión de latón 1/4 NPT x 1/4 pulgadas tubo OD recto acoplamiento, paquete de 2*. Amazon. https://www.amazon.es/sourcing-map-Adaptador-compresi%C3%B3n-acoplamiento/dp/B09QRTG34Q/ref=sr_1_4?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%

C3%95%C3%91&crd=1TLH9T9YUHB6O&keywords=uni%C3%B3n+de+tubo+de+compresi
%C3%B3n+1%2F4&qid=1674687161&s=tools&sprefix=uni%C3%B3n

Martínez Valenzuela, L. H., & Martínez, L. (2021). *La prevención de riesgos laborales y su incidencia en la seguridad y salud ocupacional a bordo de las corbetas misileras de la Armada del Ecuador. Propuesta de un plan de prevención de riesgos laborales* [Doctoral dissertation, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorios.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52318/1/T->

88890%20%20Martinez%20Valenzuela%2c%20Leonardo.pdf

Masind. (2022, 26 de Mayo). *Manguera de Neoprene para freno de aire SYNIFLEX*. Force Flex Peru. <https://forceflexperu.com/producto/manguera-de-neoprene-para-freno-de-aire-syniflex/>

Megatronica. (2022, 24 de Mayo). *Motor Caja Reductora Modelo 25GA-370 12V 400RPM con encoder*. Mecatronica. <https://megatronica.cc/producto/motor-caja-reductora-modelo-25ga-370-12v-400rpm-con-encoder/>

Microchip. (2022, 24 de Mayo). *MCP3008-I/P*. Mouser Electronics. <https://www.mouser.ec/ProductDetail/Microchip-Technology-Atmel/MCP3008-I-P?qqs=AF%252BffTaPb30XZ0OdV6HdVg%3D%3D>

Mijangos, C. (2020). 100 años de Ciencia de Polímeros en el mundo, 73 años en nuestro país: Avances en la Academia y en la Industria. *Anales de Química de la RSEQ*, (4), 214-222. <file:///C:/Users/Elizabeth%20Tr%C3%A1vez/Downloads/Dialnet-100AnosDeCienciaDePolimerosEnElMundo73AnosEnNuestr-8109366.pdf>

Modulmet. (2022, 24 de Mayo). *Moldes para PVC Plastisol*. Modulmet. <https://www.modulmet.net/moldes-de-pvc-plastisol/>

Monsivais, H. A. T. (2018). *Estudio de factores que afectan la calidad de proceso y producto a base de plastisol* [Tesis de especialización, Centro De Investigación en Química Aplicada]. CIQA Repositorio. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/555>

Neheyler Mecatrónico. (2020, 08 de octubre). *¿Cómo Funciona una Bomba de Engranajes? | Hidráulica* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=r8jOUXzC4UI>

Novatronic. (2022, 25 de Mayo). *Driver A4988 para Motor Paso a Paso*. Novatronic Ec. <https://novatronicec.com/index.php/product/driver-a4988-para-motor-paso-a-paso/>

Oliveros Roa, F. M., & Quino Ferreira, B. (2019). *Diseño de una fuente de alimentación DC con medidor de humedad para suelo y una celda electrolítica para su aplicación en la técnica de Electrorremediación de suelos* [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana Escuela de Ingeniería]. Repositorio. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6255>

Oto Machay, M. V. (2021). *Diseño y construcción de una máquina cnc router de tres grados de libertad utilizando arduino uno y el driver drv8825* [Tesis de pregrado, Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva]. Repositorio digital Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/115>

Promesa. (2022, 26 de Mayo). Tubería de cobre p/refrigeración 1/4. Promesa. <https://www.promesa.com.ec/producto/tuberia-de-cobre-p-refrigeracion-1-4-mexico>

Prowin. (2022, 24 de Mayo). *Taza de pintura lateral de gravedad de acero inoxidable, pistola de pulverización de aire*. Alibaba . <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-Gravity-side-paint-cup-1700002487179.html>

RaspberryPi. (2022, 25 de Mayo). *Raspberry Pi 3 Modelo B+* .Raspberrypi . <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

Reveymo. (2022, 24 de Mayo). *Bomba Aceite* .Reveymo . <https://reveymo.com/c/motor/despiece-motor/bomba-aceite/>

Reynoso, S. L. (2018). *Los Polímeros Plásticos: Los Conceptos Básicos que debes conocer durante y al salir de la Universidad*. México: Publicado independientemente. https://books.google.com.ec/books?id=fmZhEAAQBAJ&pg=PA154&dq=Las+propiedades+qu%C3%ADmicas+de+plastisol&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiewNP5g_j7AhU1mYQIHQtDCwoQ6AF6BAgJEAl#v=onepage&q=Las%20propiedades%20qu%C3%ADmicas%20de%20plastisol&f=false

Rivera, M., Barbe, C., Penaherrera, K., Davila, D., & León, P. (2021). Evolution and transformation of rapid prototyping laboratories in Ecuador. *Revista Minerva:*

Multidisciplinaria de Investigación Científica, 2(6), 32-42.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8377972>

Rosauero, F. L. (2012). *Prevención de riesgos laborales*. Editorial Vértice.

<https://books.google.com.ec/books?id=Z3blDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=enfermedades+profesionales&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC2LDSvPn7AhVqVTABHR5mDbMQ6AF6BAglEAI#v=onepage&q=enfermedades%20profesionales&f=false>

SanDa. (2022, 26 de Mayo). *Junta de goma de asbesto XB450*. HengDasealing.

<https://es.hengdasealing.com/xb450-compressed-asbestos-rubber-sheet/56618316.html>

Serretectno. (2022, 1 de Diciembre). *Como seleccionar la bomba adecuada*.

Serretectno. <https://serretectno.com/como-seleccionar-la-bomba-adecuada/>

SHARP. (2022, 25 de Mayo). *Sensor de Distancia Sharp GP2Y0E03 4-50cm*. AV

Electronics. <https://avelectronics.cc/producto/sensor-de-distancia-sharp-gp2y0e03-4-50cm/>

Silva, G. A. (2018). Ingeniería inversa del sistema de archivos de DVRs PCBox. In

XVIII Simposio Argentino de Informática y Derecho (SID)-JAIIO 47 (CABA, 2018).

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71847>

Socconini, L. (2019). *Lean Company. Más allá de la manufactura*. Marge Books.

<https://books.google.com.ec/books?id=Dyp6EAAAQBAJ&pg=PA145&dq=La+primera+m%C3%A1quina+de+inyecci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiQzZrRwvn7AhWYUzABHQWeBFIQ6AF6BAglEAI#v=onepage&q=La%20primera%20m%C3%A1quina%20de%20inyecci%C3%B3n&f=false>

Soriano, E. J. D., & Ruiz, J. F. (2019). *Ruedas (FPB Mecánica del vehículo)*. Editex.

https://books.google.com.ec/books?id=fFWkDwAAQBAJ&dq=Motor&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Soriano, E. J. D., & Ruiz, J. F. (2019). *Ruedas (FPB Mecánica del vehículo)*. Editex.

https://books.google.com.ec/books?id=q42XDwAAQBAJ&pg=PA8&dq=Motores+gasolina.+Motores+di%C3%A9sel.+Motores+el%C3%A9ctricos.+Motores+de+GLP+y+GNC.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj60bKh1J_8AhXsRDABHS_UBWcQ6AF6BAglEAI#v=onepage&q

=Motores%20gasolina.%20Motores%20di%C3%A9sel.%20Motores%20el%C3%A9ctricos.
%20Motores%20de%20GLP%20y%20GNC.&f=false

Subgerencia de Análisis e Información (2017). [Ficha Sectorial: Industrias Manufactureras, Banco Central del Ecuador]. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2017/10/Ficha-Sectorial-Actividades-de-Impresion.pdf>

Tecnología de los Plásticos. (2013). Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado. Microinyección. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/06/microinyeccion-proceso.html>

TexasInstruments. (2022, 26 de Mayo). *Controlador de alta corriente DRV8825*. BricoGeek. <https://tienda.bricogeek.com/impresion-3d/853-controlador-de-alta-corriente-drv8825.html>

Tommasi, F., & Mancini, L. (2020). *Plastics and Microplastics: The OECD's Approach*. In International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea (pp. 306-313). Springer, Cham. <https://books.google.com.ec/books?id=S4RTEAAAQBAJ&pg=PA42&dq=Polymer+Abatement+Value&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjCwuCR0Y38AhUbbDABHRytBXMQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q=Polymer%20Abatement%20Value&f=false>

Tostatronic. (2023). *Motor a Pasos Nema 17*. Tostatronic Shop. https://www.tostatronic.com/?s=+Motor+a+pasos+Nema+17&post_type=product&dgwt_wcas=1

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México: Mc Graw Hill.

UnitElectronics. (2022, 26 de Mayo) . *UElectronics*. <https://uelectronics.com/producto/sensor-cny70-lineas-infrarrojo/>

UnitElectronics. (2022, 26 de Mayo). *UElectronics*. <https://uelectronics.com/producto/sensor-ultrasonico-hc-sr04/>

Veloso, C. (2022, 26 de Mayo). *Arduino Mega 2560*. Electronrtools. <https://www.electronrtools.com/Home/WP/arduino-mega-2560-caracteristicas/>

Wypych, G. (2015). *PVC Formulary (2nd Edition)*. ChemTec Publishing.

https://books.google.com.ec/books?id=XmzWDwAAQBAJ&pg=PA30&dq=PVC+Formulary&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj90oKbj_f8AhURfjABHcwOC_YQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=PVC%20Formulary&f=false

Zhao, X., Liao, T., Lu, Y., Jiang, Z., & Men, Y. (2021). Formation and Distribution of the Mesophase in Ultrasonic Micro-Injection-Molded Isotactic Polypropylene.

Macromolecules, 54(11), 5167-5177.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386122007637>

Anexos