



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

**CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE SOPLADO DE TERMOENCOGIBLE PARA UN LABORATORIO FARMACÉUTICO EN LA CIUDAD DE QUITO.

Trabajo de integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniera industrial.

Autor(a)

Shuguli Chipantasig Rita Alexandra

Tutor(a)

MSc. Topón Visarrea Blanca Liliana

QUITO – ECUADOR
2023

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de ingeniero industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 02 de marzo 2023

.....
Rita Alexandra Shuguli Chipantasig
172368956-6

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo Rita Alexandra Shuguli Chipantasig, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “Diseño de un sistema automático para el proceso de soplado de termoencogible para un laboratorio farmacéutico en la ciudad de Quito”, como requisito para optar al grado de ingeniera industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 02 días del mes de marzo del 2023, firmo conforme:

Autor: Rita Alexandra Shuguli Chipantasig

Firma:

Número de Cédula: 1723689566

Dirección: Provincia, ciudad, Parroquia, Barrio.

Correo Electrónico: ritah_04@hotmail.com

Teléfono: 0994867828

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE SOPLADO DE TERMOENCOGIBLE PARA UN LABORATORIO FARMACÉUTICO EN LA CIUDAD DE QUITO” presentado por Rita Alexandra Shuguli Chipantasig, para optar por el Título ingeniera industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 02 de marzo del 2023

.....
MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SOPLADO DE TERMOENCOGIBLE PARA UN LABORATORIO FARMACÉUTICO EN LA CIUDAD DE QUITO, previo a la obtención del Título de ingeniera industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 02 de marzo del 2023

.....
Ing. Ron Valenzuela Pablo Elicio
LECTOR

.....
Ing. Sarmiento Fabián
LECTOR

DEDICATORIA

A:

Mi creador Dios, al permitirme culminar esta etapa importante de mi vida y bendecirme cada día, por permitirme tener salud, vida y por toda su bondad que ha derramado en mí.

A mi madre, por haberme brindarme su apoyo incondicional en cada momento y circunstancias difíciles de mi vida, por ser el sustento de apoyo moral en cada paso que di durante mis estudios, le agradezco por sus valiosos consejos y valores.

A mi familia, por el apoyo infinito en todo momento, por existir y ser parte de mi vida, ellos son mi gran inspiración para superarme día tras día y así poder llegar a finalizar este proyecto.

Rita Alexandra Shuguli Chipantasig

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por su bendición infinita además por irme guiado en cada paso, cada meta y proyecto que emprendo en mí vida, además por permitirme tener vida, salud y fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos difíciles y de debilidad.

Doy gracias a mi madre, mis hermanos por siempre anhelar y aspirar lo mejor para mí, gracias a cada uno de ellos por ser una familia unida y llena de amor.

Gracias a mi esposo e hijos quienes fueron la inspiración para luchar día a día en este proyecto de vida, les doy gracias por estar en los momentos alegres, tristes y difíciles, por levantarme con cada una de sus palabras de aliento y fortaleza al hacerme ver que puede conseguir lo que me proponga en la vida.

Al Dr. Rodrigo Bastidas y su esposa, quienes confiaron en mi capacidad para emprender este proyecto, mismo que me permitió cumplir uno de mis objetivos, que es obtener un título de tercer nivel.

MSc. Liliana Topón le agradezco por compartir todos sus conocimientos, por su paciencia y sobre todo el apoyo moral en cada momento de decaimiento, sus palabras de ánimo fueron vitales para llegar a concluir este proyecto y así finalizar mi objetivo propuesto cuando inicie mis estudios.

Rita Alexandra Shuguli Chipantasig

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	5
Justificación	7
Objetivo general.....	8
Objetivo específico	8
CAPÍTULO II	10
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	10

Diagnóstico de la situación de la empresa:	10
Evaluación ergonómica del puesto de trabajo	12
Áreas de estudio	19
Modelo operativo	20
Preparación y planificación.....	21
Evaluación del puesto de trabajo	21
Diseño del sistema automatizado	21
Cierre del proyecto.....	21
CAPÍTULO III	22
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	22
Automatización del pedestal para el termosellado del frasco de splash	22
Criterios para el diseño mecánico para el soplado de termoencogibles	22
Funcionamiento del sistema.....	29
Diseño del mecanismo	31
Selección del sistema de sensorización.....	34
Selección del sistema de control.....	35
Shield de expansión para Arduino Nano	37
Selección del sistema de potencia y energía	38
Driver para motor DC	39
Propuesta del diseño del sistema automatizado de soplado de termoencogible	41

Propuesta de programación.....	46
Resultados esperados	48
Cronograma de actividades.....	50
Área de costos	51
Costo de mano de obra del diseño	51
Costos de materiales.....	52
Costo total de la construcción del diseño.....	54
CAPÍTULO IV.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
Conclusiones	55
Recomendaciones.....	56
Bibliografía	57
Anexo	64
Anexo	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Indicador de enfermedades profesionales.....	4
Figura 2	Determinación de la postura de los miembros superiores	11
Figura 3	Soplado de termoencogibles	11
Figura 4	Determinación de la tarea	13
Figura 5	Modelo operativo.....	20
Figura 6	Flujo del proceso de soplado de termoencogibles	22
Figura 7	Mecánico eléctrico.....	24
Figura 8	Brazo robótico cartesiano	25
Figura 9	Brazo eléctrico inteligente	26
Figura 10	Representación gráfica de la automatización del proceso de termoencogido	30
Figura 13	Partes principales del mecanismo de desplazamiento lineal	33
Figura 14	Dimensiones del diseño automático para el mecanismo de desplazamiento lineal....	33
Figura 15	Shield de entradas y salidas para Arduino Nano	37
Figura 16	Driver BTS7960 para motor DC	40
Figura 17	Pin-Out del Arduino nano	42
Figura 18	Esquema general de conexiones.....	43
Figura 19	Diagrama de conexión.....	44
Figura 20	Esquema general del pedestal del soplado de termoencogible aplicado al túnel vertical.	49
Figura 21	Planificación del proyecto	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intensidad del esfuerzo	14
Tabla 2 Intensidad del esfuerzo	14
Tabla 3 Duración del esfuerzo	15
Tabla 4 Porcentaje de la duración del esfuerzo.....	15
Tabla 5 Esfuerzos por minutos.....	16
Tabla 6 Esfuerzos por minutos.....	16
Tabla 7 Abducción de muñeca.....	16
Tabla 8 Postura de muñeca	17
Tabla 9 Velocidad de trabajo	17
Tabla 10 Velocidad del trabajo	17
Tabla 11 Duración de la tarea por día en horas.....	18
Tabla 12 Duración por día	18
Tabla 13 Áreas de estudio	19
Tabla 14 Parámetros para la selección del sistema automatizado	23
Tabla 15 Valores para la selección de alternativas	24
Tabla 16 Análisis comparativo de mecanismos para el sistema de automatización.....	27
Tabla 17 Selección de alternativas de los modelos para el soplado de termoencogibles	28
Tabla 18 Tipos de movimiento	31
Tabla 19 Tipos de sensores	34
Tabla 20 Alternativas de placas micro controladas	36
Tabla 21 Características de los motores para el accionamiento del mecanismo	38
Tabla 22 Características del controlador del motor DC.....	40

Tabla 23 Pines para Arduino Nano	42
Tabla 24 Lista de materiales	45
Tabla 25 Cálculo de costos total de mano de obra.....	51
Tabla 26 Cálculo de costo total de mano de obra.	52
Tabla 27 Lista de materiales para desarrollo de prototipo	53

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE SOPLADO DE TERMOENCOGIBLE PARA UN LABORATORIO FARMACÉUTICO EN LA CIUDAD DE QUITO.

AUTOR(A):
Rita Alexandra Shuguli Chipantasig

TUTOR (A):
MSc. Liliana Topón Visarrea

RESUMEN EJECUTIVO

En el mundo hay empresas de fabricación que han ido automatizando gradualmente sus procesos productivos manuales. Aunque Qualipharm es una empresa joven, aún utiliza procesos de empaquetado manuales en un 80% de su área de farmacéutica y cosmética. En el área cosmética, el proceso de soplado y termosellado de los envases requiere que las mangas de termosellado se adhieran correctamente al frasco. Los trabajadores realizan esta actividad mediante una pistola de calor con movimientos repetitivos en las extremidades superiores, lo que puede causar molestias y trastornos musculoesqueléticos. Para investigar esto, se llevó a cabo una evaluación ergonómica utilizando el método JSI, que reveló una puntuación elevada de 162 puntos. Por lo tanto, se han hecho varias recomendaciones para reducir estas lesiones, incluyendo la automatización del puesto de trabajo utilizando un sistema mecánico automatizado que cumpla con los requisitos del cliente. Para esto, se utilizó el software Arduino, un motor DC, un sensor infrarrojo, un sistema de control, una placa, un relé térmico y finales de carrera, entre otros elementos. Este diseño mecánico automatizado permitirá reemplazar al trabajador que realiza esta actividad repetitiva, creando un subproceso para este trabajador que se encargará de realizar los controles de los procesos de la línea de producción cosmética, reduciendo el nivel de riesgo a cero.

DESCRIPTORES: Automatización, manufacturera, subproceso, termoencogibles.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

Design of an automatic system for the thermoshrinking blow molding process for a pharmaceutical laboratory in the city of Quito.

AUTOR (A): Shuguli Chipantasig Rita Alexandra

TUTOR (A): MSc. Liliana Topón Visarrea

ABSTRACT

In the world, there are manufacturing companies that have gradually automated their manual production processes. Although Qualipharm is a young company, it still uses manual packaging processes in 80% of its pharmaceutical and cosmetic areas. In the cosmetic area, the process of blowing and heat-sealing the packaging requires the sleeves to be properly adhered to the bottle. Workers perform this activity using a heat gun with repetitive movements in their upper extremities, which can cause discomfort and musculoskeletal disorders. To investigate this, an ergonomic evaluation was carried out using the JSI method, which revealed a high score of 162 points. Therefore, several recommendations have been made to reduce these injuries, including the automation of the workplace using a mechanical system that meets the customer's requirements. For this purpose, the Arduino software, a DC motor, an infrared sensor, a control system, a board, a thermal relay, and limit switches, among other elements, were used. This automated mechanical design will replace the worker who performs this repetitive activity, creating a sub-process for this worker to perform controls of the cosmetic production line processes, reducing the risk level to zero.

KEYWORDS: Automation, Manufacturing, sub-process, thermoshrinkable.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Según las investigaciones realizadas hay aproximadamente un 4% de pérdidas de producto interno bruto mundial debido a las enfermedades profesionales, días de trabajo perdidos, interrupción de la producción y gastos médicos lo que quiere decir que aproximadamente 160 millones de personas tienen enfermedades profesionales y 70% de trabajadores requieren de algún seguro para indemnizaciones por enfermedad o accidente laboral (Morales Regalado, 2021).

En América Latina no hay registros suficientes en comparación que el resto de los países que tienen esta misma problemática, pero para su defecto la escasa importancia se relaciona a varios factores que son: legislaciones vigentes, no le dan la importancia necesaria y la aplicación de la misma en la práctica (Morales Regalado, 2021).

La automatización se suele utilizar en el ámbito de las industrias con referencia a que algún tipo de máquina realice o desarrolle ciertos procesos sin tener la intervención del ser humano, se la emplea con frecuencia por ser un sistema que permite optimizar recursos y tiempo (Agudelo N, 2020).

El desarrollo de la automatización consiste en el uso de mecanismos de relojería para la repetición de acciones continuas las cuales son beneficiosas para el sector industrial puesto que permiten tener optimización de recursos, mejorar los tiempos productivos, mitigar enfermedades profesionales y mejorar la calidad de los procesos (Agudelo N, 2020).

Los trastornos músculo esqueléticos son lesiones que afectan a los tejidos blandos del aparato locomotor de los huesos, ligamentos, músculos, tendones, nervios, articulaciones y vasos

sanguíneos y según el grado de complejidad que tenga se los clasifica en agudos y crónicos (Morales Regalado, 2021).

Según una investigación realizada en el periodo del 2015 al 2017 se registra enfermedades en riesgos de trabajo del IESS, durante este periodo se calificaron 939 enfermedades profesionales misma que representan un 31% de la siniestralidad con relación de números de afiliados que fue del 11.51 para el 2015, 8.09 para el 2015 y 5 para el 2017 estas cifras demuestran un descenso del 2015 al 2017 lo que quiere decir que de cada 100.000 afiliados el 6.51 sería el descenso (Sarango Maita, 2017).

Las provincias con mayores registros fueron Pichincha, Guayas y Cotopaxi distribuyéndose de la siguiente manera Cotopaxi con 47.14, Orellana con 56.79 y Sucumbíos con 25.65 en el 2017, según las investigaciones realizadas indican que el 80% de enfermedades de los asegurados al IESS refieren a enfermedades profesionales, estas enfermedades son más comunes en las industrias de manufacturas (Sarango Maita, 2017).

En Ecuador las empresas del sector industrial y demás mercados deben estar constantemente actualizándose para realizar grandes cambios que se van dan en el transcurso del tiempo, uno de estos cambios son los sistemas automatizados para sus procesos productivos mismos que representan beneficios de carácter positivos a lo largo de la historia de la industria entre estos beneficios tenemos aumento de su productividad, mitigar enfermedades profesionales, ser competitivos dentro de las industrias automatizadas (Gómez Gary, 2019).

En Qualipharm Laboratorio farmacéutico las operaciones productivas son un 80% trabajos manuales, por ende, el personal operativo realiza movimientos repetitivos lo cual generar que sus extremidades superiores estén en constante movimientos que son inevitable, se presume que este

puesto de trabajo puede llegar a generar lesiones musco-esqueléticas en las extremidades superiores entre estas tenemos túnel de carpiano, lesiones en los tendones de la mano entre otros.

El área de termo formado se ha detectado que los operadores realizan movimientos repetitivos en periodos de 7 horas, por lo cual se presume que se puede llegar a generar enfermedades profesionales, es por ello que el presente estudio busca diseñar un proceso automatizado el cual permita mitigar o eliminar los movimientos repetitivos, optimizar recursos y mejorar la productividad de la empresa.

Las tendencias que son notificadas por accidentes de trabajo y enfermedades profesionales son registradas en el seguro general del riesgo del trabajo.

Figura 1
Indicador de enfermedades profesionales

EL DESEMPEÑO DE RIESGOS LABORALES POR ACTIVIDAD ECONÓMICA						Variaciones frente a diciembre 2017 - noviembre 2018		
Entre diciembre de 2018 y noviembre de 2019						Var. de accidentes de trabajo calificados	Var. de enfermedades profesionales calificadas	Var. total de muertes calificadas
	# de empresas	Total de trabajadores	# de accidentes de trabajo calificados	# de enfermedades profesionales calificadas	# total de muertes calificadas			
Inmobiliario	135.946	2.289.209	101.527	1.006	97	-28,52%	-36,85%	-3,96%
Comercio	142.996	1.183.651	58.939	757	41	-10,61%	-6,77%	-8,89%
Industria manufacturera	68.441	1.086.153	99.551	2.473	30	1,97%	-21,54%	-21,05%
Construcción	91.019	897.040	77.524	164	93	-6,56%	-46,41%	-7,92%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	43.221	872.935	46.911	443	88	18%	-15,13%	6,02%
Educación	13.737	546.613	13.674	199	2	-22,46%	-27,11%	-60%
Administración pública y defensa	6.300	593.721	15.698	555	7	-17,75%	-1,94%	-30%
Servicios sociales y de salud	28.223	635.254	39.602	476	3	-0,56%	-15,6%	-66,67%
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	33.979	389.313	60.881	1.214	31	-3,88%	-2,33%	19,23%
Servicios comunitarios, sociales y personales	31.486	412.739	22.523	261	12	-6,57%	-29,65%	-25%
Financiero	12.141	316.392	5.864	124	2	-9,9%	-26,63%	-50%
Hoteles y restaurantes	31.130	282.802	22.950	391	6	3,39%	4,27%	50%
Minas y canteras	6.066	148.767	18.564	305	81	-1,38%	-30,37%	-25,69%
Servicio doméstico	138.577	117.396	2.263	19	-	-2,03%	-48,65%	-
Eléctrico, gas y agua	2.521	62.516	4.834	51	4	-6,59%	-42,05%	-42,86%
Pesca	593	5.792	371	3	-	6%	0%	-
Órganos extraterritoriales	48	2.179	79	-	-	29,51%	-	-
Total	786.732	9.848.875	592.194	8.442	499	-8,59%	-19,69%	-11,21%

Fuente: Fascóida / Gráfico: IP-AL

Nota: Esta figura indica la variación de enfermedades profesionales referentes al tipo de actividad económica que se realiza, dando como referencia que en el año 2017 existían 10.512 casos registrados a diferencia del 2018 que se calificaron 8.442 casos lo que indica que disminuyó un 19,69% de casos calificados referentes a enfermedades profesionales en el ámbito de las empresas manufactureras. Adoptado de <https://www.greeneringenieria.com/las-enfermedades-profesionales-en-el-pais-cayeron-197-entre-2018-y-2019/>

Los procesos automáticos ayudan a la optimización de recursos y a la vez evita o mitiga que el personal operativo con el pasar del tiempo genere enfermedades profesionales, la principal ventaja que tiene la automatización de equipos es que se pueda realizar las tareas de una manera segura y sin poner en riesgo la salud del personal operativo.

Mediante la automatización las empresas han logrado optimizar los recursos entre estos es la reducción o eliminación del recurso humano para dichos procesos, además ha permitido reducir índices de enfermedades laborales que generan con el pasar del tiempo el personal operativo.

Antecedentes

Qualipharm Laboratorio farmacéutico S.A. es una empresa que inició sus operaciones en octubre del 2008, se encuentra ubicada en la Avenida Manuel Córdova Galarza y pasaje Esperanza. La empresa cuenta con dos divisiones que son:

División farmacéutica: Esta rama se dedica a la elaboración de productos farmacológicos para el consumo humano, en todas las formas farmacéuticas que le permita su capacidad y tecnología conjuntamente con la legislación vigente.

División cosmética: Es la fabricación de productos cosméticos en todas las formas cosméticas que le permita su capacidad y tecnología conjuntamente con la legislación vigente, empezaron con esta división en el 2016.

La empresa se dedica a la elaboración de productos cosméticos e higiénicos, fármacos, naturales de uno medicinal, homeopático y dispositivos médicos, adicional proveen de servicio de desarrollo de nuevos productos, servicios logísticos de provisión, almacenamiento de materiales y entrega de producto terminado en las instalaciones del cliente. Toda la operación se realiza bajo permisos de funcionamiento actualizados y bajo un ambiente de buenas prácticas de manufactura.

Los procesos productivos en su mayoría abarcan el 80% y es de elaboración manual, para el soplado de termoencogibles se realiza la acción de manera repetitiva por un lapso de 7 horas laborales para lo cual el operador utiliza una pistola de calor (1,8 kg) con la cual el operario realiza movimiento vertical de arriba hacia abajo a cada frasco de splash que sale de la línea productiva.

En este proceso de termoencogido se presume que existen molestias o dolores en las extremidades superiores como articulaciones, manos y muñecas al realizar esta actividad para cumplir con las expectativas requeridas por el cliente.

Qualipharm laboratorio farmacéutico cuenta con su propio reglamento con respecto a la higiene y seguridad, donde se compromete a garantizar el bienestar de todos sus trabajadores, basándose en el desarrollo y productividad de los procesos industriales en la rama de la salud y belleza, para prevenir los riesgos laborales y enfermedades ocupacionales, cumpliendo con la legislación vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo y otros requisitos que están en materia de la organización suscriba, implemento un sistema de SST y teniendo su mejora continua para el efecto se comprometen en:

Eliminar peligros a los que los colaboradores que estén expuestos y reducir el riesgo a valores aceptables aquellos que no puedan eliminarse. Establecer planes y programas de prevención en seguridad y salud ocupacional cumpliendo con las disposiciones y normativas de la legislación vigentes en el país.

Asignar los recursos económicos, humanos y materiales para proporcionar condiciones de trabajo seguros y saludables a los colaboradores dentro de sus jornadas laborales, de esta manera garantizamos el bienestar de todos los trabajadores de la empresa.

En Qualipharm Laboratorio Farmacéutico S.A. por la actividad que realizan en la empresa el personal se encuentra expuesto a:

Movimiento corporal repetitivo, para lo cual se implementará la rotación del personal en diferentes puestos de trabajo mismo que se trata que el personal trabaje en diferentes puestos de trabajo en los cuales no realicen movimientos repetitivos dentro de las jornadas laborales, adicional se planificará realizar pausas activas cada 2h de esta manera reducir los movimientos repetitivos y de esta manera disminuir la monotonía en el trabajo.

Por lo antes expuesto para que los colaboradores tengan una condición segura para laborar y no generen en el transcurso del tiempo enfermedades profesionales los operarios de producción, cada uno de sus procesos productivos deben ingresar en un plan de automatización, lo cual es importante ya que permiten tener mejores resultados, mejor productividad, mitigar que se generen las enfermedades profesionales, tener productos de mejor calidad, optimización de recursos entre otros beneficios que brinda a las industrias la automatización de procesos.

La empresa Qualipharm quiere ir implementando la automatización de cada uno de sus procesos en sus dos ramas productivas que son: el área farmacéutica y cosmética para tener mejores resultados en la productividad, calidad y rentabilidad teniendo eficacia y eficiencia para llegar a ser uno de los pioneros dentro de la industria farmacéutica.

Justificación

La **importancia** de la presente investigación es mitigar la generación de posibles enfermedades profesionales que afecta a los colaboradores a nivel de las extremidades superiores (musco-esqueléticos) y mejorar la productividad a través del sistema automatizado.

El **impacto** que se va a tener con la automatización del proceso es que los colaboradores no tengan que realizar movimientos repetitivos y generen posibles enfermedades profesionales lo cual afecta a su salud, adicional se va a tener como resultado mejor productividad a través de la automatización del proceso.

La **utilidad** de este es la automatización del proceso de soplado de termoencogibles para mitigar las enfermedades profesionales que se generan por lo movimientos repetitivos en los trabajadores, con la implementación del brazo automático se reduce el movimiento repetitivo en el personal durante el proceso de sopleteo de termoencogibles de la línea de splash.

Es **factible** porque existe el apoyo de la empresa, Qualipharm Laboratorio Farmacéutico S.A. y existe la predisposición del área para realizar la mejora al proceso de soplado de termoencogible e la línea de splash.

Los principales **beneficiarios** con el diseño automático que se va a proponer para el proceso productivo de este proyecto serán los operadores ya que se reducirá el nivel de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo cuidando su salud e integridad.

Objetivo general

Diseñar un sistema automático mediante la selección de elementos de control e instrumentación para disminución de la operación manual en el proceso de soplado de termoencogible de la línea de splash.

Objetivo específico

Diagnosticar la situación actual del puesto de trabajo de soplado de termoencogibles mediante el método JSI para determinación del nivel de riesgo.

Dimensionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos en base a los requerimientos de la operación de soplado de termoencogible para el correcto funcionamiento de termosellado.

Diseñar el proceso automático de soplado de termoencogible mediante la automatización y selección de elementos de bajo costo reduciendo las operaciones manuales en el puesto de trabajo.

CAPÍTULO II

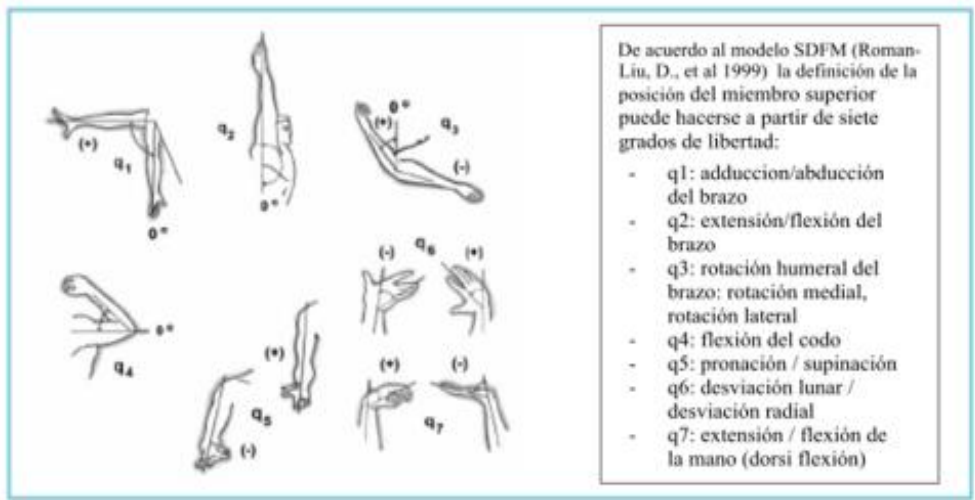
INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación de la empresa:

En la empresa Qualipharm Laboratorio Farmacéutico S.A. se emplea una persona para realizar la corrección de termosellado del splash al final del túnel vertical, dicha operación se realiza con una pistola de calor de marca Trupper de 110V-60Hz de peso de 1,8 kg, en este puesto de trabajo la actividad que realiza el operador es repetitiva de arriba hacia abajo utilizando la carga antes mencionada dentro del proceso productivo.

Para determinar el nivel de riesgo al que están expuestos los operadores en este puesto de trabajo, se ha realizado un estudio utilizando el método JSI, el cual consiste en estudiar los movimientos repetitivos en las extremidades superiores mismo que comprende desordenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores asociadas al trabajo por el número de veces que es repetida esa actividad, el impacto de las lesiones asociadas a movimientos repetitivos en miembros superiores puede llegar a ser incapacidad y pérdida de productividad, este método busca establecer criterios , procedimientos y herramientas para tener un mejor rendimiento productivo (Castillo M., 2008).

Figura 2
Determinación de la postura de los miembros superiores



Nota: Determinación de la postura de los miembros superiores según su grado de libertad de acuerdo a Roman-Liu, D. 1999. Elaborado por la Universidad Politécnica de Valencia.

La metodología JSI (Job Strain Index) para identificar el riesgo por esfuerzo en los puestos de trabajo que están expuestos a desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores por los movimientos repetitivos, las extremidades a evaluar son las manos, muñecas, antebrazos y codos (Estrada M., 2005).

Figura 3
Soplado de termoengibles



Nota: Proceso de soplado de termoengible con la pistola de calor. Elaborado por la autora.

El proceso de termo encogido para el producto “splash” se lo realiza a través de un túnel de calor, pero los frascos salen con ciertas irregularidades que son corregidos de forma manual por el operador que se observa en la Figura 3. La persona debe corregir las arrugas de termoencogible mediante el uso de una pistola de calor, realizando movimientos repetitivos en forma vertical. Esta operación se realiza para cumplir los requisitos del cliente, el cual solicita que el plástico termoencogible colocado alrededor de los frascos este bien adherido al mismo. Al ejecutar esta operación los trabajadores no tienen una postura correcta, ejercen fuerza y movimientos repetitivos, es por eso que se va a realizar la evaluación ergonómica del puesto de trabajo que se menciona a través del método JSI (Ocupacional Repetitive Actioc), ya que este método permite valorar el riesgo asociado al trabajo repetitivo mismo que es recomendado por el IEA (International Ergonomics Association).

Evaluación ergonómica del puesto de trabajo

Nombre del puesto: Soplado de termoencogibles

Edad: 28 años

Género: Femenino

Tiempo de servicio: 5 años

Horario de trabajo: 07:00 a 15:30 pm

Posible enfermedad profesional: La trabajadora por su exposición a factores de riesgo ergonómico movimientos repetitivos y postura forzada, durante su jornada de trabajo ha presentado dolores en su muñeca derecha con la cual manipula la pistola que proporciona calor a la termoencogible en cada frasco de splash de 200ml.

Determinación de la tarea

Figura 4

Determinación de la tarea



Nota: Proceso de corrección de termoencogibles con la pistola de calor. Elaborado por la autora.

1. Aplicación de calor con pistola a los frascos de splash 2 segundos
2. Colocación del frasco en gavetas 1 segundo

Durante la jornada de 8 horas de trabajo la trabajadora tiene, 10 minutos para pausas activas y 20 minutos que no está expuesta a movimientos repetitivos. El ritmo de la trabajadora en la tarea

es impetuoso, la posición de la mano tiene una abducción de la muñeca de aproximadamente 45°, se observa que la trabajadora tiene un esfuerzo que no provoca expresiones faciales.

Cálculos de factores multiplicadores

Intensidad del esfuerzo

Tabla 1

Intensidad del esfuerzo

Intensidad de esfuerzo	%MS ²	EB ¹	Esfuerzo percibido
Ligero	<10%	≤2	Escasamente perceptible, esfuerzo relajado
Un poco duro	10%.<30%	3	Esfuerzo perceptible
Duro	30%-<50%	4-5	Esfuerzo obvio, sin cambio en la expresión facial
Muy duro	50%-<80%	6-7	Esfuerzo imponente, cambios en la expresión facial
Cercano al máximo	≥80%	>7	Uso de los hombros o tronco para generar fuerza

Nota: Se determina que la intensidad del esfuerzo. Elaborado por la autora.

La determinación de la Tabla 1 con respecto a la intensidad del esfuerzo no es Duro debido a que no se observa expresiones faciales en la trabajadora, por lo tanto, la valoración es 3, con este valor se procede en la siguiente tabla.

Tabla 2

Intensidad del esfuerzo

Valoración	IE
1	1
2	3
3	6
4	9
5	13

Nota. Con el valor obtenido de 3 el factor multiplicador para la intensidad del esfuerzo es de 6. Elaborado por la autora.

Duración del esfuerzo

La trabajadora está expuesta a 450 minutos a movimientos repetitivos, para lo cual se le ha observado durante 10 minutos haciendo esfuerzos continuos y constantes todo el tiempo.

Tabla 3

Duración del esfuerzo

Porcentaje del esfuerzo	Valoración
<10%	1
10%-<30%	2
30%-<50%	3
50%-<80%	4
80%-100%	5

Nota: En función de la observación la duración de la trabajadora está al 100% y su valoración es 5. Elaborado por la autora.

Tabla 4

Porcentaje de la duración del esfuerzo

Valoración	DE
1	0,5
2	1
3	1,5
4	2
5	3

Nota: Con la valoración de 5 el factor multiplicador es 3. Elaborado por la autora.

Frecuencia de los esfuerzos

La frecuencia de los esfuerzos es muy alta y están presentes todo el tiempo por lo tanto la valoración es 5.

Tabla 5

Esfuerzos por minutos

Referencia	Valoración
<4	1
4-8	2
9-14	3
15-19	4
>=20	5

Nota: La valoración por minuto nos indica cual es la valoración del esfuerzo. Realizado por la autora.

Tabla 6

Esfuerzos por minutos

Valoración	EM
1	0,5
2	1
3	1,5
4	2
5	3

Nota: Con la valoración del esfuerzo por minuto se tiene una calificación de 5 lo cual el factor multiplicador es 3.

Postura de la muñeca

La muñeca de la trabajadora al ejecutar la tarea realiza movimientos con una abducción de 45°

Tabla 7

Abducción de muñeca

Postura muñeca	Extensión	Flexión	Desviación	Postura percibida	Valoración
Muy buena	0°-10°	0°-5°	0°-10°	Perfectamente neutral	1
Buena	11°-25°	6°-15°	11°-15°	Cercana a la neutral	2
Regular	26°-40°	16°-30°	16°-20°	No neutral	3
Mala	41°-55°	31°-50°	21°-25°	Desviación importante	4
Muy mala	>55°	>50°	>25°	Desviación extrema	5

Nota: La abducción de la muñeca es mal debido a la desviación importante por lo tanto la valoración es 4. Elaborado por la autora.

Tabla 8

Postura de muñeca

Valoración	HWP
1	1
2	1
3	1,5
4	2
5	3

Nota: Con el valor de 4 el factor multiplicador es 2. Realizado por la autora.

Velocidad de trabajo

Tabla 9

Velocidad de trabajo

Ritmo de trabajo	Comparación con MTM-1 ¹	Velocidad percibida	Valoración
Muy lento	<=80%	Ritmo extremadamente relajado	1
Lento	80% - <90%	Ritmo lento	2
Regular	90% - <100%	Velocidad de movimientos normal	3
Rápido	100% - <115%	Ritmo impetuoso pero sostenible	4
Muy Rápido	>=115%	Ritmo impetuoso y prácticamente insostenible	5

Nota: De acuerdo con la velocidad percibida es de ritmo impetuoso, por lo tanto, la valoración es 4. Realizado por la autora.

Tabla 10

Velocidad del trabajo

Valoración	SW
1	1
2	1
3	1
4	1,5
5	2

Nota: Con la valoración de 4 el factor multiplicador es 1,5. Realizado por la autora.

Duración de la tarea por día

Tabla 11

Duración de la tarea por día en horas

Tareas por día en horas (duración)	Valoración
<1	1
1-2	2
2-4	3
4-8	4
>=8	5

Nota: La trabajadora ejerce esta tarea durante casi toda su jornada de trabajo por lo tanto

la valoración es 4. Elaborado por la autora.

Tabla 12

Duración por día

Valoración	DD
1	0,25
2	0,5
3	0,75
4	1
5	1,5

Nota: Con la valoración de 4 el factor multiplicador es 1. Elaborado por la autora.

Cálculo del JSI

$$\text{JSI} = \text{IE} \times \text{DE} \times \text{EM} \times \text{HWP} \times \text{SW} \times \text{DD}$$

$$\text{JSI} = 6 \times 3 \times 3 \times 2 \times 1,5 \times 1$$

$$\text{JSI} = 162$$

Este resultado sobrepasa al valor de 5 que el método considera que a partir de este valor provoca desordenes musculo esqueléticos en los trabajadores. Por lo tanto, se deben establecer medidas de control que reduzcan este nivel de riesgo.

Línea de investigaciones del diseño automatizado de sistema electromecánico, eléctricos/electrónicos, para poder satisfacer las necesidades en el sector productivo en el campo de la ingeniería industrial en el área de automatización para el diseño de un sistema automático para el proceso de soplado de termoencogibles para cumplir con el objetivo de estudio en la compañía Qualipharm ubicada en Quito sector norte, durante el período de octubre - enero del 2023 (Pachacama A., 2020).

Áreas de estudio

Tabla 13

Áreas de estudio

Dominio:	Tecnología y sociedad.
Línea de investigación:	Automatización y Redes.
Sub línea de investigación:	Automatización de procesos industriales, para optimizar los sistemas manuales y mejorar la productividad.
Campo:	Ingeniería industrial
Área:	Automatización Industrial
Aspectos:	Diseño automatizado para el soplado de termoencogibles.
Objetivo de estudio:	Empresa Qualipharm Laboratorio farmacéutico, ubicado en Quito sector el condado.
Período de análisis:	Octubre - abril 2023

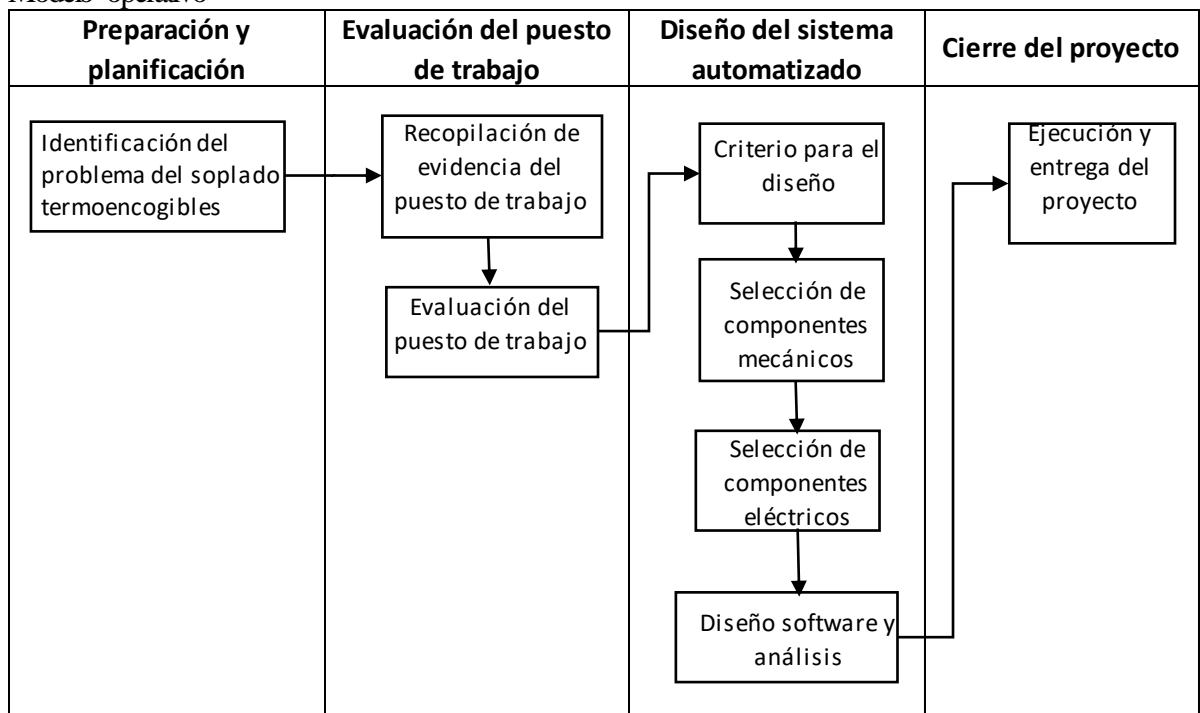
Nota: Área de estudio acogido de UTI. Elaborado por la autora.

Modelo operativo

Se requiere tener una solución para el problema presentado por lo cual se pretende realizar un diagrama mismo que permita tener un panorama claro del puesto de trabajo para obtener mejores resultados a través de la automatización, mitigar la generación de enfermedades profesionales y tener una mejor productividad.

Actualmente en la empresa el proceso de soplado lo realizan 80% manual.

Figura 5
Modelo operativo



Nota: Basado en la metodología RUP (Rational Unified Process). Tomado de Dtyoc (<https://dtyoc.com/2016/06/07/modelo-rup-ibm/>). Elaborado por el autor.

El modelo operativo antes mencionado indica cual es la preparación y planificación de problema, la evaluación del puesto de trabajo con su previa recopilación de datos, la realización

del diseño del sistema automatizado para la elaboración de soplado de termoencogibles de splash y el cierre de proyecto.

Preparación y planificación

Para la etapa del proyecto correspondiente a preparación y planificación se realizará la identificación de la problemática dentro de la empresa Qualipharm, se identifica que el puesto de trabajo de soplado de termoencogible presenta problemas en los trabajadores debido a movimientos repetitivos.

Evaluación del puesto de trabajo

La evaluación detallada en el capítulo II, la recopilación de datos sobre el proceso de soplado de termoencogibles a través de datos cuantitativos de los movimientos repetitivos que se realiza en ese puesto de trabajo, para identificar cual es la situación inicial de trabajo se ha realizado la evaluación ergonómica a través del método JSI.

Diseño del sistema automatizado

El diseño del sistema cuenta con 4 etapas, se iniciará identificando los requisitos que debe cumplir el sistema automático. Después se procederá a realizar el sistema mecánico que cumpla con los movimientos requeridos en el puesto de trabajo, se procede a seleccionar los elementos del sistema eléctrico tales como motor, fuentes, controlador y protecciones, etc., finalmente se diseñada el sistema mecánico en el software para que cumpla con los parámetros requeridos.

Cierre del proyecto

Para el cierre del proyecto se presentarán los circuitos de control y fuerza, así como de ensamblaje y la programación del sistema automático.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

La medida correctiva que se propone es la automatización del proceso de soplado de termoencogibles mediante un sistema automático que realice el movimiento de la pistola de calor de abajo hacia arriba y viceversa, esto permite mitigar las lesiones musco-esqueléticas en el personal que realiza esta actividad.

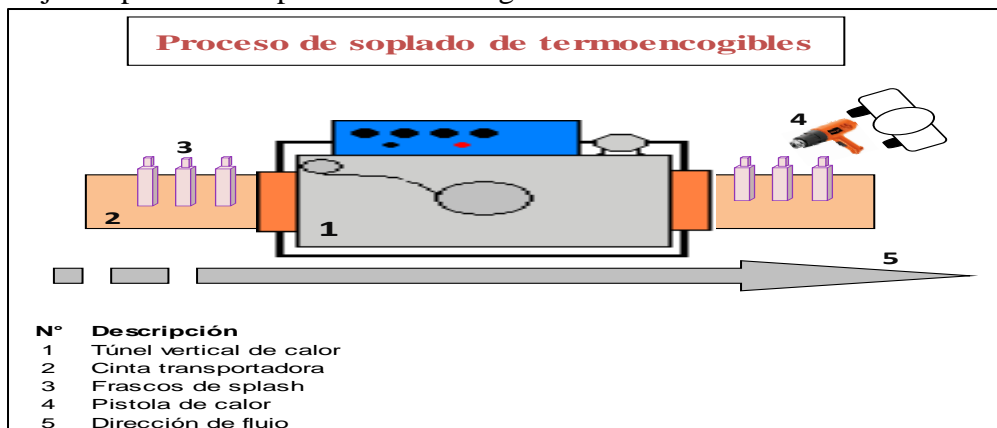
Automatización del pedestal para el termosellado del frasco de splash

Criterios para el diseño mecánico para el soplado de termoencogibles

En la Figura 6 se presenta un esquema del proceso de soplado de termoencogibles para un envase de plástico que contiene 20 ml de producto. En este túnel vertical se obtiene el primer termoencogido, mismo que no satisface los requerimientos del cliente y por tal razón se debe realizar la corrección de leves arrugas en la tapa o pico del frasco con el uso de una pistola de calor. Esta corrección de imperfecciones se ejecuta mediante un movimiento vertical que realiza el operador al final del túnel vertical.

Figura 6

Flujo del proceso de soplado de termoencogibles



Nota: Descripción del proceso de soplado de termoencogibles. Realizado por la autora.

Para la automatización de este proceso productivo se debe considerar los siguientes aspectos: la velocidad, la longitud a recorrer la pistola de calor es de 16 cm en forma vertical, la frecuencia aproximada es de 20 envases por minuto, se debe considerar además que dicha pistola de calor tiene un peso de 1,8 kg y la locación del nuevo sistema de estar al final del túnel vertical.

Selección de componentes mecánicos para la automatización

Mediante los criterios de diseño se identificó que el sistema requiere un movimiento vertical repetitivo con una longitud de 16 cm y que soporte el peso de 1,8 kg de la pistola de calor. A continuación, se presenta un análisis comparativo de las posibles soluciones para la problemática planteada tanto a nivel de diseño mecánico como eléctrico y electrónico.

Criterios para la selección del mecanismo de soplado de termoencogible

Para la selección del mecanismo para el proceso de automatización de soplado de termoencogible se toma en consideración los parámetros contemplados en la Tabla 14.

Tabla 14
Parámetros para la selección del sistema automatizado

Características	Parámetros
Longitud de recorrido	16 cm
Número de ejes	1 eje
Distancia hacia al envase	5 cm ± 0,5 cm
Carga útil	1,8 kg
Velocidad de movimiento	~ 16 cm/s
Costo	Debe ser menor a \$2500
Uso	Industrial

Nota: estos son los parámetros que debe cumplir el diseño automático para el proceso de

termoencogibles. Elaborado por la autora.

Tabla 15

Valores para la selección de alternativas

Descripción	Valor
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2

Nota: Tabla para realizar la selección de alternativas para la automatización del soplado de termoencogibles de splash. Realizado por la autora.

Modelo 1 Brazo eléctrico

Este modelo mecánico es un mini robot industrial de alta calidad, es de uso educativo para manejo industrial, brazo de paletización de 4-6 ejes, es preciso para recoger y colocar, se lo puede adquirir en el mercado fácilmente. La característica principal es de 100cm de recorrido, tiene cuatro ejes, la presión de posicionamiento es de $\pm 0,05$. El costo de este equipo es de \$ 1999.

Figura 7

Mecánico eléctrico



Nota: El diseño del sistema mecánico eléctrico es preciso para la recolección y colocación de objetos. Tomado de la web <https://spanish.alibaba.com/p-detail/High-1600455880892.html?spm=a2700.details.0.0.5bd96fabK9nmhn>

Modelo 2 Cartesiano

El brazo cartesiano tiene un módulo lineal de carrera larga, sistema de movimientos lineales deslizantes de 3 ejes, riel de aluminio de 50mm - 4000 mm, la desventaja de este modelo es que no cumple con la velocidad de reacción que se requiere para el soplado de termoencogibles, el costo de este equipo es accesible pero la funcionalidad es limitada. El costo de este equipo es de \$650.

Figura 8
Brazo robótico cartesiano



Nota: El modelo cartesiano tiene limitación en el tiempo de reacción de la actividad que se requiere realizar en el proceso de soplado. Tomado la web <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Long-1600710297942.html?spm=a2700.wholesale.0.0.626b560boAkZic>.

Modelo 3 Brazo eléctrico inteligente

El modelo eléctrico inteligente es el más óptimo para el proceso de soplado de termoencogibles, el uso de este modelo de equipo se inclina más para las industrias de alimentos y bebidas de la fábrica, auto móviles. Recorrido horizontal de 400mm - 1500 mm. El costo de este equipo es de \$ 17500.

Figura 9
Brazo eléctrico inteligente



Nota: Brazo eléctrico realiza varias funciones y movimientos, su capacidad de reaccionar para las actividades propuestas es rápida. Tomado de la web https://spanish.alibaba.com/p-detail/Factory1600686958190.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.543d6403oSesH5&s=p




Para el análisis comparativo se han fijado algunas opciones disponibles en el mercado en función de los requisitos del sistema planteados en la Tabla 14. Las distintas soluciones encontradas se pueden observar en la Tabla 16.

Modelo a Pedestal de termosellado

El pedestal de termosellado va a realizar un recorrido lineal con una distancia mínima de 16 cm, sistema de movimientos lineales deslizantes de 1 eje, la carga útil será de 2kg, precisión de posicionamiento de $\pm 0,05$, tipo de uso industrial, costo se debe acoplar al presupuesto disponible.

Tabla 16
Análisis comparativo de mecanismos para el sistema de automatización

Características	Modelo 1 Brazo eléctrico ^a	Modelo2 Cartesiano	Modelo3 Brazo Eléctrico inteligente ^c	Modelo 4 mecánico eléctrico (Pedestal de termosellado)
Longitud de recorrido	100 cm	5 cm a 400 cm	40 cm a 150 cm	16cm
Número de ejes	3 ejes	3 ejes	6 ejes	1 eje
Precisión de posicionamiento	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$
Carga útil	6 kg	15 kg	10 kg	2 kg
Velocidad de movimiento	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple
Bajo costo	\$1.999	\$675	\$17.500	~500
Uso	Industrial	Industrial	Industrial	prototipo/industrial

Nota: ^a (AliExpress, 2023). ^b(AliExpress, 2023b).^c (AliExpress, 2023a). Elaborado por la

autora.

En base al análisis comparativo que se presenta en la Tabla 16 la selección de alternativas de los diferentes tipos de brazos robóticos que existen en el mercado los cuales se pueden utilizar en el proceso de soplado de termoencogibles, la selección de alternativas se realiza mediante el método de ponderación.

Tabla 17

Selección de alternativas de los modelos para el soplado de termoencogibles

Características	Ponderación (%)	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Longitud de recorrido	25	0,75	0,25	0,75	0,75
Número de ejes	10	0,4	0,50	0,50	0,30
Peso del equipo	5	0,1	0,2	0,2	0,1
Bajo costo	50	2	1	1	2,5
Durabilidad	10	0,4	0,4	0,4	0,5
Total		3,65	2,35	2,85	4,15

Nota: La mejor alternativa es el modelo 4 pedestal para soplado de termoencogibles mismo que se acopla con las características que se necesita para el proceso de termosellado.

Elaborado por la autora.

De acuerdo a la selección de alternativas de cada uno de las opciones de los modelos planteados en la Tabla 16, para el sistema de automatización de soplado de termoencogible se ha escogido el **pedestal para termosellado (Modelo 4)** debido a su bajo costo, facilidad de implementación, configuración y escalabilidad. En este modelo se puede tomar en cuenta dos posibles opciones según el presupuesto a asignarse. En caso de requerirse un sistema robusto para ambientes industriales, los materiales (aluminio y acero) a usarse incrementarían el costo del sistema. En caso de ser un prototipo se podría incursionar con un modelado inicial con material ABS y fabricación aditiva (impresión 3D).

La otra posible opción por costo sería el modelo 2 (cartesiano), sin embargo, debido a las características de operación del sistema: velocidad de salida de los envases y movimiento de abajo hacia arriba (16cm/s), este no respondería de manera adecuada. Su restricción en velocidad viene dada por su sistema a base de motores de paso y tornillos sin fin, lo que si bien genera una alta precisión penaliza en velocidad en el movimiento.

Funcionamiento del sistema

Una vez analizado el proceso de calentamiento del termoencogible y el entorno donde éste se desarrolla, se ha encontrado los siguientes puntos clave para el diseño del sistema de automatización:

El proceso de calentamiento empieza en el momento que el envase sale del túnel principal de la máquina.

El movimiento de la pistola de calor es de tipo vertical, de abajo hacia arriba.

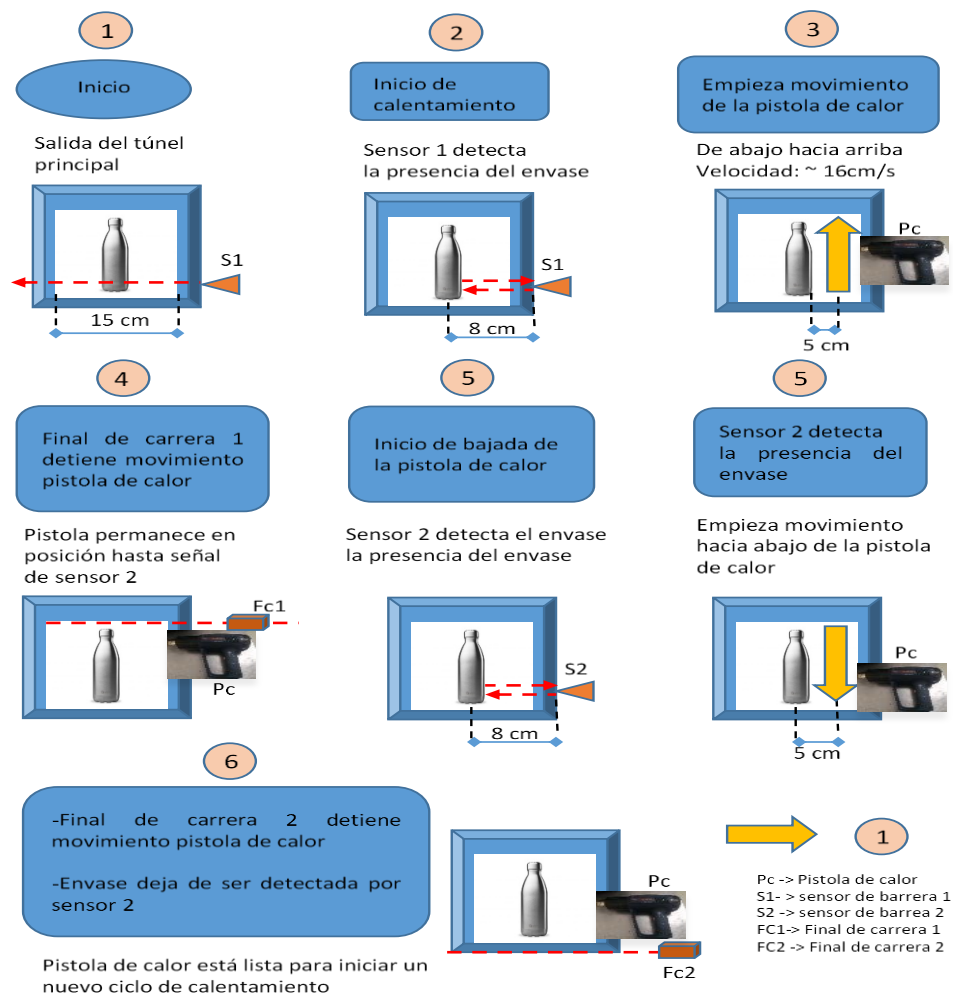
El movimiento de calentamiento se realiza de manera rápida, alrededor de 16cm/s y pasa de localizarse en la posición inferior hasta llegar a la parte superior (altura de la tapa) y finalmente volver a la parte inferior. Este movimiento total debe ser realizado en un tiempo de 3 segundos, debido a la velocidad de transporte de la banda (20 envases por minuto).

La pistola de calor debe mantenerse encendida todo el tiempo, ya que procesos de encendido y apagado continuos en periodos tan cortos de tiempo podrían ocasionar daños en el equipo. Se debe considerar sistemas con finales de carrera o recorrido en el sistema mecánico, ya que la pistola debe detenerse de manera automática tanto en el punto superior como inferior.

Se considerará el uso de dos sensores. El primero avisará al sistema que el envase ha salido del túnel vertical y debe iniciar el proceso de calentamiento. El segundo sensor avisará al sistema que la pistola debe bajar a posición inicial y prepararse para la llegada del siguiente envase.

En la Figura 10 se presenta un diagrama de flujo del comportamiento que debería tener el sistema de soplado de termoencogible.

Figura 10
Representación gráfica de la automatización del proceso de termoencogido



Nota: Representación gráfica del proceso automatizado y pasos de funcionamiento del sistema automatizado de soplado de termoencogibles. Elaborado por la autora.

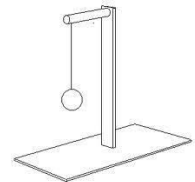
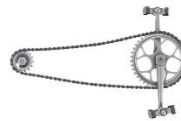
Diseño del mecanismo

El sistema mecánico son los elementos de una máquina, los cuales son capaces de transmitir y transformar movimientos y fuerza desde un elemento motriz o conductor hasta un elemento conducido.

Para el diseño mecánico existe cuatro tipos: lineal, alternativo, de rotación y oscilante como se puede observar en la Tabla 18.

Tabla 18
Tipos de movimiento

Lineal	Alternativo	Rotación	Oscilante
El movimiento lineal realiza un trayecto de línea recta. Por ejemplo, una polea que sube un peso.	Este movimiento realiza un trayecto de línea, pero de avance y retroceso. Por ejemplo, la hoja de corte de una sierra de calar.	La rotación tiene un trayecto de circunferencia. Por ejemplo, el pedal de una bicicleta.	El movimiento oscilante va en trayecto de arco de avance y retroceso. Por ejemplo, un péndulo.



Nota: Adatado de (Cardona i Foix et al., 2001). Elaborado por la autora.

Para clasificar en forma general el mecanismo se realiza en función de la relación ente los movimientos conductor y conducido, que pueden ser de transformación o transmisión de movimiento. Para este proyecto se utiliza un mecanismo con juntas correderas que se utilizan en

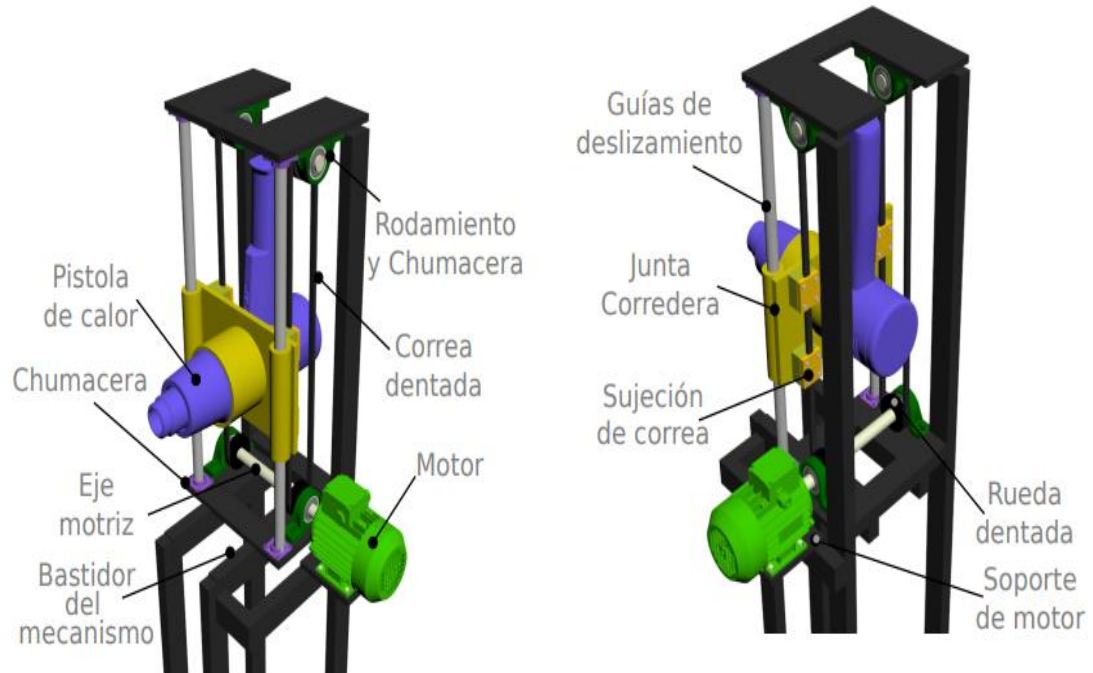
ingeniería y diseño mecánico para permitir el movimiento lineal de un objeto en una dirección determinada. Estos mecanismos se componen de dos elementos principales: una riel o guía y un carro o deslizador.

El riel o guía proporciona una superficie de deslizamiento para el carro o deslizador, que se mueve de manera lineal a lo largo del riel. Las juntas correderas se utilizan en aplicaciones donde se requiere un movimiento preciso y sin fricción, como en máquinas herramienta, equipos de medición, sistemas de transporte, entre otros.

Algunos ejemplos comunes de mecanismos con juntas correderas incluyen las guías lineales en las máquinas CNC (Control Numérico por Computadora), los cajones de los muebles, los sistemas de suspensión de los automóviles, entre otros.

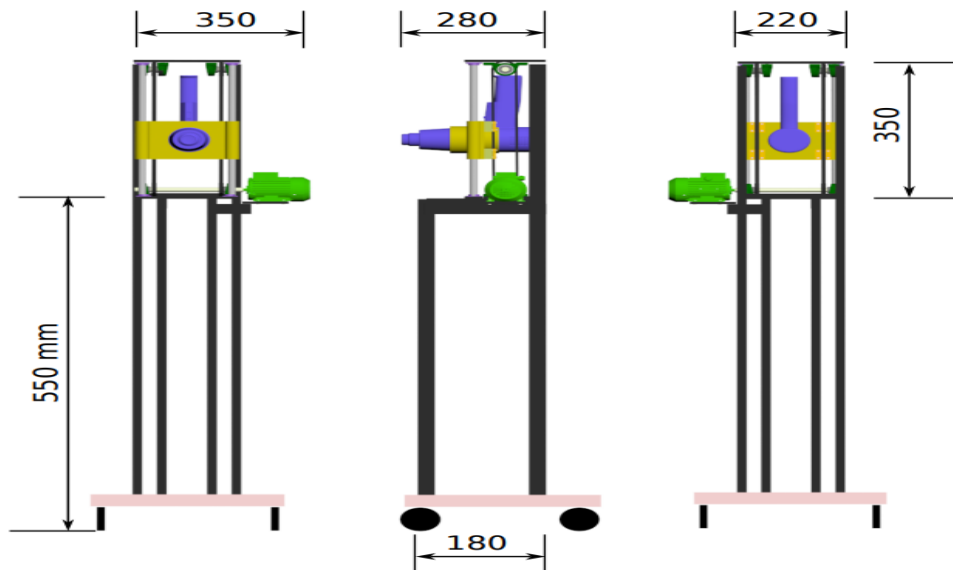
Tomando en cuenta la información de la Tabla 18, se ha decidido considerar para el diseño mecánico del sistema un mecanismo tipo lineal de desplazamiento vertical. En las Figura 11 y Figura 12, se muestra el sistema diseñado con una vista 3D considerando sus componentes principales.

Figura 11
Partes principales del mecanismo de desplazamiento lineal



Nota: Diseño de mecanismo en AutoCAD. Elaborado por la autora.

Figura 12
Dimensiones del diseño automático para el mecanismo de desplazamiento lineal



Nota: Diseño de soporte de mecanismo en AutoCAD. Elaborado por la autora.

Selección del sistema de sensorización

Una vez analizado las condiciones de trabajo y funcionamiento del sistema, así como la intervención del operador en el proceso, se ha establecido que el procedimiento de calentamiento y movimiento de la pistola de calor (de abajo hacia arriba) empieza en el instante que el envase sale del túnel principal. En este contexto, es necesario que exista un sensor adecuado que permita informar al controlador principal el inicio del ciclo de calentamiento. Con el fin de escoger el sensor más adecuado para la aplicación, en la Tabla 19 se han establecido 3 opciones de sensores para la detección de objetos.

Tabla 19
Tipos de sensores

Características	Pololu Digital Distance Sensor 15cm	Sharp GP2Y0D810Z0F	Sensor PIR HC-SR501
Rango de detección	15 cm	2 cm - 10 cm	3m – 7m ángulo 110
Voltaje	3.0 V - 5.5 V	2.7 V - 6.2 V	5.0V - 12.0 V
Corriente	30 mA	5 mA	1 mA
Costo	12.95 USD	10.95 USD	3.40 USD

Nota: Opciones de sensores para la detección del envase. Elaborado por la autora.

De la Tabla 19, al analizar los 3 sensores, el primero en ser descartado es el sensor tipo PIR (Dynamo Electronics, 2021), debido a que su acción no es puntual, es un sensor de campo amplio

(a manera de cono), este sensor provocaría infinidad de falsos positivos al no detectar solo el envase, sino cualquier otro objeto que se mueva dentro de su campo de visión.

Tanto el sensor Pololu, (Pololu Corporation, 2023c) como el sensor Sharp resultarían ideales para esta aplicación, al usar tecnología de infrarrojo con un haz de luz puntual. Para la selección final se tomará en cuenta las medidas referenciales establecidas en la Figura 12, en donde, el ancho total del túnel es de alrededor de 15cm y el centro de la botella debería estar alrededor de los 7,5 cm. Con esto en mente, un sensor con un alcance mayor a los 15cm podría de igual manera generar falsos positivos en la detección de objetos debido a que podría detectar personas u objetos alejados de la máquina. Para mayor seguridad en cuanto a detección del envase y evitar objetos ajenos al sistema se escogerá como opción del diseño el sensor Sharp GP2Y0D810Z0F, (Pololu Corporation, 2023b) que al mismo tiempo posee un bajo consumo de energía y puede trabajar con el estándar de voltaje TTL (0- 5V).

Selección del sistema de control

Para el diseño del sistema de control se analiza el funcionamiento manual (operador) del sistema de soplado de termoencogible. En este apartado se toma en cuenta la Figura 12, donde las variables de entrada serán los sensores que detectan el envase (2 sensores infrarrojos) y dos sensores tipo final de carrera (switch) para la detención del recorrido de la pistola de calor. En cuanto a las variables de salida se tiene el control del motor DC mediante señal PWM. Para satisfacer estas necesidades, se plantea el uso de placas micro controladas. En la Tabla 20 se realiza una tabla comparativa con características técnicas de varios dispositivos que pueden encontrarse a nivel comercial.

Tabla 20

Alternativas de placas micro controladas

Características	Arduino	Node MCU	Raspberry PI Pico
	NANO V3	8266 V3	
Microcontrolador	ATmega328	ESP12E	RP2040 dual-core Arm Cortex-M0+
Voltaje de funcionamiento (nivel lógico)	5V	3.3V	3.3V
Pines de E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)	GPIO 16 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)	GPIO 26 (de los cuales 16 proporcionan salida PWM)
Corriente por pin	40 mA	12 mA	12mA
Costo	15.00 USD	10 USD	15.0 USD

Nota: Se realiza la implementación de la placa micro controladora en el sistema de soplado de termoencogibles. Realizado por la autora.

De la Tabla 20, al analizar los tres sistemas de microcontroladores, el primero en ser descartado es la Raspberry PICO, (Raspberrypi, 2023) debido a que por ser nueva no ofrece mucho soporte al momento de trabajar con diferentes sensores. El voltaje de operación es otra condición importante ya que opera en un rango de 3.3v y presentaría inconvenientes con el sensor Sharp GP2Y0D810Z0F. El Node MCU 8266 (Naylamp Mechatronics, 2021) es una buena opción, sin embargo, al igual que el Raspberry PICO el voltaje de operación es de 3.3v, que sería un

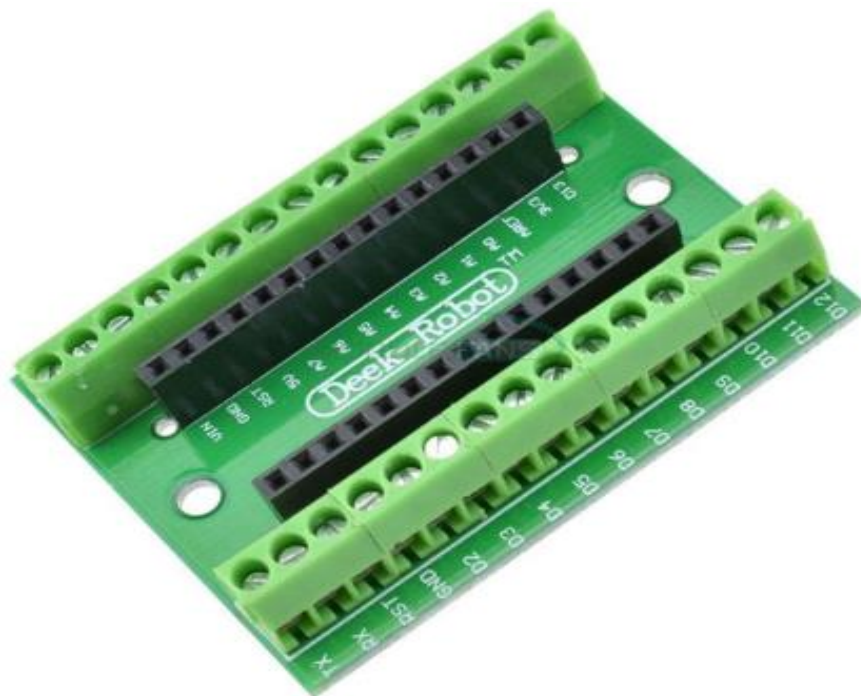
inconveniente al momento de adaptar las señales lógicas del sensor. Es por esto por lo que, la opción a tomar en cuenta para el sistema es el Arduino NANO v3 (Arduino, 2021), ya que presenta un soporte para una gama amplia de sensores, el voltaje de operación es de 5V por lo tanto no hay inconveniente en la adaptación de las señales lógicas con el sensor de distancia. La corriente que soporta cada uno de sus pines es mayor a la de los otros dispositivos y la cantidad de pines de entradas y salidas digitales es suficiente para el sistema propuesto.

Shield de expansión para Arduino Nano

El Shield de expansión, incluye pines hembra para la sujeción del Arduino NANO y borneras con tornillos para ajustar cables, de esta manera facilita manipular los pines del microcontrolador y adaptarlos a las necesidades industriales, con una conexión rápida y segura para el cableado.

Figura 13

Shield de entradas y salidas para Arduino Nano



Nota: Shield de expansión Arduino Nano. Adoptado de la web (NovatronicEc, 2020b)

Selección del sistema de potencia y energía

En este apartado se realiza el análisis de la selección del motor adecuado para el funcionamiento del mecanismo, es por eso que en la Tabla 22 se observa una comparativa entre los posibles motores a usar.

Tabla 21

Características de los motores para el accionamiento del mecanismo

Especificación	19:1 Metal Gearmotor 37Dx52L	30:1 Metal Gearmotor 37Dx52L	70:1 Metal Gearmotor 37Dx54L
Velocidad sin carga	530 RPM	330 RPM	150 RPM
Corriente sin carga	0.2 A	0.2 A	0.2 A
Corriente en Stall	5.5 A	5.5 A	5.5 A
Torque en Stall	8.5 kg-cm	14 kg-cm	27 kg-cm
Voltaje	12V	12V	12V

Nota: Detalle de las características de los motores DC. Adoptado de la web (Pololu Corporation, 2023a)

El sistema mecánico diseñado posee en el eje del motor una polea para banda de un radio de 1,27cm. Con base en este radio y la velocidad lineal que se desea obtener para el movimiento de la pistola de calor, es posible dimensionar la velocidad del motor de la siguiente manera:

Sea la velocidad lineal de la pistola de calor: $V = \frac{16cm}{s}$ y el radio de la polea $r = 1,27cm$.

La velocidad angular del motor estaría dada por: $\omega = v/r$ (ecuación 1).

$$\omega = \frac{16}{1,27} = 12,6 \text{ rad/s}$$

Transformando a revoluciones por minuto se tendría: $\omega = 120,3 \text{ rev/min}$

Tomando en cuenta las opciones de la Tabla 9, la mejor opción es 70:1 Metal Gearmotor 37Dx54L, el cual posee las características de velocidad deseadas y un torque capaz de soportar un holgura el peso de la pistola de calor y el sistema mecánico asociado.

Driver para motor DC

Una vez seleccionado el motor se procede con la selección del controlador adecuado que soporte sus características y especificaciones. Como se puede observar en la Figura 13 el módulo BTS7960 es un controlador para motor DC, que maneja una corriente de 43 A con un voltaje de entrada de 5.5V a 27V. Este dispositivo es compatible con el Arduino Nano y cuya versión incluye un disipador de calor que ayuda al controlador a soportar largas jornadas de trabajo (NovatronicEc, 2020a).

Figura 14
Driver BTS7960 para motor DC



Nota: Este driver permite controlar el motor DC mismo que ayuda a realizar largas jornadas de trabajo. Adoptado de la web.

Las características técnicas se pueden observar en Tabla 10.

Tabla 22
Características del controlador del motor DC

Especificación	Valor
Modelo	BTS7960
Voltaje de Motor	5.5v-27v
Voltaje de Operación	5v
Corriente	43A
Señales PWM	2

Nota: Controlador para el motor DC. Elaborado por la autora.

Propuesta del diseño del sistema automatizado de soplado de termoencogible

Una vez seleccionados los principales componentes del sistema, es necesario, establecer las conexiones, funcionalidades e interacciones entre cada uno de ellos.

La placa de desarrollo Arduino como unidad central de control del sistema recibe y envía información a sensores y motores respectivamente. En el caso de los sensores, se ha establecido el uso de un sensor de tipo digital que entrega salidas en niveles 0L y 1L (0V - 5V), lo que implicaría la necesidad de un pin a modo de entrada digital. Por otra parte, el análisis del problema indica que el proceso es susceptible de la velocidad a la cual se desplace la pistola de calor, esto quiere decir que es necesario tener un control de velocidad del motor DC.

En este sentido, sería necesario el uso de un pin de salida a modo de señal PWM (Pulse Width Modulation) que permita el control de velocidad del motor. Para ello hay dos opciones: la primera es fijar por experimentación una velocidad establecida previamente, sin embargo, si el proceso cambia sus condiciones de funcionamiento, sería necesario realizar una reconfiguración del sistema a nivel de software.

La segunda opción recae en diseñar el sistema de tal manera que el controlador (Arduino) pueda cambiar la velocidad del motor de acuerdo con las necesidades del usuario sin tener la necesidad de incurrir en un cambio profundo a nivel de programación. Esta última será la escogida para el presente proyecto, en donde, mediante el uso de un potenciómetro externo, el usuario podrá manipular la velocidad del motor de acuerdo con sus necesidades.

Esquemáticamente esto implica que el controlador posea una entrada de tipo analógica extra. En la Tabla 23, se detallan los pines a usar del Arduino Nano con sus respectivas funcionalidades; además en la Figura 14 se presenta su pinout.

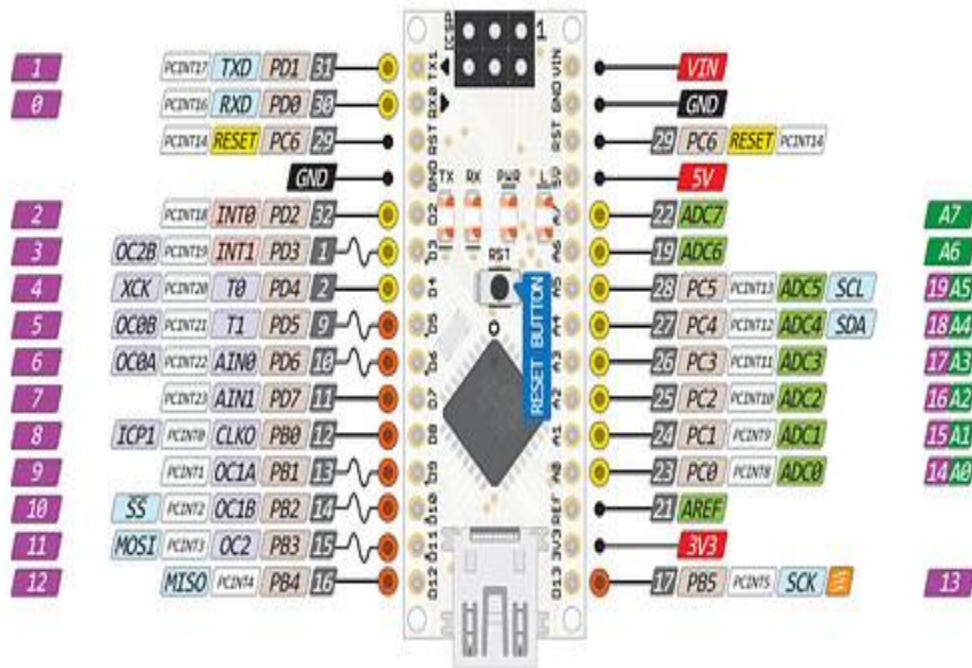
Tabla 23
Pines para Arduino Nano

Pin	Descripción
Pin D5	Generación de señal PWM para control de velocidad del motor DC
Pin A0	Conexión de potenciómetro como entrada analógica para variación de PWM
Pin D6	Final de carrera superior (FC1)
Pin D7	Final de carrera inferior (FC2)
Pin A7	Conexión sensor infrarrojo digital
Pin D2	Conexión sensor infrarrojo digital

Nota: Estos pines que se van a utilizar en Arduino nano son para controlar el sistema.

Realizado por la autora.

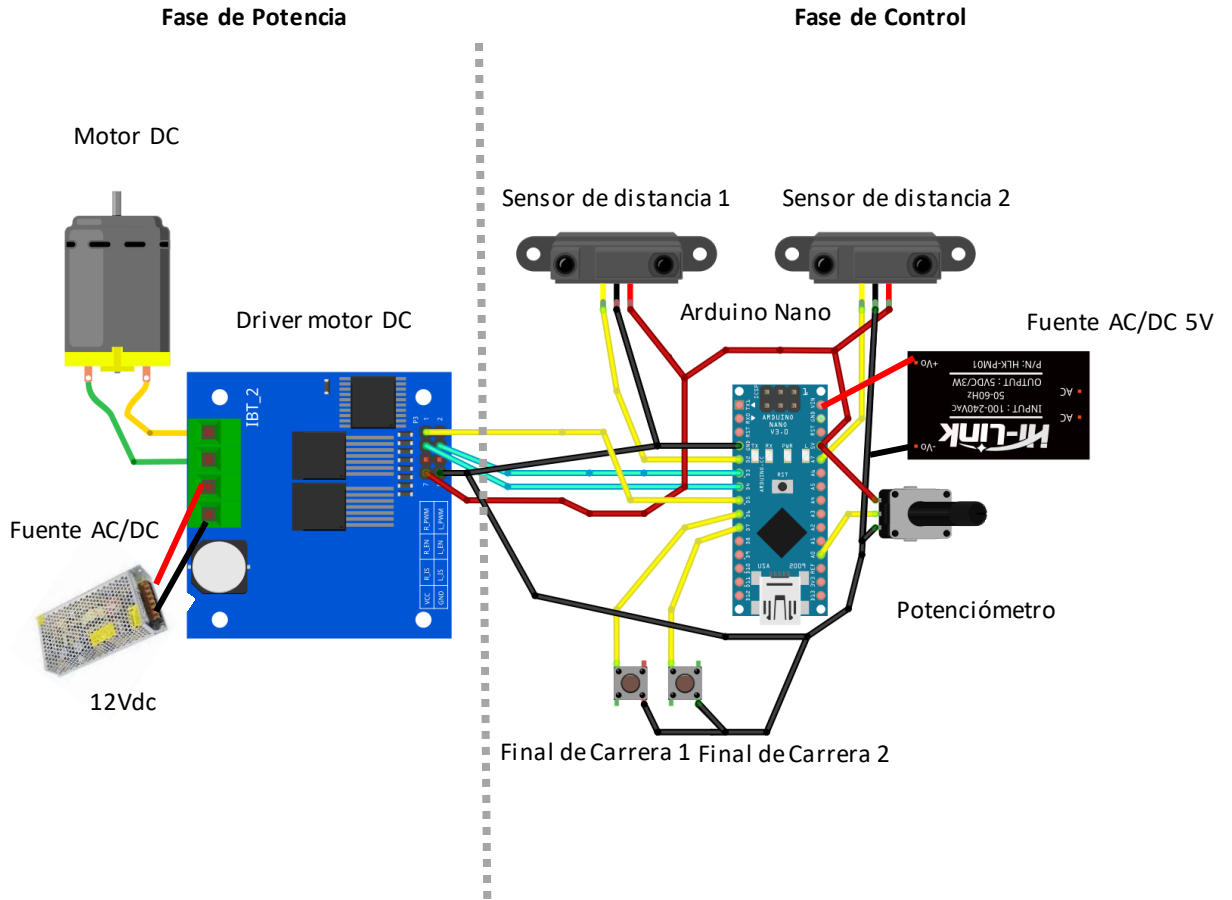
Figura 15
Pin-Out del Arduino nano



Nota: Tipos de pines y su ubicación. Tomado de la web (LLamas Luis, 2023)

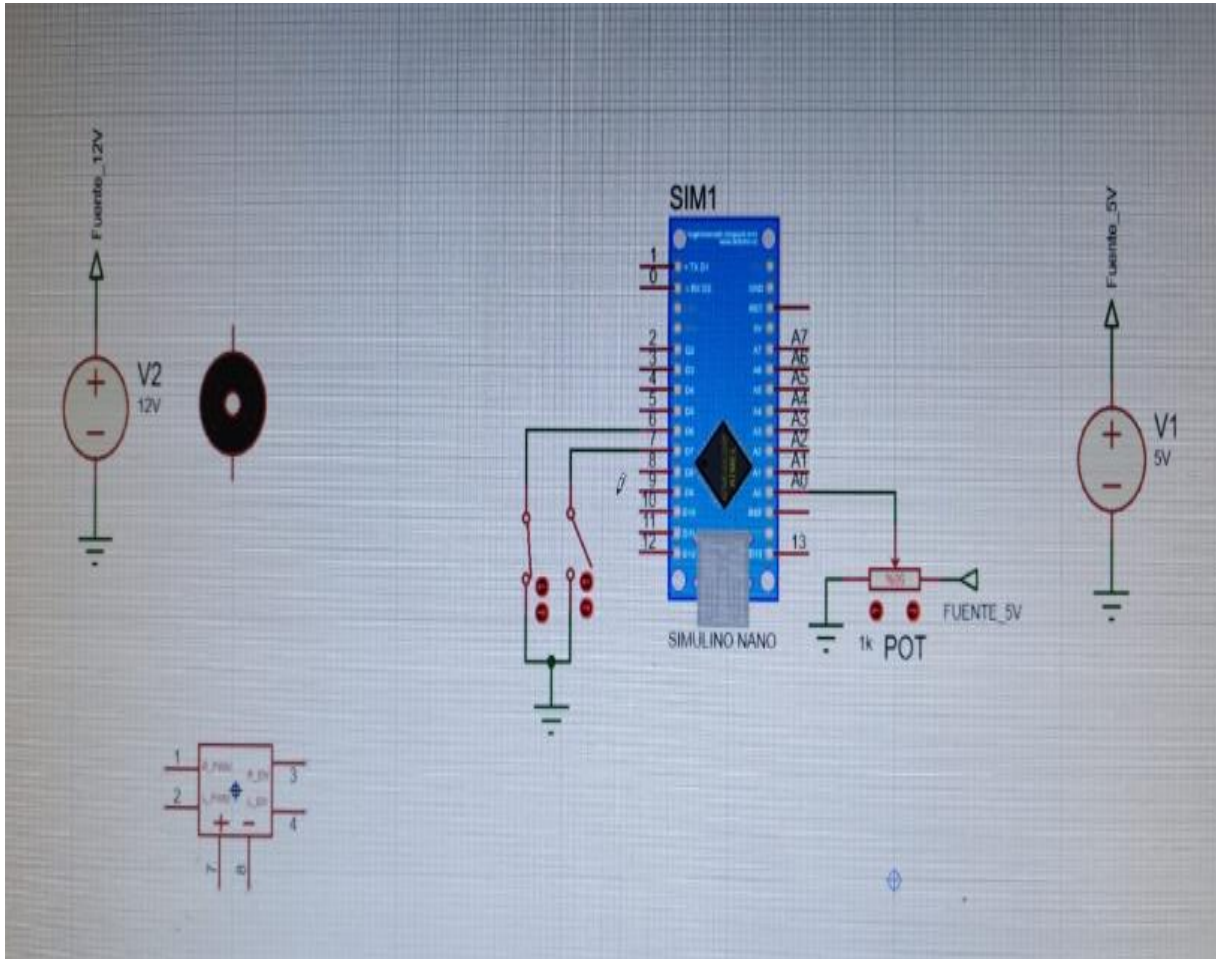
En la Figura 16, se detalla el esquema de control y potencia del sistema automatizado de soplado de termoencigible.

Figura 16
Esquema general de conexiones



Nota: Diseño electrónico en Fritzing. Elaborado por la autora.

Figura 17
Diagrama de conexión



Nota: Diagrama de conexión para el sistema automatizado. Elaborado por la autora.

Listado final de elementos eléctricos y electrónicos

Después del proceso de análisis del sistema y la posterior selección de los distintos elementos a usar en el sistema automatizado, en la Tabla 24 se presenta el listado de los elementos eléctrico y electrónicos a utilizarse.

Tabla 24
Lista de materiales

Cantidad	Elementos para el diseño automatizado
1	Motor DC (70:1 Metal Gearmotor 37Dx52L mm 12V)
2	Sensor infrarrojo
2	Finales de carrera
1	Placa Arduino Nano
1	Puente H
1	Potenciómetro
1	Shield Arduino Nano
1	Fuente de voltaje AC/DC 12V
1	Convertor de voltaje AC/DC 5V Hi-Link
1	Varios: borneras, cable 18AWG, conectores tipo puntera, resistencias, etc.

Nota: La lista de materiales para el desarrollo del diseño propuesto. Elaborado por la autora.

Propuesta de programación

```
byte final_1=0; // variable de final de carrera 1

byte final_2=0; // variable de final de carrera 2

byte sensor_1=0; // sensor infrarrojo 1

byte sensor_2=0; // sensor infrarrojo 2

int pot=0; // valor potenciómetro

int velocidad; // valor pwm

void sentido_giro(byte sentido)

{

if (sentido==1){

digitalWrite(3,HIGH); //giro a derecha ON->horario

digitalWrite(4,LOW); //giro izquierda OFF

}

if (sentido==2)

{

digitalWrite(3,LOW); //giro a derecha OFF

digitalWrite(4,HIGH); //giro a izquierda ON->antihorario

}

}

void setup() {

// definicion de pines de entrada con y sin pull up

pinMode(6,INPUT_PULLUP); //FC1

pinMode(7,INPUT_PULLUP); //FC2
```

```

pinMode(2,INPUT); //Sensor 1

pinMode(A7,INPUT); //Sensor 2

pinMode(3,INPUT); //control giro derecha motor
pinMode(4,INPUT); //control giro izquierda motor
analogWrite(5,0); //Se inicia apagado motor DC

}

void loop() {

pot=analogRead(A0); // sirve para fijar la velocidad del motor
velocidad=map(pot,0,1023,0,255);// mapea a un valor de 0 a 255

if (digitalRead(6)==1){ // detecta que pase la botella

sentido_giro(1); //sentido horario 1, 2 sentido anti horario

analogWrite(5,velocidad); // se carga valor PWM para el driver del motor
while(digitalRead(6)); // espera que el motor suba hasta el finalde carrera
analogWrite(5,0); // detiene motor

delay(1000); // sirve para sincronizar el sistema,

// puede variar dependiendo de la velocidad a la que lleguen las botellas

}

if (digitalRead(A7)==1){ //detecta si pasa la botella

sentido_giro(2); //sentido horario, 2 sentido anti horario

analogWrite(5,velocidad); // se carga valor PWM para el driver del motor
while(digitalRead(7)); // espera que el motor suba hasta el final de carrera

```

```
analogWrite(5,0); // detiene motor  
  
delay(1000); // sirve para sincronizar el sistema,  
  
// puede variar dependiendo de la velocidad a la que lleguen las botellas  
  
}  
  
}
```

Resultados esperados

En el capítulo II de la presente investigación se identificó que el operario que realiza la actividad de soplado de termoencogibles presenta una puntuación de 25,2 lo cual indica que es un riesgo inaceptable alto de daño en las extremidades superiores musco-esqueléticas, lo cual recomienda mejorar el puesto, supervisión médica y entrenamiento, por lo que, “se requiere acciones correctivas de manera inmediata”.

La Norma ISO 11228-3:2019, parte 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia establece recomendaciones ergonómicas para las tareas de trabajo repetitivo que involucran la manipulación de cargas livianas a altas frecuencias, se basan principalmente en estudios experimentales que se refieren a la manipulación de objetos que involucran el sistema músco-esquelético, la incomodidad, el dolor y la resistencia/fatiga que se relacionan con los métodos de trabajo (Becker Jean, 2019).

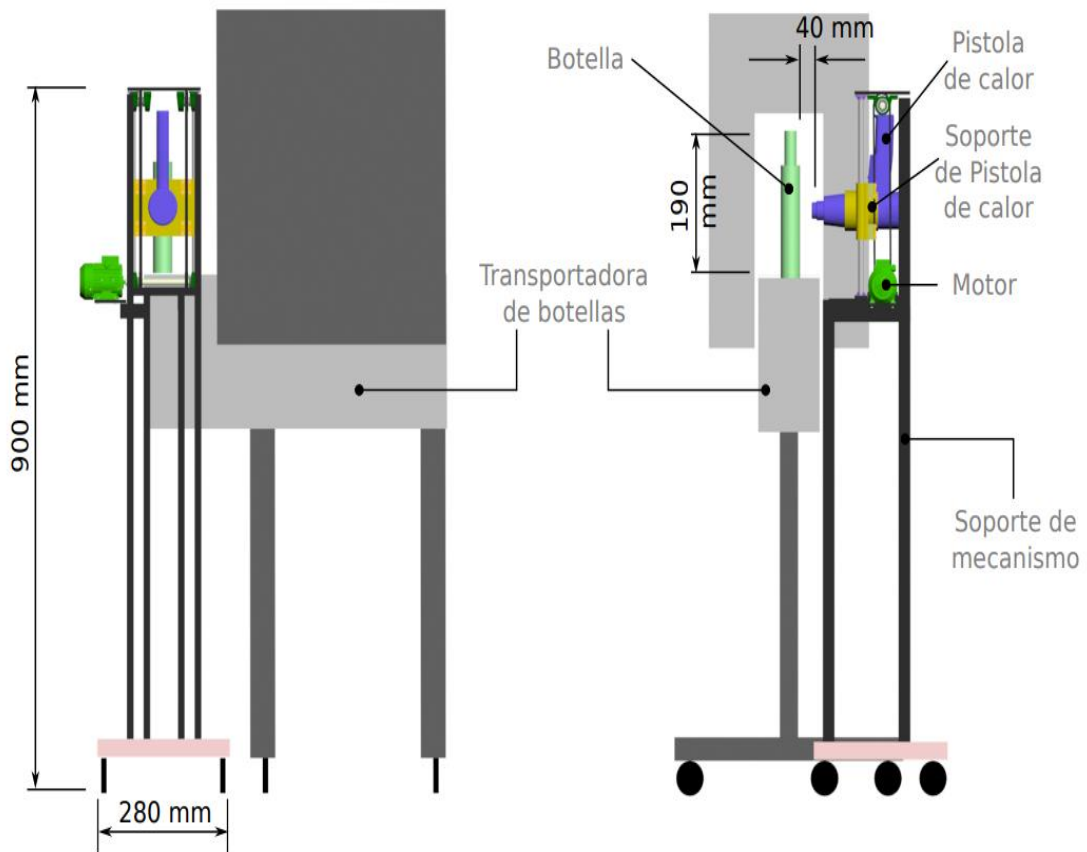
Se pretende reemplazar al operador por el sistema automatizado y así eliminar el nivel de riesgo que presenta el trabajador al realizar esa actividad repetitiva, por lo cual se ha propuesto el diseño de un sistema automatizado para el soplado de termoencogibles, el operador reemplazado por el sistema antes mencionado procederá a realizar otra actividad en función a los procesos

productivos que se realizan en Qualipharm, por lo antes mencionado se implementará el subproceso de controles en proceso de acondicionamiento del área cosmética.

En la Figura 17 se puede observar el diseño final del sistema automatizado para el proceso de soplado de termoencogibles en la línea de splash aplicado al final del túnel vertical.

Figura 18

Esquema general del pedestal del soplado de termoencogible aplicado al túnel vertical.

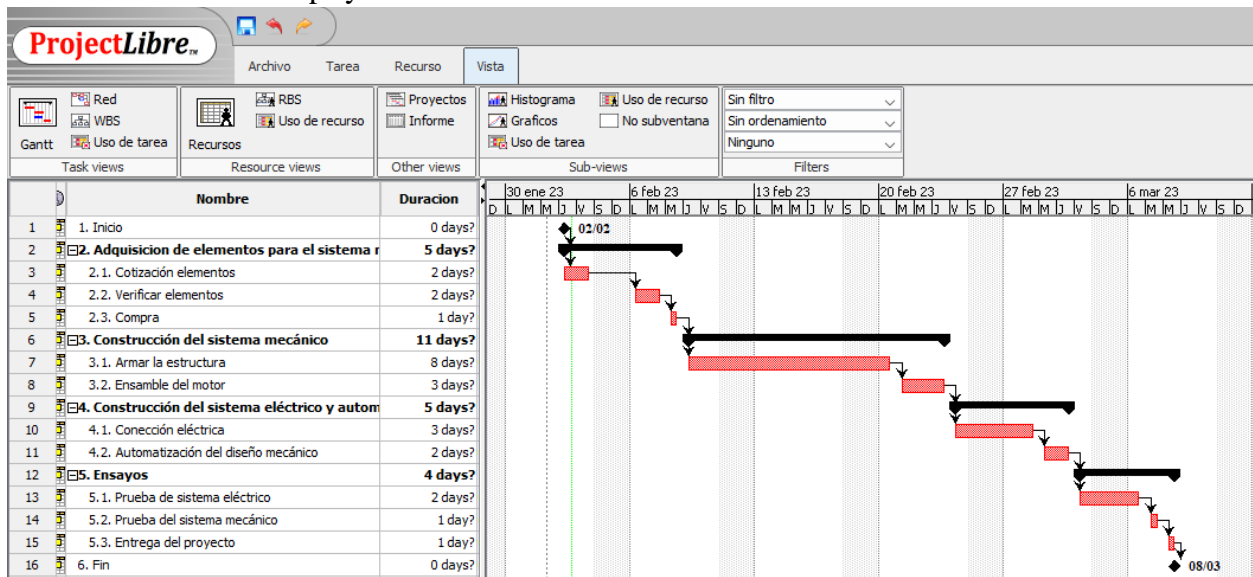


Nota: El diseño propuesto a realizar la corrección de las leves arrugas de las termoencogibles de la línea de splash. Realizado por la autora.

Cronograma de actividades

El cronograma de actividades identificara cada una de las actividades a realizarse en la implementación del sistema automatizado propuesto.

Figura 19
Planificación del proyecto



Nota: Cronograma de actividades realizado en el software Project Libre. Elaborado por la autora.

Las actividades planificadas que se indica en la Figura 17, son las actividades a realizar las en 25 días laborables desde su inicio hasta la entrega final del proyecto, teniendo en consideración que no se labora sábados y domingo.

Área de costos

A continuación, se realizará el cálculo de la mano de obra del personal que va a intervenir en la elaboración del proyecto se obtendrá el costo total que se empleará en el proyecto propuesto para la automatización del soplado de termoencogibles.

Costo de mano de obra del diseño

Tabla 25

Cálculo de costos total de mano de obra

RUBRO\EMPLEADO	J. Proyecto	Ingeniero	Técnico
Salario mínimo Vital	450,0	450,0	450,0
(2023)			
Sueldo	950,0	700,0	700,0
IESS Patronal (11,35%)	107,8	79,5	79,5
13	79,2	58,3	58,3
14	37,5	37,5	37,5
FR	79,2	58,3	58,3
Vacaciones	39,6	29,2	29,2
Desahucio	19,8	14,6	14,6
TRANSPORTE			
Total, Mensual	1313,0	977,4	977,4
Incremento	38,21%	39,62%	39,62%
Personal	1,0	1,0	1,0
Total	1313,0	977,4	977,4
Horas mes	200	200	200
Costo Minuto	0,109	0,081	0,081
Costo Hora	6,565	4,887	4,887
Costo hora extra 50%	9,848	7,330	7,330
Costo hora extra 100%	13,130	9,774	9,774

Nota: El cálculo de la mano de obra está en base al salario y disposiciones de la ley.

Elaborado por el autor.

Tabla 26

Cálculo de costo total de mano de obra.

Empleado	Horas	Valor por hora (dólares americanos)	Total (dólares americanos)
J. Proyecto	200	6,565	1313,03
Técnico	200	4,887	977,37
TOTAL, MANO DE OBRA			2290,40

Nota: En el cálculo para el costo de la mano de obra se multiplico las 8 horas diarias lo cual corresponden a 25 días del cronograma, se consideró jornada completa en el cronograma de actividades. Elaborado por el autor.

Costos de materiales

En la tabla que a continuación se muestra se detalla los costos de cada material que será necesario para la construcción del sistema automatizado para el soplado de termoencogibles en la línea de splash.

Tabla 27

Lista de materiales para desarrollo de prototipo

Cantidad	Elementos para el diseño automatizado	Costos (dólares americanos)
1	Motor DC (70:1 Metal Gearmotor 37Dx52L mm 12V)	40
2	Sensor infrarrojo	26
2	Finales de carrera	4
1	Placa Arduino Nano	15
1	Puente H	21
1	Potenciómetro	1.5
1	Shield Arduino Nano	8
1	Fuente de voltaje AC/DC 12V	11
1	Convertor de voltaje AC/DC 5V Hi-Link	9
1	Varios: borneras, cable 18AWG, conectores tipo puntera, elementos de sujeción, insumos varios.	50
1	Sistema mecánico prototipo (prototipado 3D)	100
1	Soporte metálico para el sistema de movimiento vertical	100
1	Elementos mecánicos adicionales (tornillos, rodamientos, arandelas, etc.)	50
Costo total		435,50

Nota: Especificación de la cantidad de cada uno de los componentes a utilizar en el sistema automatizado. Elaborado por la autora.

Una vez obtenido el costo total de la mano de obra y el costo de los materiales se procede a calcular el costo total de la construcción de sistema automatizado.

Costo total de la construcción del diseño

$$\text{Costo total} = \text{Costo de mano de obra} + \text{Costo de materiales} \quad (4)$$

$$\text{Costo total} = 2290,40 + 435,5 = \$ 2725,90$$

Como resultado se tiene que el proyecto costará \$ 2725,90

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el segundo capítulo se realizó una evaluación ergonómica del puesto de trabajo encargado del proceso de soplado de termoencogibles en la línea de splash. Utilizando el método JSI, se obtuvo un resultado de 162 puntos, lo que indica un alto nivel de riesgo. Por lo tanto, se sugiere que el personal reciba una revisión médica, que se mejore el puesto de trabajo y que se les brinde capacitación.

Para mejorar el puesto de trabajo, se ha propuesto un sistema automático que reemplazará la actividad manual llevada a cabo por el operador. Este sistema se compone de varios elementos, como un sensor tipo Sharp que puede detectar objetos entre 2 cm y 10 cm de distancia, lo que lo hace apropiado para el sistema, ya que la distancia del frasco es de 7,5 cm. Además, el sensor utiliza un voltaje de 2,7 a 6,2 V y una corriente de 5 mA, lo que se ajusta al presupuesto.

También se requerirá una Shield de expansión para Arduino Nano, que incluye pines hembra para la sujeción de Arduino y borneras con tornillos para ajustar los cables y facilitar la manipulación de los pines del microcontrolador. El controlador es compatible con Arduino Nano y soporta una corriente de 43 A con un voltaje de entrada de 2,7V a 5,5V. Se ha agregado un disipador de calor para que el controlador pueda soportar largas jornadas de trabajo.

Además, se ha propuesto un diseño mecánico para corregir el soplado de termoencogibles, que utiliza un movimiento lineal con guías o rieles para lograr el movimiento vertical necesario. Este sistema está diseñado con elementos de bajo costo, lo que lo hace viable para su

implementación y ayuda a mitigar o eliminar el posible riesgo de enfermedades profesionales en el personal que trabaja en ese puesto de trabajo.

En la fase de automatización, el principal elemento para el correcto funcionamiento es el sensor, que detecta la salida de los frascos al final del túnel principal para la corrección de termoencogibles. El motor se encarga de realizar el movimiento lineal requerido y cuenta con un controlador de velocidad que permite ajustar la velocidad a las necesidades requeridas para el soplado de termoencogibles. Este motor soporta una corriente de 43 A con un voltaje de 5,5 V a 27 V, y también se cuenta con un disipador de calor para soportar largas jornadas de trabajo.

Recomendaciones

La empresa Qualipharm, que se dedica a la maquila y está en constante evolución, necesita identificar y prevenir posibles enfermedades laborales causadas por movimientos repetitivos. Por lo tanto, debería realizar evaluaciones ergonómicas de cada proceso que implique actividades repetitivas en su jornada de trabajo, tanto en el área cosmética como en la farmacéutica, y contar con el apoyo del departamento de seguridad y salud ocupacional.

Para la selección de elementos necesarios en el diseño, la empresa debe aplicar un método que permita tener una amplia variedad de opciones y a la vez que seas de fácil acceso a la adquisición de los mismos.

La implementación de sistemas automatizados en las líneas de producción trae múltiples beneficios, como la reducción de desperdicios de materiales, la disminución de costos de mano de obra y la posible reducción de los tiempos de producción.

Bibliografía

AliExpress. (2023a). *Brazo de Robot eléctrico inteligente de 6 ejes, venta directa de fábrica, venta al por mayor.* https://spanish.alibaba.com/p-detail/Factory-1600686958190.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.543d6403oSesH5&s=p

AliExpress. (2023b). *Mini robot industrial de alta calidad, brazo de paletización de 4- 6 ejes, precio para recoger y colocar.* <https://spanish.alibaba.com/p-detail/High-1600455880892.html?spm=a2700.details.0.0.5bd96fabK9nmhn>

AliExpress. (2023c). *Módulo de pórtico de movimiento lineal, tornillo de bola de múltiples ejes, robot cartesiano XYZ, robot de pórtico de 3 ejes.* https://spanish.alibaba.com/p-detail/Multi-axis-62183013659.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.60fc4afcNHIBqo

Arduino. (2021). *Arduino Nano.* <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>

Cardona i Foix, Salvador., Clos Costa, Daniel., & Universidad Politécnica de Catalunya. (2001). *Teoría de máquinas.* UPC.

Dynamo Electronics. (2021). *Sensor movimiento PIR HC-SR501.* <https://dynamoelectronics.com/tienda/sensor-infrarrojo-de-movimiento-pir-hc-sr501/>

LLamas Luis. (2023). *ESQUEMA DE PATILLAJE (PINOUT) DE ARDUINO UNO, NANO, MINI Y MEGA.* <https://www.luisllamas.es/esquema-de-patillaje-de-arduino-pinout/>

Naylamp Mechatronics. (2021). *NODEMCU V2 ESP8266 WIFI*.
<https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>

NovatronicEc. (2020a). *BTS7960 Driver para motor DC 43A*.
<https://novatronicec.com/index.php/product/bts7960-driver-para-motor-dc-43a/>

NovatronicEc. (2020b). *Shield IO para arduino Nano V1.0 (Borneras)*.
<https://novatronicec.com/index.php/product/shield-io-para-arduino-nano-v1-o-borneras/>

Pololu Corporation. (2023a). *Metal Gearmotor 37Dx52L mm 12V*.
<https://www.pololu.com/product/4742>

Pololu Corporation. (2023b). *Pololu Carrier with Sharp GP2Y0D810Z0F Digital Distance Sensor 10cm*. <https://www.pololu.com/product/1134>

Pololu Corporation. (2023c). *Pololu Digital Distance Sensor 15cm*.
<https://www.pololu.com/product/4054>

Raspberrypi. (2023). *Raspberry Pi Pico*. <https://raspberrypi.cl/producto/raspberry-pi-pico/>

Morales Regalado, C. D. (2021). Análisis del nivel de riesgo ergonómico por movimientos repetitivos y su relación con los trastornos músculo esqueléticos de miembro superior en los trabajadores del área administrativa de la Empresa CGB monitoreo en el periodo de octubre 2020-junio 2021 (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/19356/TESIS%20FINAL%20%288%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Norma internacional BASC (2017). Sistema de gestión en control y seguridad. World BASC Organization. [NORMA INTERNACIONAL BASC V5.pdf \(bascafe.org\)](#)

Sagbay, C. A. U. (2021). Estudio comparativo entre el método Check List OCRA y RULA-RULER para la evaluación de riesgos ergonómicos asociados con sufrir enfermedades musculoesqueléticas en operativos de línea. *UNIVERSIDAD DE CUENCA*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35694/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

Sarango Maita, D. S. (2019). Incidencia de las enfermedades profesionales en el Ecuador 2015-2017. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3537>

Gómez García, A. R., Algora Buenafé, A. F., Suasnavas Bermúdez, P. R., & Vilaret Serpa, A. (2016). Notificación de accidentes de trabajo y posibles enfermedades profesionales en Ecuador, 2010-2015. *Ciencia & trabajo*, 18(57), 166-172. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-24492016000300166&script=sci_arttext

Toro Toro, J. D. L., Vega Falcón, V., & Romero Fernández, A. J. (2021). Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y su aplicación en la justicia ordinaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 357-362. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3800/1/Mar%C3%ADa%20Lorena%20Pe%C3%B1aherrera%20Zambrano..pdf>

Gómez García, A. R. (2021). Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 24(3), 232-239. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-25492021000300232

Moyano Aguay, D. A. (2013). Calificación del disolutor ATG Dissolution Systems de Qualipharm Laboratorio Farmacéutico y Validación del método de disolución (Bachelor's thesis). <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2465>

Farinango Sierra, G. P. (2017). análisis de tiempos y movimientos para el mejoramiento de procesos y la optimización de recursos en el área de bodega de la empresa Qualipharm, laboratorio farmacéutico de la ciudad de Quito (Bachelor's thesis, Universidad Tecnológica Indoamérica). <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/497>

Guinac, R., & Elizabeth, M. (2016). Diseño de un sistema de señalética para orientar al personal, colaboradores y proveedores en su desplazamiento dentro de las instalaciones del laboratorio Qualipharm. Guatemala, Guatemala, 2016 (Doctoral dissertation). <http://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/347>

del Trabajo, S. G. D. R. (1986). DECRETO EJECUTIVO 2393 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. https://www.orellana.gob.ec/docs/transparencia/biblioteca/8_2_Reglamento_de_Seguridad_y_Salud_y_mejoramiento_medio_ambiente.pdf

Guachamín Ortiz, D., (2018). Directrices para la gestión de seguridad y salud laboral en empresas constructoras de Ecuador. https://oa.upm.es/51721/1/TFM_DANIELA_ORTIZ_GUACHAMIN.pdf

Ministerios de salud pública del Ecuador (2019). Política Nacional de salud en el trabajo 2019-2015. Quito, Ecuador: Dirección Nacional de Ambiente y Salud. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/10/MANUAL-DE-POLITICAS-final.pdf>

García Gómez, M., & Castañeda López, R. (2006). Enfermedades profesionales declaradas en hombres y mujeres en España en 2004. *Revista española de salud pública*, 80, 361-375. https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/resp/v80n4/07original.pdf

Concha, M., & Labbé, J. (2007). Enfermedades profesionales: una aproximación a su frecuencia. *Cienc. Trab*, 117-120. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-489185>

Toro, J. D. L., Vega Falcón, V., & Romero Fernández, A. J. (2021). Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y su aplicación en la justicia ordinaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 357-362. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000200357

Castillo, J. A. (2018). La evaluación de los movimientos repetidos en miembro superior El método OCRA. *Revista Colombiana De Rehabilitación*, 7(1), 59-72. <https://revistas.ecr.edu.co/index.php/RCR/article/view/129>.

Obregón Sánchez, M. (2019). *Fundamentos de ergonomía*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/40469>

Estrada Muñoz, J. (2015). *Ergonomía básica*. Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/70253>

Con este método se hace la evaluación de puestos de trabajo para determinar si los trabajadores que los ocupan Estrada Muñoz, J. (2015). *Ergonomía básica*. Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/70253?page=60>

Greener (2018). Las enfermedades profesionales en el país. <https://www.greeneringenieria.com/las-enfermedades-profesionales-en-el-pais-cayeron-197-entre-2018-y-2019/>

Inteco (2019). Ergonomía manipulación de cargas livianas a altas frecuencias. <https://www.inteco.org/shop/inte-iso-11228-3-2019-ergonomia-manipulacion-parte-3-manipulacion-de-cargas-livianas-a-alta-frecuencia-3163#attr=>

Ruiz, L. R. (2015). Manipulación Manual de Cargas. Tablas de Snook y Ciriello. Norma ISO 11228. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, España*. https://www.academia.edu/download/50444462/SyC_ISO_11228.pdf

Flores Guillen, R. D. (2022). Cambio del nivel de riesgo ergonómico en posturas forzadas y movimiento repetitivo por rediseño de máquina sopladora de botellas de plástico. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/2478>

Cabezas, K., Jiménez, P., Ramírez, J., & Canelos, R. (2021). Simulación del campo electromagnético en una línea de transmisión de extra alto voltaje mediante el método de los elementos finitos. *Maskay, 11*(1), 1-13. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-67122021000100001&script=sci_arttext

Rodríguez Montaña, M. A. (2021). Análisis de falla de los cilindros hidráulicos de una canasta auto descargable. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3108>

Kikut-Lobo, F., & Pereira-González, M. J. (2021). Propuesta de programa de control de la exposición ocupacional a riesgos ergonómicos ya estrés térmico por calor para los colaboradores de las líneas de producción de la empresa HMA Maquilas SA, ubicada en Heredia, Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13510>

Preciado Rodríguez, A. J., Valles Coral, M. A., & Lévano Rodríguez, D. (2021). Importancia del uso de sistemas de información en la automatización de historiales clínicos, una revisión sistemática. *Revista Cubana de Informática Médica*, 13(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18592021000100012&script=sci_arttext&tlng=pt

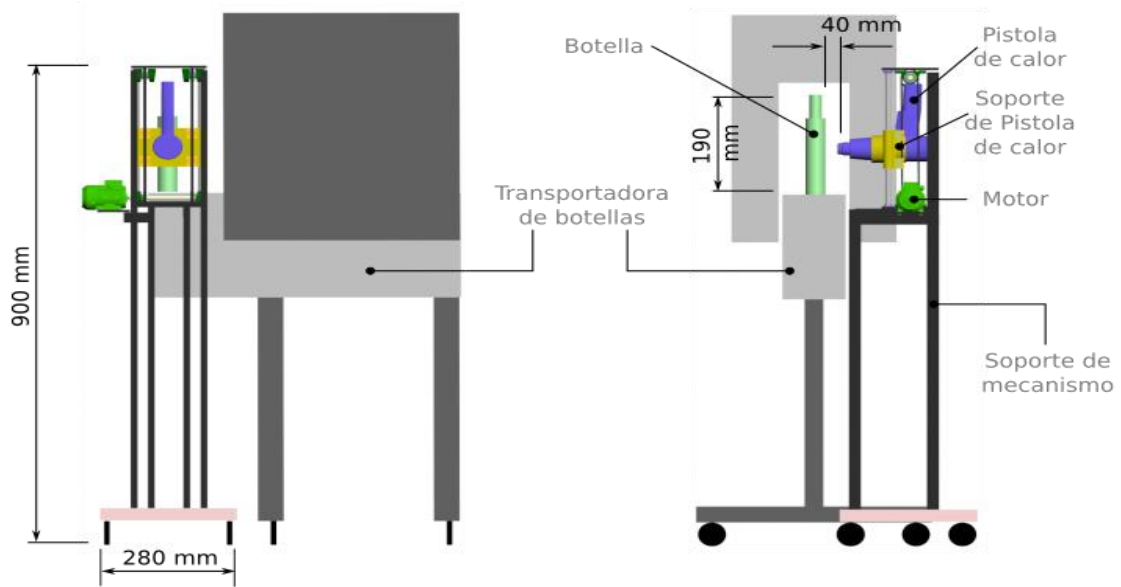
Agudelo, N., Tano, G., & Vargas, C. A. (2020). Historia de la Automatización. *Bogotá*.
Accessed: Nov, 1.
<http://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Historia%20de%20la%20Automatizacion.pdf>

Vidal, H. A., Reyes, A. P. G., Carvajal, G. N. R., & Parrales, A. D. V. (2020). Prototipo de funcionamiento de sensor infrarrojo de seguridad en una dobladora hidráulica de la mecánica industrial. *Journal of business and entrepreneurial studies*, 4(2). <http://journalbusinesses.com/index.php/revista/article/view/72>

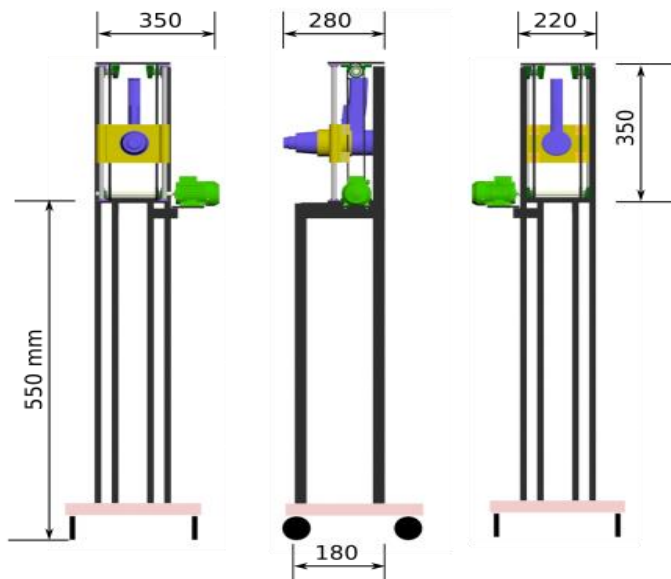
Anexo

Plano de las piezas que se deben integrar para el sistema automatizado.

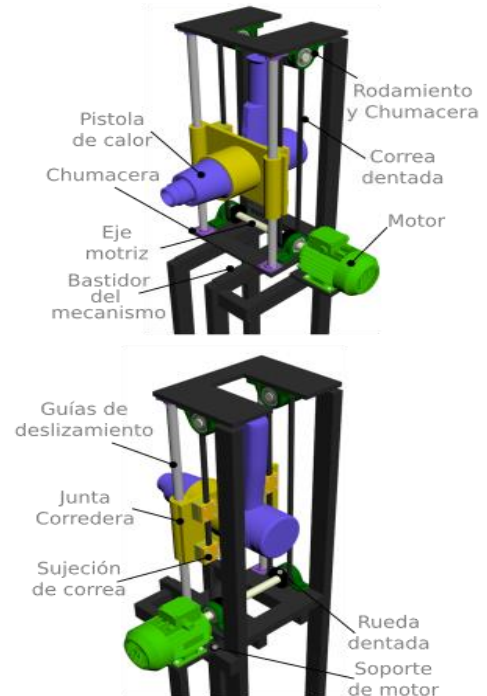
IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMO PARA PISTOLA DE CALOR



SOPORTE PARA MECANISMO



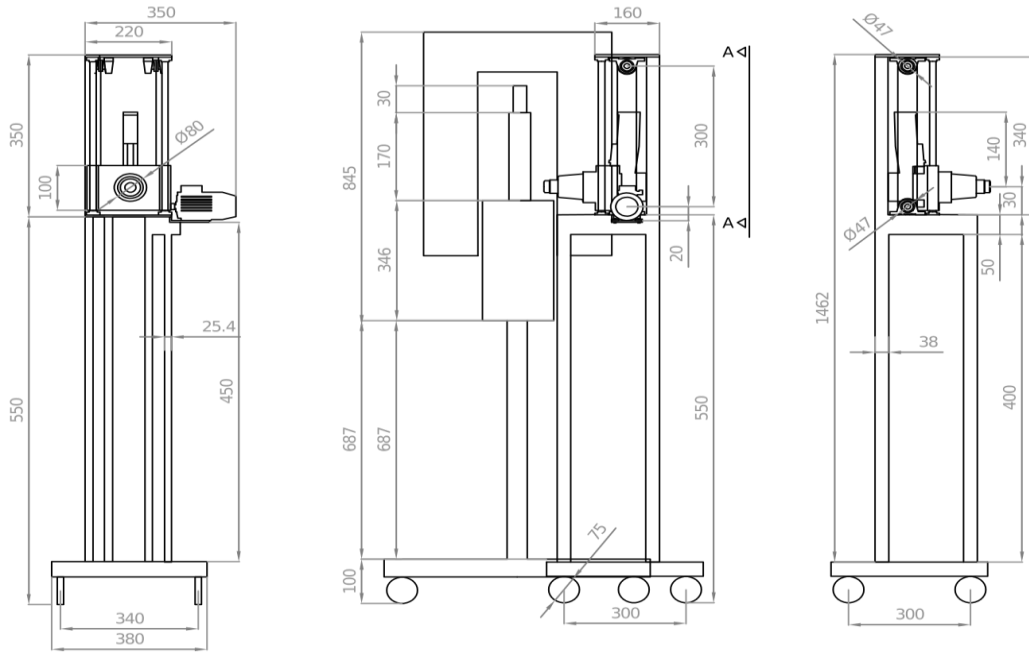
MECANISMO PARA PISTOLA DE CALOR



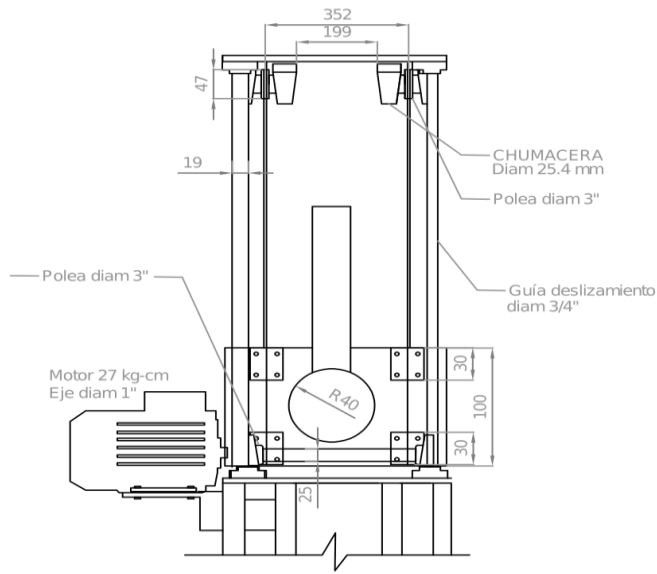
Anexo

Plano de las dimensiones del mecanismo

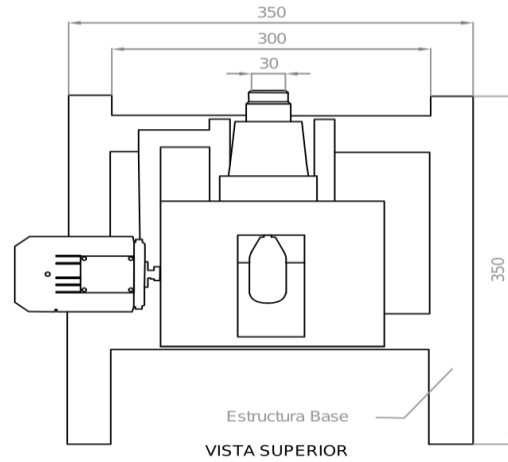
DIMENSIONES DEL MECANISMO



VISTA FRONTAL



VISTA A-A



VISTA SUPERIOR

COMPONENTES		
NOMBRE	DIMENSIONES	MATERIAL
Chumacera	1 pulgada	Fundición de hierro
Guías deslizamiento	3/4 pulgada	Acero cromado
Poleas dentadas	3 pulgadas	Aluminio
Motor VDC	n/a	Varios
Ruedas	diam 75 mm	Acero
Eje motriz	diam 1 pulgada	Acero