



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**REMODELACIÓN DE DISPENSADOR DE ELÁSTICO PARA
OPTIMIZACIÓN DE ESPACIO Y PROCESOS, JERZEES NUEVO DÍA**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

KARINA ELIZABETH PEREIRA MORALES – 21441291

ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNANDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

ENERO 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por brindarme salud, un hogar y la oportunidad de tener una educación de calidad, por cuidarme y por siempre iluminar mi camino llenándome de sabiduría, fuerza y esperanza en cada instante.

A mis padres: Por sus esfuerzos y siempre apoyarme para que no me falte nada, por enseñarme a cuidar de las personas que más amamos, por siempre motivarme a seguir adelante cuando sentía que no podía, por enseñarme a valorar lo que Dios nos ha otorgado y que para triunfar hay que trabajar duro y con honestidad.

A mis hermanos: Por siempre recordarme que hay que valorar los esfuerzos de nuestros padres, por el cariño y diversión que le dan a mi vida y por enseñarme a amar las cualidades y defectos de una persona.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene como objetivo detallar el desarrollo de la investigación realizada durante el periodo de proyecto fase 1, donde se lleva a cabo mejoras de un proyecto asignado por el área de procesos en Jerzees Nuevo Dia, planta de costura de Fruit of the Loom ubicada en Zip Choloma.

La principal meta en el área de procesos es optimizar las operaciones por medio de implementación de proyectos automáticos o mecánicos, esto, para mejorar los procesos alcanzando mejoras en: reducción de movimientos por parte del operario, aumento en la producción, mejora de la calidad del producto, reducción de defectos y reducción de costos en los procesos.

Durante el proceso de investigación e implementación se sigue el enfoque de la universidad que se basa en aplicar los conocimientos, las habilidades y destrezas obtenidas durante el desarrollo de la carrera universitaria, aparte de la parte técnica también se busca fomentar la habilidad de comunicación e integración en un ambiente laboral.

Proyecto fase 1 se lleva a cabo durante el periodo académico contemplado entre el 10 de octubre al 21 de diciembre del año 2018.

ABSTRACT

The purpose of this report is to detail the development of the research carried out during the period of phase 1 project, where improvements are made to a project assigned by the process area in Jerzees Nuevo Dia, sewing plant of Fruit of the Loom located in Zip Choloma.

The main goal in the process area is to optimize operations through the implementation of automatic or mechanical projects, this, to improve the processes reaching improvements in: reduction of movements by the operator, increase in production, improvement of product quality, reduction of defects and reduction of costs in the processes.

During the research and implementation process, it is followed the focus that the university teach us, that is to apply the knowledge, skills and abilities obtained during the development of the university career, besides from the technical part, we also seek to promote communication and integration skills in a work environment.

Phase 1 project is carried out during the academic period contemplated between October 10 to December 21 of the year 2018.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 ANTECEDENTES	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
2.4 OBJETIVOS	4
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2.5 JUSTIFICACIÓN	6
III. MARCO TEORICO	7
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	7
3.1.1 JERZEES NUEVO DÍA	8
3.2 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA MANUFACTURA	8
3.2.1 AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA MANUFACTURA.....	10
3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	12
3.3.1 PROGRAMACIÓN EN PLC.....	13
3.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PLC	14
3.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLC	15
3.4 VIBRACIONES MECÁNICAS	18
3.4.1 DISEÑO APROPIADO PARA PREVENCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	18
3.4.2 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)	19
3.5 SISTEMAS NEUMÁTICOS	20
3.5.1 ALIMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO	21
3.5.2 MANTENIMIENTO EN SISTEMA NEUMÁTICO.....	23
3.6 SENSORES Y ACTUADORES	24
3.6.1 SENSORES FOTOELÉCTRICOS	27
3.6.2 SENSORES DE POSICIÓN	28
3.6.3 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	29
3.7 PROCESOS INDUSTRIALES	30
3.7.1 ERGONOMÍA.....	31
3.7.2 MTM (MOTION TIME METHOD).....	33
IV. METODOLOGÍA	35
4.1 HIPÓTESIS	35
4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES.....	36
4.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	36
4.2 MÉTODO Y ENFOQUE	37
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	54
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	55
IX. ANEXOS	58
ANEXO 1: ENCODER OMRON	58
ANEXO 2. MOTOR 24VDC DE 120 RPM	58
ANEXO 3. REGULADOR DE VELOCIDAD PARA MOTOR DC	59
ANEXO 4. VÁLVULA SOLENOIDE	59
ANEXO 6. SENSOR FOTOELÉCTRICO DIFUSO	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Elementos claves para la optimización de procesos	9
Ilustración 2. Temas que abarca la automatización de procesos en la industria.	11
Ilustración 3. Diagrama de funcionamiento del PLC	13
Ilustración 4. Ejemplo diagrama de escalera	14
Ilustración 5. Estructura PLC compacto	16
Ilustración 6. Estructura PLC modular	17
Ilustración 7. Impurezas encontradas en el aire	22
Ilustración 8. Clasificación de los sensores	25
Ilustración 9. Clasificación de los actuadores	26
Ilustración 10. Comparación de los sensores fotoeléctricos	27
Ilustración 11. Encoders	28
Ilustración 12. Enfoques de la clasificación de la ergonomía	32
Ilustración 13. Cronograma de actividades	38
Ilustración 14. Guía para elástico	39
Ilustración 15. Guía con elástico antes de llegar a la cuchilla	39
Ilustración 16. Panel original con pantalla HMI	40
Ilustración 17. Cableado y espacios sobrantes en panel de control original	41
Ilustración 18. Diferencia de tamaño en panel de control eléctrico	41
Ilustración 19. Cableado en panel de control 300x250x250mm	42
Ilustración 20. Estructura original del dispensador de elástico	43
Ilustración 21. Estructura propuesta a la empresa	43
Ilustración 22. Estructura modificada	44
Ilustración 23. Ubicación de panel de control en estructura	45
Ilustración 24. Diagrama hombre-máquina con motor original	46
Ilustración 25. Diagrama Hombre-Máquina con motor propuesto	47
Ilustración 26. Mesa de trabajo del operario	48
Ilustración 27. Mesa de trabajo del operario con pantalla HMI.	49
Ilustración 28. Operario con elásticos en el brazo	50
Ilustración 29. Propuesta de ubicación de soportes	50
Ilustración 30. Soportes de acumulación de elástico	51
Ilustración 31. Resultados MTM con proceso original	52
Ilustración 32. Resultados MTM con proceso automatizado	52

GLOSARIO

- 1) Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
- 2) Diseño: Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos.
- 3) Dispensar: conceder o distribuir una cosa.
- 4) Ergonomía: Estudio de las condiciones de adaptación de un lugar de trabajo, una máquina, un vehículo, etc., a las características físicas y psicológicas del trabajador o el usuario.
- 5) Maquila: Sistema económico y de producción que consiste en el ensamblaje manual o unitario de piezas en talleres industriales ubicados en países con mano de obra barata.
- 6) Manufactura: Proceso de fabricación de un producto que se realiza con las manos o con ayuda de máquinas.
- 7) Mecánica: Parte de la física que estudia el movimiento y el equilibrio de los cuerpos, así como de las fuerzas que los producen.
- 8) Neumática: es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.
- 9) Optimización: método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado sea el mejor posible.
- 10) Proceso: es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico.

I. INTRODUCCIÓN

El sector maquilero en Honduras actualmente es el principal impulsor de la economía en el país, por lo tanto, dentro de sus plantas de trabajo se busca optimizar el espacio para poder ubicar la mayor cantidad de operarios en la planta sin dejar de ser un lugar cómodo para los mismos, ya que, se trata de optimizar los procesos para lograr una mayor producción con menores costos. Es necesario implementar la optimización de espacio y procesos en cada proyecto que se desarrolle en las maquilas, porque son puntos críticos que la empresa toma en cuenta para la aceptación de implementar un proyecto y por consiguiente darle seguimiento a su réplica en la planta.

En el presente informe se describe con detalle el proyecto de mejora desarrollado en la empresa Jerzees Nuevo Día, ubicada en Zip Choloma.

El proyecto de mejora fue desarrollado en el área de procesos, por ser esta maquila una planta de costura, esta área se concentra y tiene como meta mejorar los métodos que son utilizados en los diferentes procesos de costura, apoyándose en investigación y desarrollo de proyectos que lo faciliten. El piloto de dispensador de elástico es operado por medio de un PLC Siemens y está compuesto por dos sensores fotoeléctricos, un motor de 24V DC, un encoder incremental rotativo, válvula solenoide, cilindro neumático de doble sentido, cuchilla, mecanismo de rodos (para jalar el elástico desde la caja) y un mecanismo de deslizamiento.

Para la remodelación del proyecto se hizo uso del software Tia Portal V15 para modificaciones de la programación, al igual se utilizó el software Solidworks 2018 donde se realizaron diseños para reducir altas vibraciones mecánicas. La vibración de una máquina puede reducir la vida de sus componentes, sobre todo aquellos con cargas muy grandes. Los esfuerzos oscilatorios inducidos en partes de máquinas, soportes, estructuras de construcción y también en conexiones (tornillos de sujeción, cables, tubería) tienden a producir fallas en estos dispositivos debido a la fatiga estructural. (Henaó, 2014, p. 128) Siendo así, la ayuda de estos programas y el conocimiento mecánico/electrónico lo que brinda las mejoras al proyecto para poder ser aprobado e incrementar la producción en la empresa.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES

Jerzees Nuevo Dia es una empresa perteneciente al grupo Fruit of the Loom, que cuenta con dos plantas, ambas dedicadas a la costura de diversas prendas, como ser, pantalones de deporte, sudaderas y camisetas, en su producción se utiliza el proceso hombre-máquina, donde utilizan máquinas de coser que cumplen con diferentes funciones y trabajan por medio de aire comprimido, con un compresor de 90 psi.

Por el hecho de contar con un compresor en la planta muchos de los proyectos que la empresa ha implementado cuentan con sistemas neumáticos, en los cuales se utilizan válvulas neumáticas, cilindros neumáticos y limit switch, que ayudan al operario a una mejor producción. El personal mecánico de la empresa cuenta con los conocimientos indicados para poder supervisar y componer fallas en este tipo de sistemas y al igual con las máquinas de coser.

La empresa busca realizar proyectos de automatización por diferentes razones, entre ellas, lograr eliminar movimientos por parte del operario, reducir el tiempo que conlleva una operación e incrementar la eficiencia de un proceso. Por lo tanto, aparte de estos sistemas neumáticos se han incorporado también proyectos de monitoreo, los cuales reducen la necesidad de hacer cálculos por parte de la empresa para conocer la eficiencia poder saber la eficiencia, el conteo de docenas realizadas, prendas dañadas, paros por fallas, entre otras cosas.

El espacio que ocupa abarca cada uno de los proyectos debe ser un punto clave para tomar en cuenta, ya que, se trata de optimizar el espacio lo mayor posible, al igual por salud ocupacional del personal para bien del personal se debe siempre hacer estudios ergonómicos para no provocar fatiga en su fisiología.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al haber realizado pruebas del funcionamiento, como ser, eléctricas, electrónicas y mecánicas se observó que el elástico sufría atasco al llegar a la cuchilla de corte, esto era provocado por fallas en el sistema de rodos, uno de sus ejes se encontraba rozando con un tornillo lo que causaba que el sistema sufriera mínimos paros que provocaban holgura en el elástico y atascó en la guía que lo conducía a la cuchilla, también se detectó que la guía de lámina no estaba totalmente pulida, provocando que la tela del elástico se retuviera en ella, el sistema de rodos no estaba suficientemente tensado y el problema más grave era que al cortar se provocaba una fuerte vibración en todo el sistema, ya que su base era alta y no era suficientemente resistente al movimiento provocado, la vibración era tan alta que se podía contemplar a simple vista como estaba afectando.

Aparte de los problemas mecánicos, al haber realizado las pruebas se hizo el análisis hombre- máquina donde se determinó que el hombre trabajaba más rápido que la máquina, provocando demasiado tiempo muerto, esto se debe a que las revoluciones por minuto del motor eran demasiado bajas (45 rpm), se necesitaba que el tiempo de trabajo fuera el mismo o incluso el de la máquina fuera mayor, otro problema que afectaba mucho a la producción de la empresa era que la pantalla HMI se encontraba montada en el panel donde se ubicaba el PLC, por lo tanto, para dar inicio al proceso o al hacer cambio de talla el operario tenía que levantarse de su silla para poder ir al panel, provocando un paro en producción. El panel de control era demasiado grande para la cantidad de componentes que se encontraban dentro de él, haciendo esto una cantidad de espacio innecesaria.

El estudio ergonómico no había sido realizado por lo que se detectó que los movimientos que la persona tenía que realizar al utilizar dos máquinas de coser provocaban un riesgo ergonómico porque debía cargar cierta cantidad de elástico en ambos brazos no solo en uno.

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez conocido el funcionamiento que la empresa deseaba tener del dispensador de elástico se hicieron diversas pruebas para comprender como trabajaba el piloto, por lo tanto, se logró plasmar una solución, donde surgieron las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuánto tiempo se reducirá en el dispensado al implementar un motor que nos brinde mayores revoluciones por minuto?
- 2) ¿Se podrán adaptar los movimientos del operario para poder trabajar con dos máquinas de coser y no afecte su salud ergonomía?
- 3) ¿Se reducirán en gran cantidad las vibraciones mecánicas al hacer un nuevo diseño de base para el sistema de rodos?
- 4) ¿Se encontrará discrepancia en la regulación de velocidad del motor por el cambio de tallas en el elástico?

Las preguntas formuladas se hicieron en base al funcionamiento del proyecto, pero también se tomó en cuenta el rendimiento que pueda llegar o no tener el operario una vez funcionando con la velocidad esperada.

2.4 OBJETIVOS

Para poder redactar nuestros objetivos siempre debemos recordar la importancia que tiene plantearlos en cada una de nuestras investigaciones, (Sánchez, 2004) afirma: Los objetivos facilitan la estructuración de la metodología, por eso se afirma que establecen los caminos de acción y direccionan la investigación. Se constituyen a su vez en los compromisos que adquieren los responsables del proyecto, ya que uno de los

principales criterios de evaluación de investigaciones es precisamente el grado de cumplimiento de los objetivos. (p. 53)

Con la aportación de Sánchez se logra concretar la importancia de los objetivos y la facilidad que se obtiene en el proceso de una investigación.

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Reconstruir el dispensador de elástico para reducir fallas mecánicas y mejorar la optimización de espacio y proceso según las necesidades de la empresa.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento del proyecto para poder detectar las fallas mecánicas que se presentan en su piloto.
- Sugerir nuevos diseños del dispensador de elástico a la empresa para cumplir con optimización de espacio y procesos.
- Detallar indicadores de mejora en tiempo de dispensado para la reducción de tiempo muerto.
- Evaluar indicadores de riesgo ergonómico para el personal en los movimientos que se realizan durante el proceso operativo.

2.5 JUSTIFICACIÓN

En toda maquinaria se sufren fallas mecánicas, ya sea a corto o largo plazo, pero siempre se busca reducirlas por medio de mantenimiento o reconstruyéndolas de la mejor forma posible antes de ponerlas en marcha por un largo tiempo, muchas veces para avanzar en los proyectos se hacen decisiones precipitadas y se van armando los sistemas mecánicos con lo que tenemos a mano, el problema es que al realizar pruebas se irán presentando pequeñas fallas que a este tipo de empresa les provocaría mucha pérdida en su producción si sucedieran durante el trabajo.

Los paros por máquina mala en las maquilas se presentan con regularidad, ya sea por el incorrecto mantenimiento o por la falta de monitoreo de su funcionamiento. Por lo tanto es muy importante llevar a cabo el análisis de vibraciones mecánicas y de la fabricación de los componentes a utilizar en las máquinas antes de diseñarlas, al igual no se debe discriminar el análisis del proceso hombre- máquina, optimización de espacio, optimización de procesos y el estudio ergonómico, porque aunque la máquina tenga un buen funcionamiento en este tipo de industria donde se requiere mucho la ayuda de operarios estos son los puntos más importantes de presentar a la empresa para poder obtener la aceptación de implementar un nuevo proyecto.

La importancia de enfocarse tanto en la máquina y el hombre es que pueden surgir paros por parte de ambos, al ser expuesto el personal a un mal uso de la máquina o de movimientos que le puedan provocar fatiga se puede presentar una situación indeseable por parte del operario y la empresa. Es muy importante que un proyecto sea realizado con éxito por medio de múltiples pruebas de funcionamiento antes de ponerlo a prueba con operario.

III. MARCO TEORICO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Fruit of the Loom nació en 1851 registrándose como marca comercial oficial en 1871, lo que la convierte en una de las marcas más históricas del mundo: es anterior a la invención de las bombillas, los automóviles y los teléfonos.

Hoy en día, Fruit of the Loom es una marca global que ofrece camisetas coloridas, vellón, calcetines, ropa interior y prendas de vestir a consumidores de todas las edades. Su familia de marcas se dedica a enriquecer todos los días a través del confort, el rendimiento y la diversión. Para ello, se diseñan productos que están inspirados en los consumidores entregando un servicio que supera las expectativas de los clientes. Al igual se dedican a la responsabilidad social y ambiental de las comunidades a las que sirven en todo el mundo.

Esta compañía opera como una subsidiaria independiente y de propiedad absoluta de Berkshire Hathaway Inc. en más de 44 países diferentes, utilizando tecnología de fabricación innovadora como un fabricante totalmente integrado. Realizando la mayor parte su propio hilado, tejido, acabado de telas, corte y costura. Más allá de la fabricación, están totalmente involucrados en cada paso del ciclo de vida de los productos. Desde el desarrollo, el empaquetado, el marketing y las ventas hasta la gestión y distribución del inventario de los clientes, Fruit es una corporación de principio a fin. Fruit of the Loom (2018)

En Honduras Fruit of the Loom comenzó en 1993, abriendo sus servicios con confecciones dos caminos ubicado en ZIP Villanueva y ampliándose en ZIP Buffalo, ZIP Choloma y ZIP El Porvenir.

3.1.1 JERZEES NUEVO DÍA

Localizada en ZIP Choloma Jerzees Nuevo Dia dio inicio a sus servicios en enero del 2010, se ha destacado como pionero de la innovación en el mercado de ropa deportiva.

JERZEES ® Activewear está diseñado para proporcionar la plataforma perfecta para todo tipo de decoración de prendas de vestir y embellecimiento. Desde camisetas deportivas hasta prendas de lana y camisetas, tenemos cubiertas tus necesidades de artesanía, ropa de equipo y corporativas. Jerzees (2018)

3.2 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA MANUFACTURA

En los procesos de manufactura se puede observar y analizar los factores que influyen en la eficiencia y calidad de nuestro producto final, como ser, los tiempos ociosos, tiempos muertos, cuellos de botella, paros de máquinas, entre otros. Para lograr optimizar el proceso en un proyecto se debe observar los procedimientos que este lleva a cabo para obtener el producto esperado. Siendo una de las partes más importantes que el diseño, espacio y la influencia que nuestro proyecto pueda tener en la ergonomía de nuestro operario.

Algunas veces hay proyectos con los que no se obtienen las respuestas buscadas, o el nivel de mejoras logrado no es suficiente, por lo que es necesario experimentar de manera secuencial hasta encontrar el nivel de mejoras deseado. La forma de realizar ambas cosas son parte de la llamada metodología de superficie de respuesta (MSR).

La metodología superficie de respuesta implica tres aspectos: diseño, modelo y técnica optimización. El diseño y el modelo se piensan al mismo tiempo, y dependen del tipo de comportamiento que se espera en

la respuesta, por ello, el tipo de diseño utilizado y el modelo se clasifican, según sea el caso, como de primero o segundo orden.

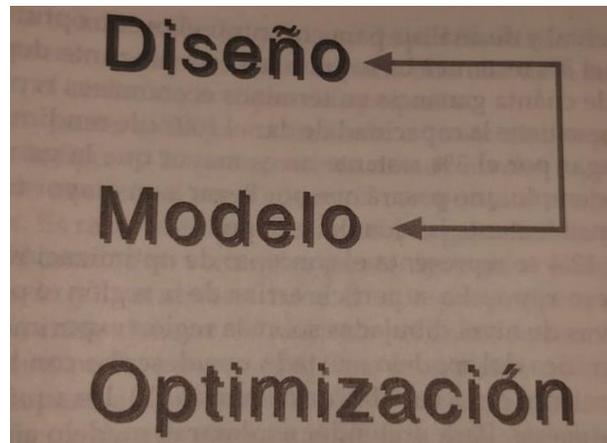


Ilustración 1. Elementos claves para la optimización de procesos

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2012)

El aspecto diseño implica que para optimizar un proceso se debe aplicar el diseño de experimentos, en particular aquellos que sirven para ajustar un modelo de regresión lineal múltiple.

El aspecto del modelo utiliza el análisis de regresión lineal múltiple, junto con sus elementos básicos que son: parámetros del modelo, modelo ajustado, significancia del modelo, prueba de falta de ajuste, residuos, predichos, intervalos de confianza para predichos y coeficiente determinación.

Por último, el aspecto de optimización está formado por algunas técnicas matemáticas que sirven para que, dado un modelo ajustado, explorarlo a fin de obtener información sobre el punto óptimo. Conviene recordar técnicas como: derivadas de funciones, multiplicadores de Lagrange, operaciones con matrices, valores y vectores propios y sistemas de ecuaciones simultáneas. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2012, p. 348)

3.2.1 AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA MANUFACTURA

Existen diferentes áreas de manufactura en cual la automatización puede ser útil, en el monitoreo y mantenimiento de máquinas, en sistemas de control que necesiten mínima supervisión por parte de un operario, construcción de piezas electrónicas, construcción de piezas mecánicas. Pero es esencial saber que la automatización influye mucho en la productividad de la industria.

La productividad también se convirtió en una mayor preocupación. En general, definida como “producción total por empleado por hora”, mide básicamente la eficiencia operativa. Por lo tanto, una operación eficiente optimiza el uso de todos los recursos, tales como materiales, energía, capital, mano de obra, maquinaria y tecnología actualizada. Con los rápidos avances de la ciencia y tecnología de la manufactura, la eficiencia de las operaciones de manufactura empezó a mejorar y, como resultado, el porcentaje de la mano de obra en el costo total empezó a declinar. En el mejoramiento de la productividad, los elementos importantes han sido la mecanización, la automatización y el control del equipo y los sistemas de manufactura. (Kalpakjian, Schmid, & Espinoza Limón Jaime, 2008, p. 1144)

Como bien menciona Kalpakjian el mecanizado, la automatización y el control del equipo y sistemas van de la mano. Para todo proyecto automatizado es necesario mecanizar los componentes que construyen y nos facilitan el funcionamiento de este, por lo tanto, esto nos permite tener un buen control del equipo. En el área de procesos no puede faltar el mecanizado para las máquinas que se utilizan, es de vital importancia que en la manufactura se manejen talleres con herramientas de buena calidad y útiles para poder realizar el mecanizado de piezas con mayor agilidad.

La mecanización controla una máquina o un proceso mediante diversos dispositivos mecánicos, hidráulicos, neumáticos y eléctricos. Alcanzo su auge en la década de 1940. A pesar de sus beneficios, en las operaciones mecanizadas el trabajador sigue participando en un proceso

especifico directamente y debe verificar cada paso del desempeño de una máquina. Por ejemplo, si (a) una herramienta de corte se rompe durante el maquinado; (b) las partes se sobrecalientan durante el tratamiento termico; (c) el acabado superficial empieza a deteriorarse en el rectificado, o (d) las tolerancias dimensionales se vuelven demasiado grandes en el formado de láminas metálicas, el operador debe intervenir, cambiar uno o más de los parámetros del proceso correspondiente y ajustar las máquinas, lo que requiere bastante experiencia. (Fenoll, Borja, & Herrera, 2009, p. 78)

En la actualidad la automatización se ha implementado en la industria, esto se debe a que nos ayuda a optimizar los procesos, ya sea en reducción de tiempos, reducción de movimientos, incremento de la eficiencia, incremento en la productividad, etc.

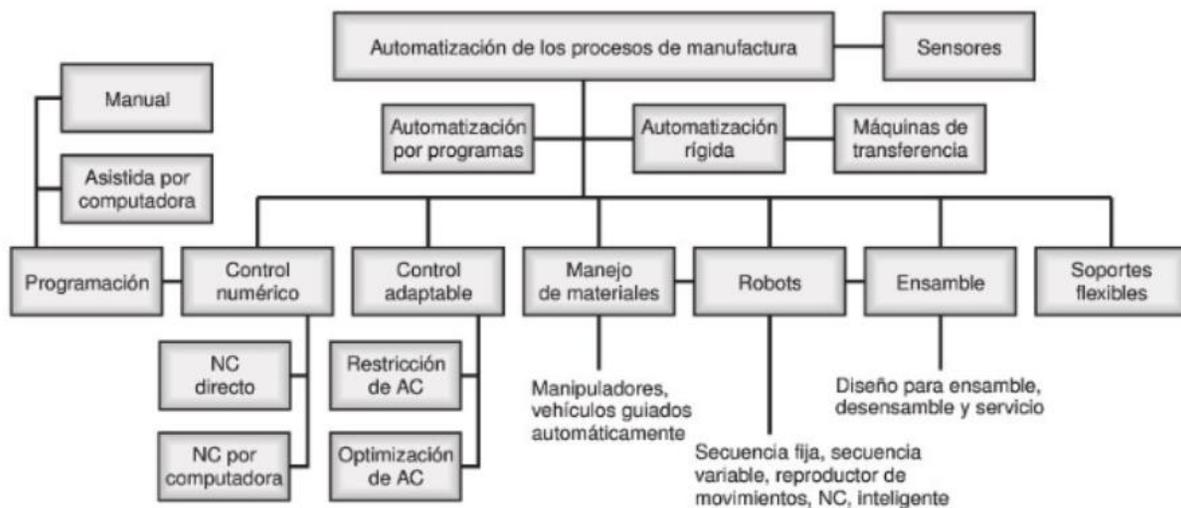


Ilustración 2. Temas que abarca la automatización de procesos en la industria.

Fuente: (Kalpakjian et al., 2008, p. 1144)

El cambio actual en los procesos de trabajo ha intentado plasmar la automatización en éstos, y, en general, ha tratado de dotar a todas las actividades humano-productivas de los medios proporcionados por la informática, es decir, racionalizar y automatizar la información entre los individuos. Este gran salto de las sociedades contemporáneas se refiere a la realización de los

procesos relativos al intelecto humano, mediante la utilización de dispositivos electrónicos llamados computadoras, los cuales se encargan de almacenar y proporcionar datos, realizar complejos análisis e interpretaciones de estos, para producir información que pueda ser utilizada por el ser humano. (Tunal S., 2005, p. 3)

No se debe olvidar que la automatización es funcional gracias a los sistemas de control, donde se hace el uso de softwares para programar, diseñar, cálculos matemáticos. La tecnología nos brinda la facilidad de contar con sistemas de control de diferentes tipos de dificultades. Ahora existe la oportunidad de obtener cursos en línea, o inclusive esmerarse un poco y estudiar con toda la información que encontramos. La mayoría de los softwares pueden comprarse en línea de esta manera disfrutar de aprender dinámicamente.

El control numérico es un sistema de fabricación automatizada mediante la ejecución de programas en los que se describen las acciones de la máquina (arranque, parada, etc.) y los movimientos de la herramienta necesarios para obtener el producto final (pieza). La elaboración de estos programas es lo que denominamos “Programación de control numérico”. La programación es, por tanto, la base del control numérico y es absolutamente indispensable que cualquier operario que intervenga en el proceso de fabricación a través de este sistema, ya sea en la oficina técnica o en el taller, lo conozca en profundidad. (Tornero, 2012, p. 12)

3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

En la actualidad los PLC se han convertido en una herramienta de uso frecuente en el área de procesos de las industrias, debido a la confiabilidad y eficiencia que estos brindan en duración de ciclos repetitivos, monitoreo, entre otros.

Un controlador lógico programable es un dispositivo electrónico que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos diseñados específicamente para programarse con facilidad. Este tipo de procesadores se denomina “lógico” debido a que la programación tiene que ver principalmente con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. Los dispositivos de entrada (como interruptores) y los dispositivos de salida (como motores) que están bajo control se conectan al PLC, y después el controlador monitorea las entradas y salidas de acuerdo con el programa almacenado por el operador en el PLC con el que controla máquinas o procesos. (Bolton, 2002, p. 423)



Ilustración 3. Diagrama de funcionamiento del PLC

Fuente: (Bolton, 2002, p. 423)

3.3.1 PROGRAMACIÓN EN PLC

Al haber programado en el PLC y tener realizado un cableado no es necesario cablear de manera distinta para que nuestro dispositivo de salida actúe diferente, simplemente se establece una nueva programación por medio del software correspondiente a nuestro PLC. La forma más común de programar en este tipo de controlador es llamada programación en escalera o Ladder.

La programación de un PLC basada en diagrama de escalera consiste en elaborar un programa de forma similar a como se dibuja un circuito de contactos eléctricos. El diagrama de escalera tiene dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación. Los circuitos están conectados como líneas horizontales, es decir, los escalones de la escalera, entre estos dos verticales. La Ilustración 4 muestra los símbolos estándar básicos que se usan y un ejemplo de escalones en un diagrama de escalera. En el diseño de la línea del circuito para un escalón, las entradas siempre deben preceder a las salidas y debe haber al menos una salida en cada línea. Cada escalón debe empezar con una entrada o una serie de entradas y terminar con una salida. (Bolton, 2013, p. 473)

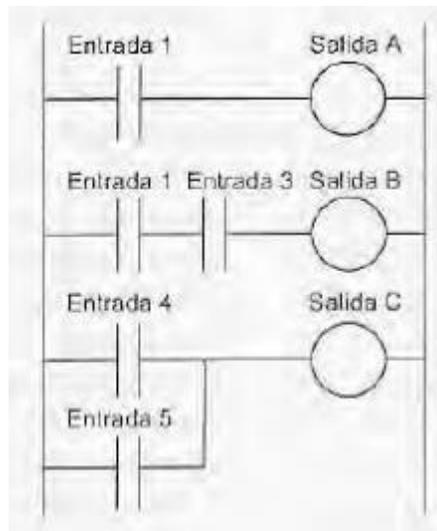


Ilustración 4. Ejemplo diagrama de escalera

Fuente: (Bolton, 2013, p. 473)

3.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PLC

Las características de los PLC varían dependiendo su función o su marca, pero en ellos siempre podremos encontrar las siguientes especificaciones:

- Modelo
- Voltaje de entrada/salida
- Número de entradas/salidas
- Amperaje
- Temperatura tolerable

3.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLC

Para poder clasificar el controlador lógico programable, se toma en cuenta dos características que este tiene, su forma de construcción y la capacidad y cantidad de entradas y salidas que el PLC posee.

Construcción: Se puede clasificar a los controladores en compactos o modulares.

- Los compactos alojan todas sus partes, tales como interfaces de entradas, de salidas, CPU y fuente de alimentación, en un mismo gabinete. Esta construcción compacta se da solamente en controladores de baja cantidad de entradas y salidas, comúnmente llamados micro PLC. Las unidades de expansión son simplemente entradas y salidas que se vinculan al equipo compacto mediante una conexión al bus de datos. La mayor ventaja que ofrecen es su bajo costo, y las desventajas residen en las limitaciones a la hora de expandir el equipo. En la ilustración 5 se puede observar la estructura de este tipo de PLC, donde nos señala cada una de las terminales que tiene y para que funcionan. Daneri & e-libro (2009)

ESTRUCTURA DEL P.L.C. COMPACTO

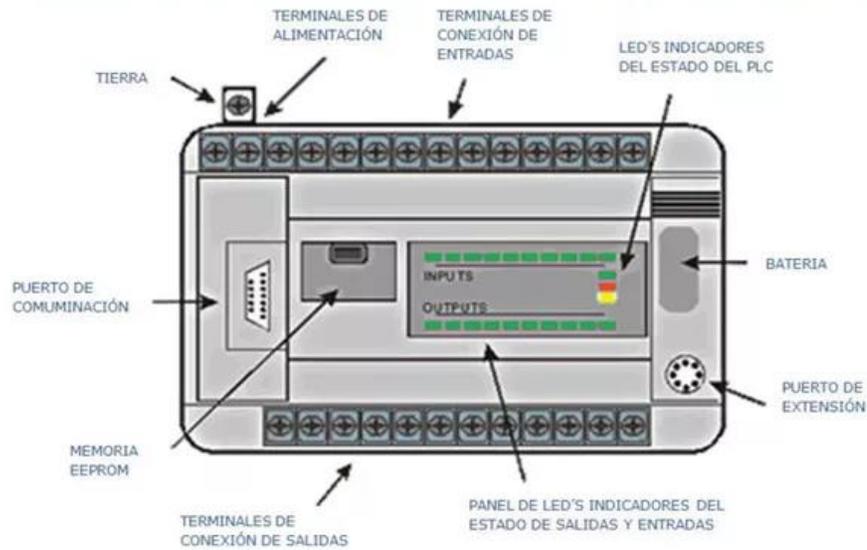


Ilustración 5. Estructura PLC compacto

Fuente: (Book Lover, s.f)

- En los modulares, su fuente de alimentación, CPU e interfaces de entradas y salidas, son partes componibles que se arman sobre un bastidor, base de montaje o rack, permitiendo conformar un PLC según la necesidad de la aplicación, se puede observar en la ilustración 6 como van ubicados estos componentes en la base de montaje. Su capacidad de ampliación es muy superior a la de los compactos y disponen de mayor flexibilidad a la hora del montaje. Como desventaja, su construcción completamente modular posee un mayor costo cuando se emplean poca cantidad de canales de entradas y salidas. Daneri & e-libro (2009)

ESTRUCTURA P.L.C. MODULAR

1. Rack
2. Barra de compensación de potencial
3. Tarjetas de entradas y salidas
4. Tarjetas de comunicación
5. C.P.U.
6. Tarjeta de memoria
7. Tarjeta de fuente de alimentación

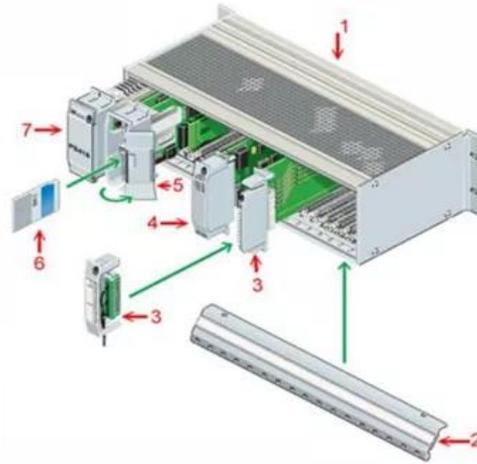


Ilustración 6. Estructura PLC modular

Fuente: (Book Lover, s.f)

- **Capacidad y cantidad de entradas y salidas (E/S):** Si bien no se puede establecer una clasificación exacta de acuerdo con la capacidad, los fabricantes ofrecen diversas características, tales como el tamaño de su memoria, la cantidad de puertos de comunicación, el conjunto de protocolos de comunicación que soporta, su repertorio de instrucciones, etc., que diferencian tecnológicamente unos modelos de otros. Algunas marcas además definen como parámetros de selección la cantidad máxima de entradas y salidas que el controlador puede manejar. Este indicador permite clasificar a los PLC de la siguiente forma:
 - Micro PLC: hasta 64 E/S.
 - PLC pequeño: 65 a 255 E/S.
 - PLC mediano: 256 a 1023 E/S.
 - PLC grande: más de 1024 E/S. Daneri & e-libro (2009)

3.4 VIBRACIONES MECÁNICAS

Cuando se trabaja con estructuras que sostienen un mecanismo donde surge movimiento, es común detectar y sufrir vibraciones mecánicas, ya que, estas son encontradas en casi todas las máquinas ya sea en mayor o menor frecuencia.

Una vibración mecánica es el movimiento oscilatorio, periódico de una partícula o cuerpo alrededor de una posición de equilibrio. La mayoría de las vibraciones en máquinas y estructuras son indeseables debido al aumento de los esfuerzos y a las pérdidas de energía que las acompañan. Por lo tanto, es necesario eliminarlas o reducir las en el mayor grado posible mediante un diseño apropiado. El análisis de vibraciones se ha vuelto cada vez más importante en los últimos años debido a la tendencia actual para producir máquinas de más alta velocidad y estructuras más ligeras. Hay razones para esperar que esta tendencia continuara y que una incluso mayor necesidad de análisis de vibraciones se generara en el futuro. (Beer, Johnston, Cornwell, Ríos Sánchez, & Hidalgo Cavazos, 2010, p. 1216)

El mayor problema de no tratar de reducir y eliminar las vibraciones mecánicas cuando se detectan es que a medida el tiempo pasa los componentes están soportando cambios que no deberían, como ser tensión, esfuerzo, calor elevada, por lo que se desgastan y se reduce su vida útil. Aparte de esto, se pueden sufrir problemas colaterales causando inconvenientes de ineficiencia y calidad en el proceso.

3.4.1 DISEÑO APROPIADO PARA PREVENCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS

Como bien afirman Beer, Johnston, Cornwell, Rios Sanchez & Hidalgo Cavazos en el libro de mecánica vectorial es necesario eliminar o reducir las vibraciones mecánicas mediante un diseño mecánico apropiado,

el cual se puede realizar por medio de trazados, dibujo técnico y diseño asistido por computadora, con la tecnología han surgido softwares que nos facilitan la visualización o función de un mecanismo, nos puede mostrar las tensiones que se crean en una estructura y las resistencias que estas pueden brindar dependiendo del material.

El diseño mecánico es el proceso de diseño o selección de componentes mecánicos para conjuntarlos y lograr una función deseada. Naturalmente los elementos de máquinas deben ser compatibles, acoplarse bien entre sí y funcionar en forma segura y eficiente. El diseñador no solo debe considerar el desempeño del elemento diseñado, sino también los elementos con que debe interactuar. (Mott & Guerrero Rosas, 2006, p. 14)

No se debe olvidar que los diseños mecánicos siempre deben ser llevados a cabo, supervisados o aprobados por una persona con experiencia en el área, que comprenda la física de los movimientos, la resistencia de los materiales que se esperan utilizar y también que los cálculos necesarios sean hechos para no sufrir desgaste rápido en los componentes de nuestro mecanismo.

3.4.2 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)

El diseño asistido por computadora mejor conocido como CAD es capaz de brindarnos facilidad para esquemmatizar componentes esenciales para la ingeniería, uno de los programas más conocidos para el diseño de componentes de alta calidad es Solidworks, un software que nos facilita diseñar piezas, estructuras, ensambles de engranajes, juego de poleas y al igual podemos visualizar los movimientos que estos vayan a tener una vez ensamblados.

SolidWorks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de piezas, crear grandes ensamblajes, generar

planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

SolidWorks se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

La característica que hace que SolidWorks sea una herramienta competitiva, ágil y versátil es su capacidad de ser paramétrico, variacional y asociativo, además de usar las funciones geométricas inteligentes y emplear un gestor de diseño (FeatureManager) que permite visualizar, editar, eliminar y actualizar cualquier operación realizada en una pieza de forma bidireccional entre todos los documentos asociados. (Gómez Gonzáles, 2008, p. 18)

Las ventajas al trabajar en la manufactura con un programa de ingeniería es que brinda tanto al diseñador como al constructor una amplia comprensión e interacción con el producto que se desea obtener. Para las empresas utilizar un software como Solidworks le brinda el beneficio de crear una base de datos de todos los componentes o máquinas con las que cuenta. CAD puede ser utilizado en alta gama de industrias, como ser, aeroespacial, textil, electrónica, automotriz, entre otras.

3.5 SISTEMAS NEUMÁTICOS

Los sistemas neumáticos han sido utilizados en la industria para facilitar movimientos por parte de las personas, reduciéndoles fatiga por medio de la disminución de peso o esfuerzo aplicado por el hombre. Este tipo de sistemas requiere de un mantenimiento constante para que su rendimiento pueda ser amplio.

En la actualidad, la necesidad de automatizar la producción no afecta únicamente a las grandes empresas, sino también a la pequeña industria. Incluso la industria artesana se ve obligada a

desarrollar métodos de producción racionales que excluyan el trabajo manual y no dependan de la habilidad humana, La fuerza muscular y la habilidad manual deben ser sustituirse por la fuerza y precisión mecánica. La <fuerza neumática> puede realizar muchas funciones mejor y más rápidamente, de forma más regular y sobre todo durante más tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga. Comparando el trabajo humano con el de un elemento neumático, se comprueba la inferioridad del primero en lo referente a capacidad de trabajo. (Deppert & Stoll, 2001, p. 9)

Como afirma Deppert & Stoll, los sistemas neumáticos nos brindan muchas ventajas en el área de fuerza y precisión, pero como todo sistema también puede presentar desventajas. En el caso de los sistemas neumáticos una de las características más difíciles de manejar es mantener una velocidad estable de salida, esto sucede por la alimentación que le brinda el compresor, sucede que si existen fugas la presión con la que el aire comprimido fluirá hasta el cilindro neumático se verá disminuida en el camino, provocando pérdida de velocidad. Los sistemas neumáticos también llegan a ser un costo de energía alta por la alimentación eléctrica que debe mantener el compresor. Ahora en días han surgido compresores con diferentes características que pueden brindar ahorros energéticos, sin embargo, no se podrá conseguir un costo estable de energía consumida.

3.5.1 ALIMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

Los sistemas neumáticos son alimentados por aire comprimido, el correcto uso de este componente es de vital importancia para el sistema, al igual que el proceso por el cual debe de someterse antes de ser aplicado a la máquina.

El aire comprimido, por el hecho de comprimirse, comprime también todas las impurezas que contiene, tales como polvo, hollín, suciedad, hidrocarburos, gérmenes y vapor de agua. A estas impurezas se suman las partículas que provienen del propio compresor, tales como polvo de

abrasión por desgaste, aceites y aerosoles y los residuos y depósitos de la red de tuberías, tales como óxido, cascarilla, residuos de soldadura y las sustancias hermetizantes que pueden producirse durante el montaje de las tuberías y accesorios. (Creus Solé, 2008, p. 128)

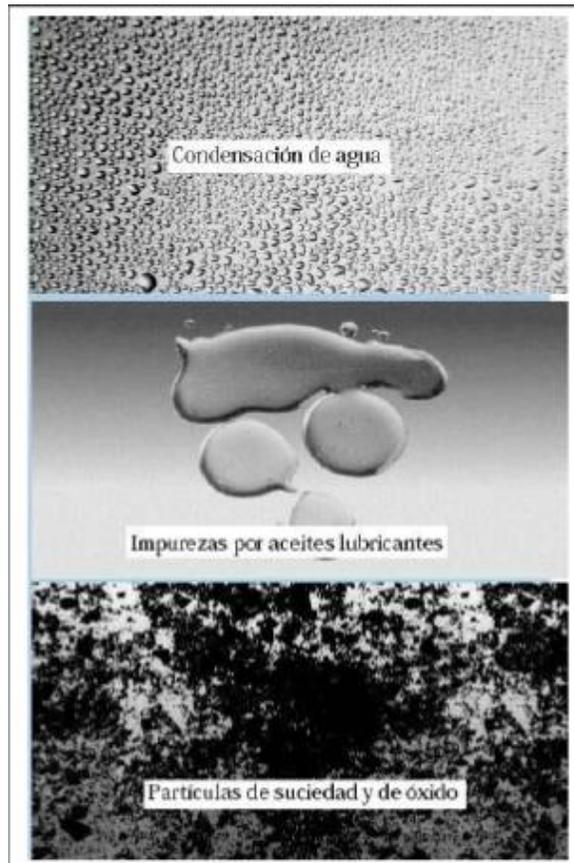


Ilustración 7. Impurezas encontradas en el aire

Fuente: (Creus Solé, 2008)

En la ilustración 7 se pueden apreciar las impurezas más comunes encontradas en el aire.

Estas impurezas pueden crear partículas más grandes (polvo + aceite) por lo que dan origen muchas veces a averías y pueden conducir a la destrucción de los elementos neumáticos. Es vital eliminarlas en los procesos de producción de aire comprimido, en los compresores y en el de preparación para la alimentación directa de los dispositivos neumáticos. Por otro lado, desde el punto de vista de prevención de los riesgos laborales, el aire de escape que contiene aceite puede

dañar la salud de los operarios y, además, es perjudicial para el medio ambiente. (Creus Solé, 2008, p. 128)

Para la prevención de impurezas en el aire comprimido, se debe asegurar controlar el proceso adecuado en el sistema, el cual debería de sobrellevar tres fases, la eliminación de partículas gruesas, el secado y preparación fina del aire. Para cumplir cada una de estas tres fases debemos asegurar contar con los componentes necesarios en nuestro sistema neumático, de lo contrario nos podría contraer problemas a largo plazo que el aire comprimido se encuentre contaminado.

3.5.2 MANTENIMIENTO EN SISTEMA NEUMÁTICO

Todo tipo de máquina, componente o pieza necesita mantenimiento en un sistema neumático. Uno de los componentes más importantes de este sistema en recibir mantenimiento es el compresor.

Para mantener el compresor en buenas condiciones, se recomienda:

- Comprobar con frecuencia la temperatura del aire descargado.
- Limpiar a menudo el filtro de aceite.
- Confirmar que no haya vibraciones.

La periodicidad de mantenimiento dependerá de la instalación y su uso. En general, determinadas partes requieren un mantenimiento semanal y ciertas otras, un mantenimiento mensual. (Heras, 2003, p. 33)

Para el mantenimiento de los cilindros neumáticos, se debe tener constantemente un chequeo para verificar que estén bien lubricados, que los sellos y hules que los unen a las mangueras y válvulas no se hayan dañado, que los cilindros neumáticos estén recibiendo la presión indicada en su tolerancia y que el peso que estén ejerciendo no se sobrepase de su límite.

En general el mantenimiento de los sistemas neumáticos está basado fundamentalmente en:

- Limpieza del sistema: algunos de los componentes del sistema neumático están expuestos al polvo, a la arena y al agua y, por tanto, pueden entrar al sistema causando un desgaste prematuro. Recuerde: Mediante una adecuada limpieza de los elementos (vasos, filtros etc.), se evitarán contaminaciones indeseables, que podrían convertirse en costosas averías.
- Lubricación de los elementos neumáticos para evitar el deterioro prematuro de los mismos que causa la fricción excesiva y la corrosión.
- Controles visuales o inspección durante el trabajo diario de la máquina para la detección de fugas y de posibles fallos antes de que generen paradas no programadas y averías.
- Drenaje de condensados.
- Recambios preventivos de las partes deterioradas, siguiendo las indicaciones del fabricante.

(Ona Baquero, 2012, p. 57)

3.6 SENSORES Y ACTUADORES

Cuando se implementa la automatización en la industria los sensores y actuadores juegan un rol muy importante, estos componentes son necesarios para poder controlar los procesos automáticamente, existe una amplia gama de sensores y actuadores, cada uno con características diferentes que logran ser versátiles con los diferentes métodos que se llevan a cabo en la industria.

A diferencia de un transductor, el sensor solo puede ser un dispositivo de entrada, ya que este último siempre será un intermediario entre la variable física y el sistema de medida. Así que en el caso de un sensor no basta con transformar la energía, este debe tener el tipo de dominio requerido. Hoy día, los sensores entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales, debido a que este tipo de dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medida

actuales. Los sensores pueden clasificarse de muchas formas distintas, pero las más comunes son por el tipo de variable a medir o por el principio de transducción utilizado. (Germán Corona Ramírez, 2014)

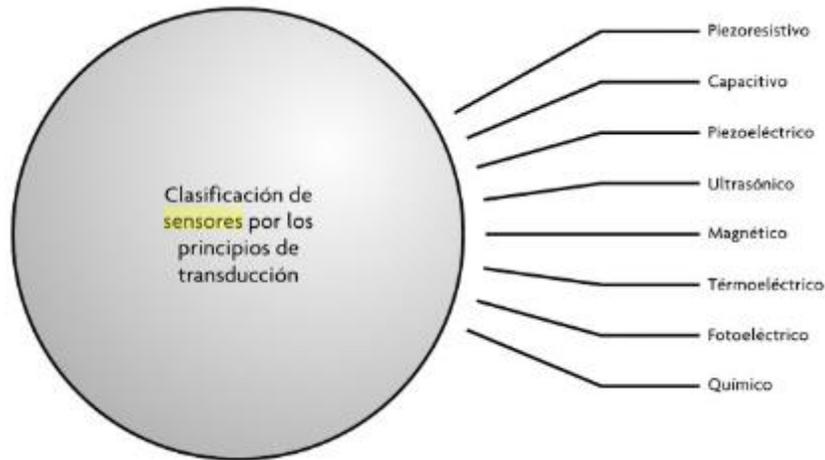


Ilustración 8. Clasificación de los sensores

Fuente: (Germán Corona Ramírez, 2014)

En la ilustración 8 se puede observar la clasificación que tienen los sensores según los principios de transducción, no obstante, se debe saber que no es la única forma de clasificar los sensores, ya que, existen otros principios que tienen una clasificación distinta a la que se puede apreciar en la ilustración 8.

Un actuador es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía. Por lo regular, actuadores se clasifican en dos grandes los grupos:

- 1) Por el tipo de energía utilizada: actuador neumático, hidráulico y eléctrico.
- 2) Por el tipo de movimiento que generan: actuador lineal y rotatorio. (Germán Corona Ramírez et al., 2014, p. 17)

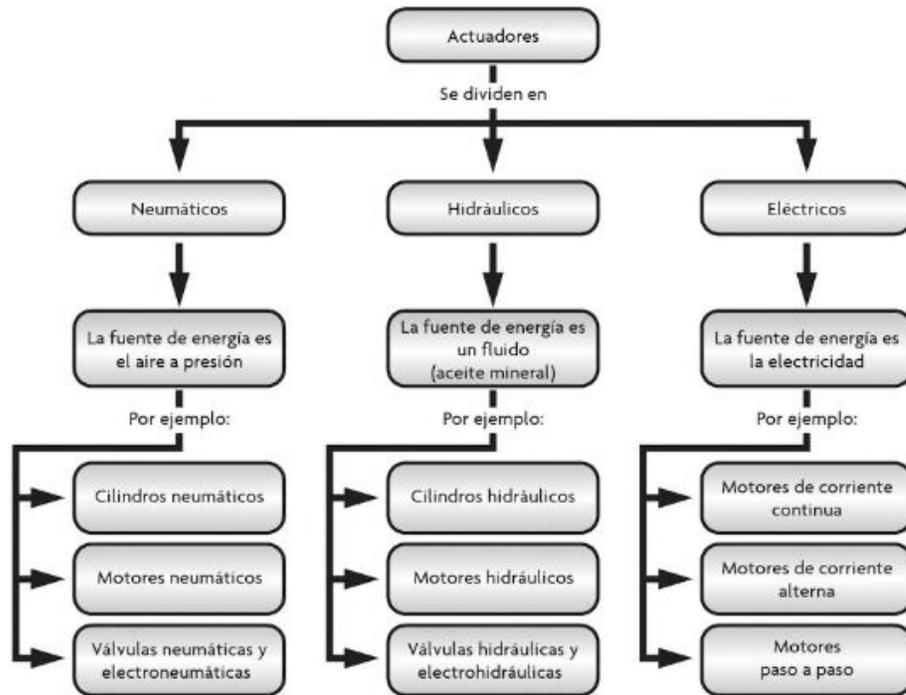


Ilustración 9. Clasificación de los actuadores

Fuente: (Germán Corona Ramírez et al., 2014, p. 17)

En la ilustración 9 brinda un mapa conceptual de la clasificación de los actuadores, donde se puede observar que se divide en neumáticos, hidráulicos y eléctricos. Cada clasificación proporciona el tipo de alimentación que estos sistemas requieren para poder funcionar, al igual se pueden conocer ejemplos de estos tipos de sistemas. En la industria se puede encontrar al menos 2 de estos tipos de sistemas lo que nos orienta que, siendo complementados con los sensores, el control de estos actuadores puede ser automático en los procesos.

3.6.1 SENSORES FOTOELÉCTRICOS

(Zarate Silva, 2013) afirma: “Los sensores fotoeléctricos son de lo más utilizados por su versatilidad. El principio básico es muy simple. Se crea una barrera de luz infrarroja y cualquier objeto que interrumpa esa barrera será inmediatamente detectado. Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos” (p. 115).

	De barrera	Difuso	Retro reflectivo
Configuración	Emisor y receptor por separado. Requiere alineación y cableado	Emisor y receptor en el mismo lugar. Luz reflejante por el objeto a detectar	Emisor y receptor en el mismo lugar. Se crea una barrera de luz que es reflejada por un espejo externo
Ventajas	Confiable, preciso, de largo alcance	Fácil de instalar y mantener	Fácil de instalar
Desventajas	Alambrado en ambos lados. Puesta en operación difícil por alineamiento	El rango del rendimiento depende de la superficie del objeto a detectar. Sensible al medio ambiente	Sensible al medio ambiente: polvo, líquidos
Rango	Hasta 40 metros	Pequeño, 1 o 2 metros	Hasta 10 metros con un buen espejo reflector
Región de detección	Hasta 15° de ángulo	Menos preciso de los tres	Más preciso que el difuso
Objeto oscuro/opaco a detectar	Bueno	Malo	Bueno
Objeto claro a detectar	Bueno	Malo	Malo
Objeto transparente a detectar	A veces	A veces	Bueno
Objeto negro a detectar	Bueno	Nunca	Malo

Ilustración 10. Comparación de los sensores fotoeléctricos

Fuente: (Zarate Silva, 2013)

La ilustración 10 nos muestra la comparación de las características según las divisiones de los sensores fotoeléctricos, en el caso del sensor fotoeléctrico difuso como bien nos describe la configuración, es un sensor donde tanto el emisor como el receptor se encuentran en el mismo lugar o gabinete, y es el cuerpo del objeto a detectar el que actúa como un espejo reflector para el sensor. Este tipo de sensor solo trabaja con rangos pequeños de distancia, sin embargo, es muy fácil de manejo y uso.

3.6.2 SENSORES DE POSICIÓN

En mecatrónica el tipo de sensores más utilizados para medir el desplazamiento son los potenciómetros, resolvers y encoders. A pesar de que existen estos tres diferentes sensores en la industria se puede apreciar que el que requiere más uso son los encoders, ya que, tiene ciertas ventajas como ser el costo, exactitud y fácil programación.

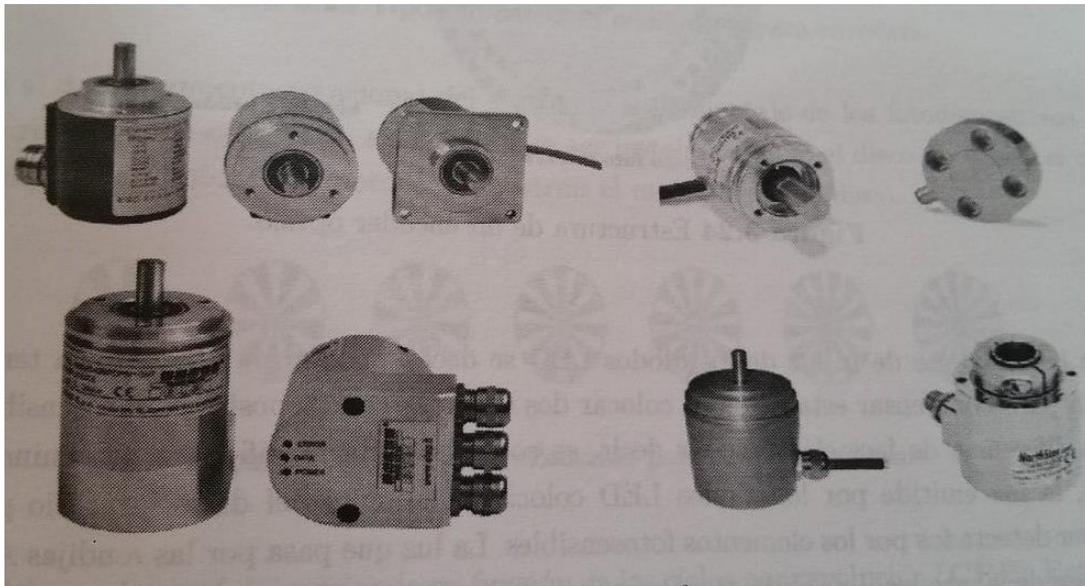


Ilustración 11. Encoders

Fuente: (Reyes Cortés, Cid Monjaraz, & Vargas Soto, 2013)

Los encoders son sensores digitales que miden la posición de los robots y de cualquier sistema mecatrónico con servomotores como los que se pueden apreciar en la ilustración 11. La tecnología del encoder es optoelectrónica por lo que también se les denomina encoders ópticos que a su vez se clasifican en incrementales y absolutos.

La salida del encoder incremental es un tren de pulsos cuadrados, cuyo número de pulsos representa la parte proporcional del ángulo de rotación. Por cada fracción de desplazamiento rotacional en la flecha del servomotor, el encoder incremental cambia su salida por transición, es decir de un nivel lógico bajo hacia un nivel lógico alto. La posición medida por el encoder es

relativa a la última posición o posición anterior, por eso el encoder incremental se conoce también como encoder relativo. Los pulsos no representan el valor absoluto de la posición, en tal caso el valor absoluto de la posición viene dado por acumular los pulsos de salida; la contabilidad de esos pulsos se lleva a cabo por un circuito electrónico contado de pulsos. (Reyes Cortés et al., 2013, p. 127)

Como se puede comprender según Reyes Cortés, los sensores con mayor precisión y de los cuales se obtiene mejores resultados es de los encoders, aparte de que existe una gama amplia en sus características de tamaño, también se encuentran muchos encoders con variación en el voltaje para poder alimentarlos. La instalación de estos dispositivos es muy fácil ya que puede acoplar su eje como mejor nos convenga y en la posición que deseemos, igual se pueden encontrar encoders con variación en el diámetro de su eje y fuerza de torsión.

3.6.3 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Los motores de corriente continua también conocidos como motores DC son actuadores de la rama eléctrica, estos actuadores son muy utilizados en la industria por la versatilidad de características, como ser, su tamaño, torque, revoluciones por minuto. Es muy importante tomar en cuenta que cuando se quiere comprar un motor se debe de especificar estas características al proveedor, por lo que se debe hacer un estudio y cálculos antes de decidir que uso se le dará al motor para no forzarlo y evitar dañarlo.

Los motores de corriente continua (CC) son los actuadores que podemos conseguir con mayor facilidad, y que seguramente estarán presentes en muchos de nuestros robots. En general, están formados por dos imanes pegados a la carcasa del motor y un conjunto de bobinas de cobre en el eje del motor. El funcionamiento se basa en la atracción o la repulsión entre el campo magnético

que se genera en las bobinas por el paso de la electricidad y los imanes que se encuentran alrededor de ellas. (Zabala, 2007, p. 155)

Se debe tomar en cuenta que para interactuar con un motor de corriente continua es necesario tener el conocimiento técnico, ya que se debe tener mucha precaución desde el momento de arranque de estos. Por lo tanto, hay precauciones que se pueden tomar.

- Antes de alimentar con tensión asegurarse de que están conectados todos los circuitos del motor y las chapas que unen los bornes están en el lugar que les corresponde.
- Las escobillas tendrán el apriete (presión) que les corresponda, ni más, ni menos.
- Las vibraciones que pudieran darse en el curso de la subida en velocidad o durante la marcha en carga.
- Elevación anormal de la temperatura en ciertas partes del motor.
- Ruidos anormales que pudieran producirse.
- Chisporroteo anormal entre escobillas y colector. Cuando las escobillas son nuevas, se deben adaptar al colector, y esto da lugar a un desgaste mayor.
- Los acoplamientos entre motor a reductor o a máquina, estarán equilibrados, para evitar vibraciones que pudieran afectar al motor y a los elementos accionados. (Roldán Vilorio, 2014, p. 140).

3.7 PROCESOS INDUSTRIALES

En la industria poder sostener la calidad de un producto siempre es un reto, por la rotación de personal, cambio de procesos, cambio del producto, entre otras cosas. Por lo que estudiar y analizar de manera profunda los procesos industriales que serán implementados ha llegado a ser de gran relevancia para las empresas.

Los procesos industriales son el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios. Siendo el propósito de un proceso industrial el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida. Las fases básicas de un proceso industrial son cinco: manipulación de la materia prima, operaciones físicas de acondicionamiento de dicha materia, reacción química para su transformación, separación y elaboración de productos. (Figuera Vinué, 2006, p. 126)

Dentro de los procesos industriales podemos encontrar el estudio de la ergonomía, el estudio de los tiempos y movimientos que una persona debe de realizar para poder completar un proceso.

3.7.1 ERGONOMÍA

En la industria de las maquilas el estudio de la ergonomía para cada proceso debe ser primordial. Por el hecho de que se cuenta con mucho personal, se debe de cuidar que no sufran de fatiga u otros dolores causados a los movimientos constantes que hacen en sus horas laborales.

Una definición de ergonomía debiera recoger, a nuestro entender, los elementos condicionantes que enmarcan su realización. Por ello podríamos pensar en la ergonomía como en una actuación que considerara los siguientes puntos:

- 1) Objetivo: mejora de la interacción P-M, de forma que la haga más segura, más cómoda, y más eficaz: esto implica selección, planificación, programación, control y finalidad.
- 2) Procedimiento pluridisciplinar de ingeniería, medicina, psicología, economía, estadística, etc, para ejecutar una actividad.

- 3) Intervención en la realidad exterior, o sea, alterar tanto lo natural como lo artificial que nos rodea; lo material y lo relacional.
- 4) Analizar y regir la acción humana: incluye el análisis de actitudes, ademanes, gestos y movimientos necesarios para poder ejecutar una actividad; en un sentido más figurado implica anticiparse a los propósitos para evitar los errores.
- 5) Valoración de limitaciones y condicionantes del factor humano, con su vulnerabilidad y seguridad, con su motivación y desinterés, con su competencia e incompetencia.
- 6) Por último, un factor que debemos ponderar en su justo valor: el económico, sin el cual tampoco se concibe la intervención ergonómica. (Mondelo, Gregori Torada, & Barrau Bombardó, 2000, p. 21)

Aunque la ergonomía pueda ser definida o comprendida según Mondelo, hay diferentes maneras de poder definirlo, en palabras simples la ergonomía puede definirse como el estudio de la capacidad motriz de una persona al momento de interactuar con una máquina.

TAXONOMÍA	
ERGONOMÍA	PUESTO DE TRABAJO P-M
	SISTEMAS PP-MM
ERGONOMÍA	PREVENTIVA Diseño - Concepción
	CORRECTIVA Análisis de errores y rediseño
ERGONOMÍA	GEOMÉTRICA Postural, movim., entornos
	AMBIENTAL Iluminación, sonido, calor,...
	TEMPORAL Ritmos, pausas, horarios,...
	TRABAJO FÍSICO TRABAJO MENTAL

Ilustración 12. Enfoques de la clasificación de la ergonomía

Fuente: (Mondelo, Gregori Torada, & Barrau Bombardó, 2000)

En la ilustración 12 se puede observar los diferentes enfoques que tiene la ergonomía, en el primer enfoque se puede observar la interacción con la máquina, en el segundo enfoque se estudia la ergonomía de una forma preventiva o correctiva desde el momento en que se están elaborando los diseños y el tercer enfoque se inclina al estudio del ambiente en el que se encuentra trabajando la persona y como este puede afectarle.

3.7.2 MTM (Motion Time Method)

El MTM, es un sistema que nos ayuda a calcular tiempos y costos de los movimientos que se realizan por una persona en un proceso.

Para el desarrollo del sistema MTM, los creadores grabaron una gran variedad de operaciones manuales industriales y un estudio cuidadoso de los movimientos en operaciones industriales utilizados.

El procedimiento que se debe seguir al hacer un estudio MTM es:

- Dividir la operación en elementos de tamaño intermedio que comprenda no más de 12 movimientos. Ejemplo: tomar la pieza, colocarla en el mecanismo, cerrar mecanismo, iniciar alimentación.
- Identificar los movimientos MTM necesarios, usando las tablas.
- Registrar elementos y movimientos.
- Dar los valores de tiempos según tablas.
- Sumar los tiempos obtenidos para obtener el tiempo total de la tarea.
- Registrar la distribución del lugar de trabajo y describir el equipo usado. (Palacios Acero, 2014, p. 185)

Tabla 1. Movimientos y tiempos definidos por creadores del MTM

Movimientos Básicos	Tiempos Definidos
Alcanzar (reach)	Tiempos para alcanzar
Mover (move)	Tiempos para mover
Sujetar (grasp)	Tiempos para sujetar
Girar (turn)	Tiempos para girar
Soltar (release)	Tiempos para soltar
Ubicar (position)	Tiempos para ubicar
Desacoplar (disengage)	Tiempos para desacoplar
Apretar (compress)	Tiempos para apretar

Fuente: (Palacios Acero, 2014)

Este es un método muy utilizado en la industria para el análisis de los procesos de producción, sin la ayuda del MTM difícilmente se establecerían tiempos estándares para que el empleado pueda terminar un proceso. Se puede concluir que lo esencial del MTM son los movimientos que realiza la persona, ya que, podemos tomar en cuenta que muchas veces durante su proceso va a variar el peso de algún objeto que manejen, las distancias que tendrán que extender sus brazos e incluso el control que será ejercido dependiendo de la persona. Por lo tanto, cada vez que se realice este tipo de análisis se debe ser cuidadoso y observar cada proceso que puede afectar el método de trabajo.

IV. METODOLOGÍA

Pimienta Prieto & Orden Hoz (2012) expresa:

La metodología tiene dos sentidos: Se entiende como conjunto de métodos usados en una disciplina científica determinada, por ejemplo, la metodología de la investigación biológica.

También significa “ciencia que estudia los diferentes métodos que existen”. En este sentido, el objeto de la metodología sería el estudio de las características, estructura, funciones y tipos de métodos de investigación, así como de los principios generales que regulan la investigación científica.

Podemos decir que la metodología es un concepto más abstracto y general que método. En síntesis, la metodología puede entenderse como una ciencia que estudia cómo proceder científicamente, es decir, busca garantizar el uso de un método analizando sus posibilidades y limitaciones. (p. 48)

Por lo tanto, en esta metodología se estudiará la hipótesis, las variables dependientes e independientes que afectan nuestro proyecto y el método y enfoque aplicado.

4.1 HIPÓTESIS

La decisión de remodelar el proyecto de dispensador de elástico surge por la necesidad de la empresa para completar la propuesta de un piloto que mejorará la productividad y reducirá los movimientos realizados por parte del operario. Aparte de la necesidad de completar el proyecto, en el proceso de estudio del funcionamiento de este, se logró detectar la baja velocidad de dispensado causando que la máquina no trabaje simultáneamente con el operario, ocasionando un incremento de tiempo muerto. Las vibraciones mecánicas producidas por la máquina son elevadas y puede ocasionar desgaste en los componentes utilizados en el sistema de arrastre del elástico. Tomando ventaja de las vibraciones mecánicas el espacio que abarca el proyecto puede ser reducido y rediseñado para poder reforzar el sistema de rodos y acortar el

área utilizada. Se planeo que la ergonomía del operario debe de ser prioridad para que el proyecto tenga éxito, por lo que distintos componentes deben ser implementados o movidos.

Al tomar en cuenta cada una de las necesidades por parte de la empresa, se concluye una hipótesis: La remodelación del dispensador de elástico nos brindará optimización de espacio y de procesos, ofreciendo al operario un método de movimientos a realizar sin fatigas creando una máquina amigable al operario y funcional para el aumento de productividad de la empresa.

4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Aunque existen detalles de remodelación en el diseño del proyecto y estudio de la ergonomía del operario, la principal necesidad es que el dispensado pueda alcanzar simultaneidad al tiempo que trabaja el operario, por lo tanto, la velocidad del dispensado es la variable dependiente para poder validar el correcto funcionamiento del proyecto.

4.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Se puede concretar que la variable independiente es la cantidad de revoluciones por minuto (RPM) que necesita el motor para reducir los tiempos muertos en el dispensado.

4.2 MÉTODO Y ENFOQUE

Para una mejor base y organización siempre debemos guiarnos de un método de investigación, en este caso en la tesis ha sido utilizado el método científico en el cual por medio de la investigación científica podemos sustentar, validar y demostrar nuestras teorías.

La primera versión de lo que hoy entendemos por método científico se elaboró a finales del siglo XVI y comienzos del siglo XVII. Coincidió con el extraordinario desarrollo de las ciencias naturales o experimentales, que tuvieron una gran transformación al colocar a la experiencia como fuente del conocimiento. (Bernal Torres, Urdaneta Silva, & Duitama Ochoa, 2016, p. 89)

4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para evitar el plagio siempre debemos citar nuestras fuentes de información, en este documento se encuentran citas bibliográficas de libros pasta dura, siendo los libros la fuente de información principal, seguido de la descripción de su proyecto por parte del estudiante y reflexiones sobre la información recopilada de los libros.

Fuente de información principal:

- Libros pasta dura orientados al tema de investigación.
- Libros electrónicos recuperados de la plataforma del CRAI UNITEC.
- Libros encontrados en la web filtrados por los temas afines al proyecto de investigación.

4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

No.	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
1	Familiaridad con las plantas de la empresa y las actividades que se llevan a cabo.										
2	Interaccion con piloto de dispensador de elastico										
3	Comprension de la programacion del dispensador de elastico, sensores, motores.										
4	Entendimiento de las necesidades y expectativas por parte de la empresa hacia el proyecto.										
5	Pruebas para analisis de fallas del dispensador de elastico.										
6	Mejoras en el sistema de poleas y guias.										
7	Cotizacion de piezas necesarias a incluir en el proyecto.										
8	Pruebas con operario del proyecto con mejoras										
9	Analisis y mediciones para reduccion de espacio que abarca el proyecto.										
10	Diseño de piezas en Solidworks 2018										
11	Estudio de ergonomia del proyecto										
12	Medida del tiempo de los metodos										
13	Diagrama hombre-maquina										
14	Cotizacion de nuevo motor y regulador de velocidades										
15	Analisis de presupuesto de proyecto										
16	Propuesta de nuevo diseño a la empresa										
17	Cableado en nuevo panel de control										
18	Construccion de nueva estructura										
19	Implementacion de nuevo motor										

Ilustración 13. Cronograma de actividades

V. ANALISIS Y RESULTADOS

El análisis y resultados siguió un orden específico siendo guiado por los objetivos, ya que, fueron planteados dependiendo de la prioridad, para lograr la mejora del proyecto.

Principalmente se observó y analizó el funcionamiento del proyecto tomando en cuenta el producto final que la empresa deseaba. Concluyendo que las mayores fallas mecánicas que el proyecto presentaba era el atascamiento de elástico y vibraciones altas, provocando que el proceso fuese ineficiente. Para poder solucionar el atasco de elástico se reconstruyó una guía que ayuda al elástico tener un límite de movimiento antes de llegar a la cuchilla de corte, así, previniendo que se atascara en la superficie.

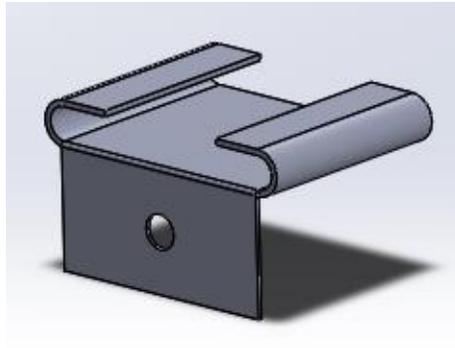


Ilustración 14. Guía para elástico

Fuente: propia



Ilustración 15. Guía con elástico antes de llegar a la cuchilla

Fuente: propia

En la ilustración 14 se puede apreciar el diseño realizado en Solidworks de la guía para el elástico y en la ilustración 15 se puede observar ya la guía instalada en el mecanismo, la cual fue realizada con lámina.

Para la solución de las vibraciones mecánicas se prosiguió al objetivo número dos, brindar a la empresa nuevos diseños tanto para eliminar las vibraciones como también para optimizar el espacio que abarcaba el proyecto en la planta. Las ideas de diseño brindadas a la empresa incluían el análisis de optimizar procesos como ser la reducción de movimientos por parte del operario, reducción de tiempos muertos y brindando una ergonomía adecuada al operario.

La primera propuesta que se realizó a la empresa fue hacer un cambio de panel de control a uno con medidas de 300x250x250mm por dos razones, primero los componentes utilizados eran pocos para el tamaño del panel con el que contaban, segundo, el panel ya no contaría con la pantalla HMI. En la ilustración 16 se puede observar cómo era originalmente el panel de control.



Ilustración 16. Panel original con pantalla HMI

Fuente: propia

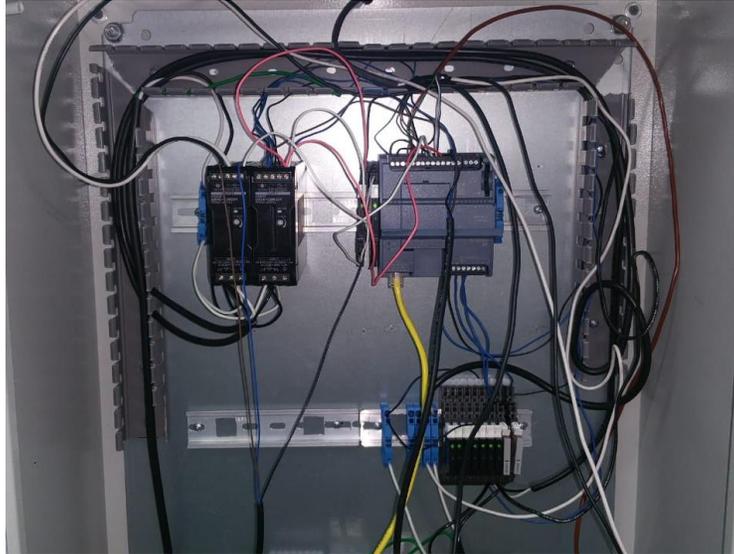


Ilustración 17. Cableado y espacios sobrantes en panel de control original

Fuente: propia

En la ilustración 17 se puede apreciar cómo se encontraba el cableado y los componentes que se utilizan para alimentar y controlar los sensores y actuadores del proyecto.



Ilustración 18. Diferencia de tamaño en panel de control eléctrico

Fuente: propia

En la ilustración 18 se puede comparar la diferencia de tamaño entre el panel de control que se tenía instalado y el nuevo panel de control.



Ilustración 19. Cableado en panel de control 300x250x250mm

Fuente: propia

Como se observa en la ilustración 19 se muestra el cableado que se hizo en el panel de control con dimensiones menores al panel de control original, dejando solo los componentes necesarios ahorrándonos espacio en el proyecto.

Una vez hecho el cambio del panel de control eléctrico, se hizo la propuesta a la empresa de rediseñar la estructura para poder eliminar las vibraciones mecánicas causadas por la cuchilla de corte, se prosiguió a presentar a la empresa el nuevo diseño por medio de la visualización en Solidworks 2018.

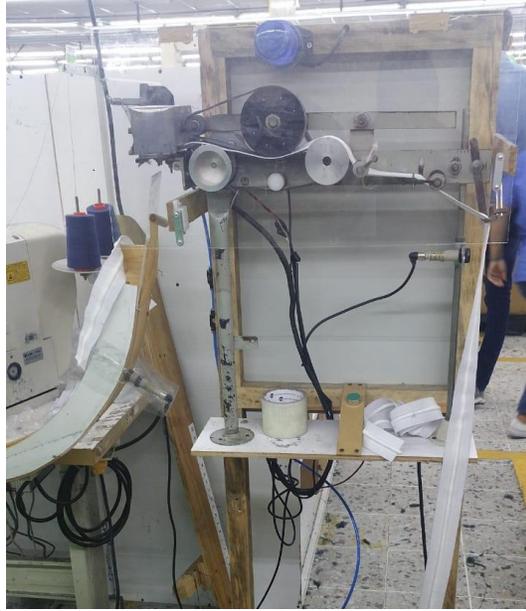


Ilustración 20. Estructura original del dispensador de elástico

Fuente: propia



Ilustración 21. Estructura propuesta a la empresa

Fuente: propia

En la ilustración 20 se puede observar cómo se encontraba el panel de control y el mecanismo que ayuda a jalar el elástico montados en la estructura original, y en la ilustración 21 se encuentra la propuesta que se le mostró a la empresa.

La propuesta de esta estructura brinda más estabilidad por contar con cuatro extremidades, también porque lo ancho de la estructura se acopla a lo alto que es la estructura, aprovechando que se le dio un ancho mayor a la base, el ensamble de rodos que jalan el elástico se logra reforzar con tubos diagonales, dando aún más estabilidad y reducción de vibración cuando la cuchilla cumple con el corte. Aparte de esto, se aprovecha a colocar el panel de control en la estructura optimizando espacio en la planta.



Ilustración 22. Estructura modificada

Fuente: propia



Ilustración 23. Ubicación de panel de control en estructura

Fuente: propia

Una vez la empresa aceptando el diseño propuesto para la estructura, esta se llevó a cabo luciendo como se observa en la ilustración 22 y 23.

El tiempo ocioso en los procesos industriales reduce las probabilidades de mantener o llegar a alcanzar una eficiencia alta, por medio del diagrama hombre-máquina se logró analizar en el dispensador de elástico la cantidad de tiempo muerto de la máquina u operario.

Para poder realizar el diagrama hombre-máquina se tomaron ciclos de tiempo del proceso con mejoras del atasco realizadas en el proyecto, al igual se realizó un video para poder analizar cuidadosamente el tiempo que el operario tardaba por cada uno de sus movimientos. El analista de la empresa aprobó el diagrama retroalimentando que el tiempo ocioso por parte del operario y las máquinas excedían la tolerancia que se maneja en la empresa. Por lo tanto, era necesario mejorar los tiempos para que pudiera ser eficiente y aprobado por la empresa.

Operario	Seg	Maquina1	Maquina2	Maquina3
Carga Elastico Maq 1	1			
	2			
	3			
Espera	4			
	5			
	6			
Carga Elastico Maq 2	7			
	8			
	9			
Espera	10			
	11			
	12			
	13			
Carga Elastico Maq 1	14			
	15			
	16			
	17			

Ilustración 24. Diagrama hombre-máquina con motor original

Fuente: propia

En la ilustración 24 se observa la actividad del operario, de las máquinas de coser (máquina 1 y 2) y la actividad que tiene el dispensador de elástico (máquina 3). Donde se contempla que el operario tarda tres segundos en cumplir sus movimientos, las máquinas de coser cumplen su proceso en dos segundos y el dispensador de elástico nos logra dispensar un elástico cada siete segundos, provocando tiempo muerto por parte del operario y las máquinas de coser. Este tiempo muerto es provocado porque el dispensador de elástico no trabaja a la misma velocidad que el operador.

Para la viabilidad y aprobación del proyecto se propuso a la empresa cambio de motor, ya que, el original contaba con el torque necesario pero con 12 RPM, se recomendó hacer la compra de un motor y un regulador de velocidad, tomando en cuenta que las características del motor tendrían el mismo torque pero con 120 RPM donde el regulador de velocidad ayudaría al momento de hacer las pruebas y encontrar las RPM adecuadas al cual el motor debe trabajar y que alcance los tiempos en los que el operario trabaja.

Suponiendo que los ciclos tanto del operario y dispensador de elástico trabajen simultáneamente, obtenemos el siguiente diagrama hombre-máquina.

Operario	Seg	Maquina1	Maquina2	Maquina3
Carga Elastico Maq 1	1			
	2			
	3			
Carga Elastico Maq 2	4	2		
	5			
	6			
Carga Elastico Maq 1	7		2	
	8			
	9			
Carga Elastico Maq 2	10	2		
	11			
	12			
Carga Elastico Maq 1	13		2	
	14			
	15			

Ilustración 25. Diagrama Hombre-Máquina con motor propuesto

Fuente: propia

Previo a realizar el diagrama de la ilustración 25 se aprobó con el analista de la empresa que el tiempo en que el operario carga la máquina de coser es aproximadamente tres segundos, que la máquina de coser tarda dos segundos en costurar y el tiempo del dispensador de elástico tiene que cumplir entre dos a tres segundos de tiempo de dispensado para poder alcanzar la velocidad que el operario tiene y que no exista tiempo muerto. Se puede observar que las máquinas de coser tendrán aproximadamente 1 segundo de tiempo ocioso, pero no afecta la eficiencia del proceso.

Por último, se evaluó si existían riesgos ergonómicos para el operario, donde se pudo concluir que había oportunidad de mejora en dos aspectos. En principal el cambio de ubicación de la pantalla HMI y la implementación de dos soportes en la mesa de trabajo.

Por el hecho de que la pantalla se encontraba en el panel de control, conllevaba que en el cambio de tallas del elástico el operario debía levantarse de la mesa de trabajo e ir hasta el panel a hacer los cambios, provocando tiempo muerto y fatiga la persona por el hecho de que no es preciso las veces que se cambia talla al día. Por lo tanto, se propuso a la empresa ubicar la pantalla HMI en la mesa de trabajo donde se encuentran las máquinas de coser, así, cualquier cambio o paro necesario podría hacerse sin tener que levantarse.



Ilustración 26. Mesa de trabajo del operario

Fuente: propia

En la ilustración 26 se puede observar la posición de las máquinas de coser y de las pantallas que ambas máquinas traen incluidas, una vez hecho el cambio se puede apreciar en la ilustración 27 como se encuentra ubicada la pantalla HMI en la mesa de trabajo.



Ilustración 27. Mesa de trabajo del operario con pantalla HMI.

Fuente: propia

Como se puede observar en la ilustración 27, se instaló la pantalla HMI en la mesa de trabajo, moviendo las pantallas táctiles de las máquinas de coser del centro, hacia los lados de la mesa. El mover las pantallas táctiles de las máquinas de coser no afecta el proceso porque solo se utilizan para elegir la configuración una vez, o sea, en el arranque del día laboral, mientras que la pantalla HMI se necesita utilizar más veces.

El estudio de la implementación de dos soportes en la mesa de trabajo se llevó a cabo después de observar que el operario al despejar el prénsatela en las máquinas de coser con el elástico costurado llevaban el elástico hasta su brazo, ubicando hasta 50 elásticos y luego ubicándolos en nudo en una caja.



Ilustración 28. Operario con elásticos en el brazo

Fuente: propia

En la ilustración 28 se puede apreciar como el operario carga los elásticos ya costurados en su brazo. Por lo tanto, se propuso a la empresa ubicar dos soportes los cuales facilitan deslizar el elástico con el dedo en el prénsatela y que por caída libre se vayan acumulando en los soportes, una vez teniendo cierta cantidad podrán tomar los elásticos y hacerlos nudo.

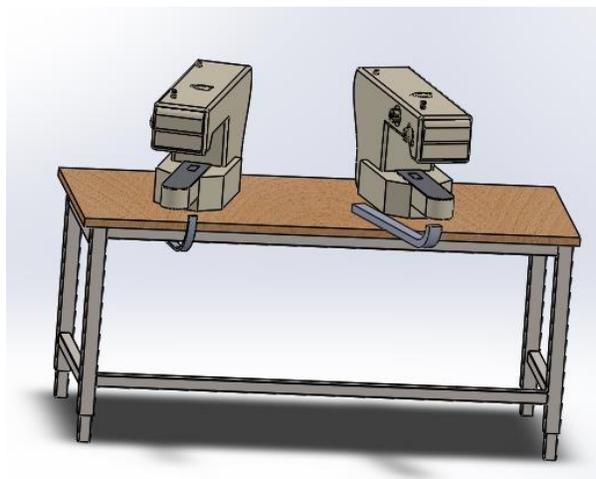


Ilustración 29. Propuesta de ubicación de soportes

Fuente: propia



Ilustración 30. Soportes de acumulación de elástico

Fuente: propia

Como se puede observar en la ilustración 29 se propuso a la empresa por medio de dibujo de Solidworks como deben de ubicarse los soportes y en la ilustración 30 se puede observar que los soportes ya han sido instalados para pruebas.

Al haber hecho los análisis de la ergonomía se llevó a cabo el MTM con ayuda del analista de la empresa donde existen códigos establecidos por Werner Obelhozer, estos códigos nos brindan el costo por cada movimiento que hace el operario en el proceso, por lo cual es vital prestar atención a cada uno de los movimientos. La información que nos brinda el MTM es el tiempo del operario, tiempo de la máquina y tiempo del ciclo completo. Nos detalla las docenas que se proyecta realizar en las horas laborales con una eficiencia al 100%, al 110% y al 120% y también nos brinda el SAM.

Manual =	97.9	0.0587	3.5
Machine =	55.6	0.0334	2.0
Cycle Time =	153.5	0.0921	5.5
Machine Delay Time	0.0025	SAM / Gmt	0.1187
PF + D Time	0.0147	SAM / Doc	1.4245
Handling Mins/Unit	0.00813	Dz @100% 9 Hrs	379.07
Handling Mins/Unit	0.0013	Dz @110% 9 Hrs	417.0
		Dz @120% 9 Hrs	454.9

Ilustración 31. Resultados MTM con proceso original

Fuente: propia

Manual =	63.8	0.0383	2.3
Machine =	166.8	0.1001	6.0
Cycle Time =	230.6	0.1383	8.3
Machine Delay Time	0.0075	SAM / Gmt	0.1774
PF + D Time	0.0221	SAM / Doc	2.1287
Handling Mins/Unit	0.00813	Dz @100% 9 Hrs	507.34
Handling Mins/Unit	0.0013	Dz @110% 9 Hrs	558.1
		Dz @120% 9 Hrs	608.8

Ilustración 32. Resultados MTM con proceso automatizado

Fuente: propia

Se puede observar en la ilustración 31 y 32 la comparación de resultados con el proceso que originalmente tienen en la planta y el proceso que brindaría el dispensador de elástico. Se puede concluir que en productividad el proyecto es viable ya que obtendremos más docenas realizadas en las nueve horas laborales.

VI. CONCLUSIONES

En toda investigación es necesario recabar los datos más adecuados para contestar las preguntas de investigación y, posteriormente, analizar los datos recopilados y encontrar su significación.

Esta tarea es clave porque permite dar sentido a los datos en relación con el objeto de investigación y el marco teórico, de tal forma que se puedan sacar conclusiones. (Zapata, 2005, p. 205)

Como expresa el autor es de vital importancia recabar los datos en el proceso de investigación para lograr fundamentar nuestras conclusiones.

- Al analizar el funcionamiento del proyecto se logró concluir que las fallas mecánicas más significativas eran el atascamiento de elástico y las vibraciones mecánicas.
- Se sugirieron nuevos diseños para la reducción de fallas mecánicas, los cuales fueron aceptados por la empresa y una vez ensamblados se pudo comprobar que estas fallas fueron eliminadas en el caso de atascamiento y las vibraciones mecánicas.
- Para detallar indicadores del tiempo de dispensado y tiempo muerto del proceso se llevo a cabo un análisis de MTM y diagrama hombre-maquina donde se pudo apreciar que con el correcto funcionamiento del motor se puede optimizar el tiempo que requiere el proceso.
- Los indicadores de riesgo ergonómico detectados fueron: el peso que provoca la acumulación de elásticos en el brazo y la fatiga de moverse del puesto de trabajo por cambio de talla en la pantalla HMI, donde se logró reducir movimientos beneficiando la producción.

VII. RECOMENDACIONES

Para la empresa:

- Elaborar los proyectos con un material diferente a madera, para prevenir fallas mecánicas en el proceso y prolongar la vida útil.
- Agilizar la compra de materiales para el desarrollo de los proyectos.
- Observar los riesgos ergonómicos que están presentes en diferentes procesos y solucionarlo.

Para la universidad:

- Proporcionar cursos de cableado de paneles de control eléctricos para seguridad de los dispositivos y de la persona.
- Facilitar y alentar al estudiante a hacer uso del equipo de protección en los laboratorios como guantes y gafas.
- Reforzar el área en administración de proyectos para poder manejar los diferentes tipos de diagramas necesarios para poder plasmar y obtener la viabilidad y ahorros de los proyectos.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Beer, F. P., Johnston, E. R., Cornwell, P. J., Ríos Sánchez, M. Á., & Hidalgo Cavazos, F. de J. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica, novena edición*. México, D.F: McGraw-Hill.
- Bernal Torres, C. A., Urdaneta Silva, G. A., & Duitama Ochoa, C. F. (2016). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá, Colombia: Pearson Educación de Colombia.
- Bolton, W. (2002). *Mecatrónica: sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica*. Barcelona: Marcombo.
- Bolton, W. (2013). *Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. Un enfoque multidisciplinario*. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10757874>
- Creus Solé, A. (2008). *Neumática e hidráulica*. Barcelona: Marcombo. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10212428>
- Daneri, P. A., & e-libro, C. (2009). *PLC automatización y control industrial*. Buenos Aires: Editorial Hispano Americana HASA. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10336954>
- Deppert, W., & Stoll, K. (2001). *Aplicaciones de la neumática*. México; Santa Fé de Bogota: Alfaomega.
- Fenoll, J., Borja, J. C., & Herrera, J. S. de. (2009). *Mecanizado básico*. Madrid: Macmillan Iberia, S.A.
- Figuera Vinué, P. (2006). *Optimización de productos y procesos industriales*. Barcelona: Gestión 2000.
- Fruit of the Loom (2018) Recuperado de: <http://fruitoftheloom.es/corporate>
- Germán Corona Ramírez, L., Abarca Jiménez, G. S., Mares Carreño, J., & e-libro, C. (2014). *Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino*. México: Larousse - Grupo Editorial Patria.
- Gómez Gonzáles, S. (2008). *Solidworks*. Barcelona: Marcombo.
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. de la. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10747937>

- Henaó, F. (2014). *Riesgos físicos I: ruido, vibraciones y presiones anormales (2a. ed.)*. Bogotá, COLOMBIA: Ecoe Ediciones. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4870568>
- Heras, S. de las. (2003). *Instalaciones neumáticas*. Barcelona: Editorial UOC. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/reader.action?docID=3206854&query=neumatica#>
- Jerzees (2018) Recuperado de: <https://www.jerzees.com/#/j>
- Kalpakjian, S., Schmid, S. R., & Espinoza Limón Jaime. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México, D.F.: Pearson Educación.
- Mondelo, P. R., Gregori Torada, E., & Barrau Bombardó, P. (2000). *Ergonomía I: fundamentos*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Mott, R. L., & Guerrero Rosas, P. M. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*.
- Ona Baquero, C. M. D. S. P., Diego. (2012). *Mantenimiento básico de máquinas e instalaciones en la industria alimentaria (mf0547_1)*. Place of publication not identified: Ic Editorial. Recuperado de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3212950>
- Palacios Acero, L. C. (2014). *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos*. Paracuellos del Jarama (Madrid): Starbook.
- Pimienta Prieto, J. H., & Orden Hoz, A. de la. (2012). *Metodología de investigación: competencias + aprendizaje + vida*. México: Pearson.
- Reyes Cortés, F., Cid Monjaraz, J., & Vargas Soto, E. (2013). *Mecatrónica: control y automatización*. México: Alfaomega.
- Roldán Viloría, J. (2014). *Motores de corriente continua: motorización de máquinas y vehículos: características, cálculos y aplicaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Sanchez, M. C. (2004). *Guía para la formulación de proyectos de investigación (1 ed.)*. Bogotá: Magisterio Editorial. Recuperado de <https://books.google.hn/books?id=12QAoImkJxsC&pg=PA54&dq=formulacion+de+objetivos>

&hl=es-

419&sa=X&ved=0ahUKEwixtovt8LveAhWHylMKHRbCBpsQ6AEIKjAA#v=onepage&q=fo
rmulacion%20de%20objetivos&f=false

Tornero, F. (2012). *Mecanizado por control numérico*. Recuperado de
<http://site.ebrary.com/id/11002028>

Tunal S., G. (2005). Automatización de los procesos de trabajo. Red actualidad contable faces.
Recuperado de
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3161906&query=procesos%20automaticos>

Zabala, G. (2007). *Robótica*. Buenos Aires: Gradi.

Zapata, O. A. (2005). *La aventura del pensamiento crítico: herramientas para elaborar tesis e investigaciones socioeducativas* (1.ª ed.). Mexico DF: Publico juvenil.

Zarate Silva, V. H. (2013). *Lo esencial de la instrumentación moderna para mecatrónicos* (1 edición). Mexico DF: Editorial digital del tecnológico de Monterrey.

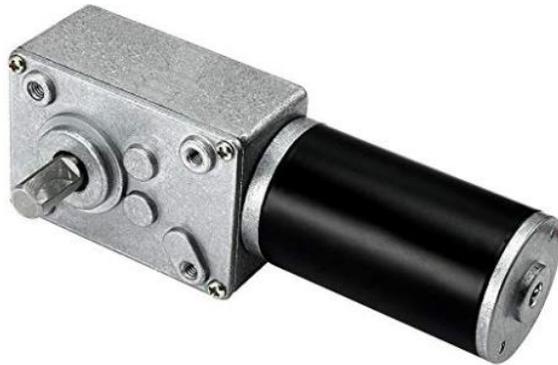
IX. ANEXOS

Anexo 1: Encoder Omron



Fuente: amazon

Anexo 2. Motor 24VDC de 120 rpm



Fuente: amazon

Anexo 3. Regulador de velocidad para motor DC



Fuente: amazon

Anexo 4. Válvula Solenoide



Fuente: amazon

Anexo 6. Sensor fotoeléctrico difuso



Fuente: amazon