

Universidad Latina de Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería Mecánica y

Administración

Trabajo Final de Graduación

**Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en
la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa
Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción
de la máquina mencionada**

Óscar Andrés Orozco Donoso

10 junio de 2021

Campus Heredia



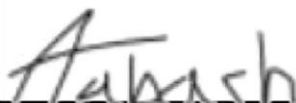
TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción de la máquina mencionada, por el estudiante: Oscar Andrés Orozco Donoso, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Mecánica y Administración de la Universidad Latina de Costa Rica, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración:



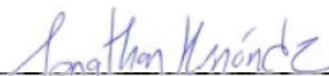
Ing. Josué Torres Rojas

Tutor



Ing. Andre Tabash Matamorros

Lector



Ing. Jonathan Hernández Hernández

Representante

Heredia, 10 de septiembre de 2021

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción de la máquina mencionada, elaborado por el estudiante Oscar Andrés Orozco Donoso puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.



Suscribe cordialmente,

Ing. Josué Torres Rojas

Tutor

Heredia, 10 de septiembre de 2021

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

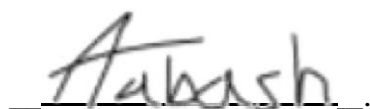
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción de la máquina mencionada, elaborado por el estudiante Oscar Andrés Orozco Donoso puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Andre Tabash Matamoros

Lector

Carta de aprobación del filólogo

Cartago, 30 de septiembre de 2021

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, incorporada a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0247, portadora de la cédula de identidad número 3-0447-0799 y, Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, incorporado a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0245, portador de la cédula de identidad número 1-1345-0416, ambos vecinos de Quebradilla de Cartago, revisamos el trabajo final de graduación que se titula: *Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción de la máquina mencionada*, sustentado por Óscar Andrés Orozco Donoso.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de ortografía, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. A pesar de esto, la originalidad y la validez del contenido son responsabilidad directa del autor.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Latina de Costa Rica.

ANA ELENA
 REDONDO
 CAMACHO (FIRMA)

Firmado digitalmente por ANA ELENA REDONDO CAMACHO (FIRMA)
 Fecha: 2021.10.01 13:16:43 -06'00'

Elena Redondo Camacho
 Filóloga - Carné ACFIL n.º 0247

DANIEL ALBERTO
 GONZALEZ
 MONGE (FIRMA)

Firmado digitalmente por DANIEL ALBERTO GONZALEZ MONGE (FIRMA)
 Fecha: 2021.10.01 13:18:39 -06'00'

Daniel González Monge
 Filólogo - Carné ACFIL n.º 0245

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Oscar Andrés Orozco Donoso estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción de la máquina mencionada.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Heredia, 13/10/2021



Oscar Orozco Donoso

“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Oscar Andrés Orozco Donoso

De la Carrera / Programa: **Mecánica y Administración**

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Estudio y aplicación de mejora en prensa automática CNC en la línea de producción de tapas, en Technoends, San José, Costa Rica, con el fin de aumentar el rendimiento y calidad de producción de la máquina mencionada


Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido,

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **15** del mes **setiembre** de año **2021** a las **9:00 am**. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:



Agradecimientos

Agradezco primero que todo a Dios, por su bendición, por guiarme a lo largo de mi proceso de formación profesional y por ser el apoyo y fortaleza en todo momento de dificultad.

Gracias a mis padres, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco al Departamento de Mantenimiento de la empresa en la que se llevó a cabo el presente proyecto, a los técnicos e ingenieros por brindarme la oportunidad, así como facilitarme las instalaciones y servicios brindados.

Dedicatorias

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para concluir mi proceso de formación profesional.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, ya que gracias a ellos logré convertirme en el profesional y persona que soy.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a las personas que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Resumen

En el presente proyecto se realizó un estudio de la situación actual y después sobre una implementación de mejora en la prensa CNC de la línea de producción de tapas y fondos para envase de hojalata de la empresa Technoends S. A. Este trabajo tiene como prioridad determinar si es factible para la compañía implementar las pistolas de marca Zator en el área de engome de la máquina de esta línea. El diseño de estructura de adaptación de la pistola de la marca mencionada reduciría los paros y productos rechazados por aplicación de pasta en las tapas de hojalata. Para determinar la factibilidad se realizaron muestreos y análisis de OEE, paros por defectos y costos actuales de la máquina de producción que se estudia en este proyecto. Además, se llevó a cabo un diseño conformado por varias piezas para la adaptación del mecanismo mencionado como mejora y estudio de OEE, paros por defectos y costos una vez implementada la pistola Zator con el diseño de adaptación a la estructura de la máquina, capaz de cumplir con el funcionamiento de esta para todos los formatos de producto que se manejan en la prensa CNC. En cuanto a los costos una vez implementada y en funcionamiento, la automatización del proceso demuestra una gran ganancia hacia la compañía, ya que se proyecta que se pueden reducir las pérdidas en producto rechazado o defectuoso y horas de paros no previstos. Esto es importante para la empresa y la máquina, ya que se logra aumentar la producción y así cumplir la demanda necesaria.

Índice de contenido

| | |
|--|---|
| Capítulo I. Problema y propósito | 1 |
| 1.1. Síntoma | 2 |
| 1.2. Causas | 2 |
| 1.3. Pronóstico..... | 2 |
| 1.4. Control al pronóstico..... | 2 |
| 1.5. Formulación del problema | 2 |
| 1.6. Sistematización del problema | 2 |
| 1.7. Objetivos | 3 |
| 1.7.1. Objetivo general. | 3 |
| 1.7.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.8. Estado actual de la investigación | 4 |
| 1.9. Metodología | 4 |
| Capítulo II. Marco teórico..... | 5 |
| 2.1. Marco situacional | 7 |
| 2.2. Visión de la empresa | 7 |
| 2.3. Ubicación espacial | 7 |
| 2.4. Organigrama..... | 7 |
| 2.5. Marco conceptual | 8 |
| 2.5.1. Contabilidad financiera. | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1.1. Componentes del costo. | 9 |
| 2.5.1.2. Costos fijos. | 9 |
| 2.5.1.3. Costos variables. | 10 |
| 2.5.1.4. Costo promedio total..... | 10 |
| 2.5.1.5. Costo fijo promedio. | 10 |
| 2.5.1.6. Costo variable promedio..... | 11 |
| 2.5.1.7. Costo a corto plazo. | 11 |
| 2.5.1.8. Costo a largo plazo. | 11 |
| 2.5.2. Contabilidad de costos..... | 11 |
| 2.5.2.1. Beneficios de la contabilidad de costos y sobre venta..... | 12 |
| 2.5.2.2. Diferencias entre la contabilidad de costos y la financiera..... | 13 |
| 2.5.3. Cálculo de tiempos de producción. | 14 |
| 2.5.4. Eficiencia general de los equipos. | 16 |
| 2.5.5. Six Sigma..... | 18 |
| 2.5.5.1. Estructura organizativa de los programas Seis Sigma. | 20 |
| 2.5.6. Diagrama de Pareto. | 21 |
| 2.5.6.1. Funcionamiento del diagrama de Pareto..... | 21 |
| 2.5.6.2. Elementos del diagrama de Pareto..... | 21 |
| 2.5.6.3. Ventajas del diagrama de Pareto..... | 22 |
| 2.5.7. Diagrama de Ishikawa. | 22 |

| | |
|--|----|
| 2.5.7.1. Aplicaciones del diagrama de Ishikawa..... | 23 |
| 2.5.7.2. Ventajas del diagrama de Ishikawa. | 23 |
| 2.5.8. Automatización..... | 24 |
| 2.5.8.1. Realimentación. | 26 |
| 2.5.8.2. Automatización industrial..... | 26 |
| 2.5.8.3. Niveles de automatización. | 27 |
| 2.5.8.4. Energía para llevar a cabo los procesos automatizados..... | 28 |
| 2.5.8.5. Funciones avanzadas de la automatización. | 29 |
| 2.5.8.6. Monitoreo de seguridad. | 29 |
| 2.5.8.7. Diagnóstico de mantenimiento y reparación. | 29 |
| 2.5.9. Máquinas y herramientas de Control Numérico Computarizado (CNC). | 30 |
| 2.5.10. Neumática..... | 33 |
| 2.5.10.1. Componentes de la neumática. | 34 |
| 2.5.11. Mantenimiento industrial..... | 35 |
| 2.5.11.1. Tipos de mantenimiento. | 35 |
| 2.5.11.2. Modelos de mantenimiento..... | 37 |
| 2.5.11.3. Modelo correctivo..... | 37 |
| 2.5.11.4. Modelo condicional. | 37 |
| 2.5.11.5. Modelo sistemático..... | 38 |
| 2.5.11.6. Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad..... | 38 |

| | |
|---|----|
| 2.5.11.7. Mantenimiento subcontratado a un especialista. | 39 |
| 2.5.11.8. Mantenimiento legal. | 40 |
| 2.5.12. Envases y componentes metálicos..... | 40 |
| 2.5.13. Fichas técnicas..... | 43 |
| 2.5.13.1. Ficha técnica de la pistola Zator por implementar..... | 43 |
| 2.5.13.2. Ficha técnica del material de la base de pistola por implementar. | 44 |
| 2.5.13.3. Ficha técnica de los pernos de la base de pistola por implementar. | 44 |
| 2.5.13.4. Ficha técnica del compuesto o pasta de aplicación..... | 45 |
| 2.6. Hipótesis..... | 46 |
| 2.7. Limitaciones..... | 47 |
| 2.8. Alcances | 47 |
| Capítulo III. Desarrollo y resultados..... | 53 |
| 3.1. Descripción del proceso | 49 |
| 3.1.1. Diagrama de flujo..... | 49 |
| 3.1.2. Proceso de funcionamiento de la prensa A1-17. | 50 |
| 3.1.2.1. Alimentación y transporte..... | 50 |
| 3.1.2.2. Troquelado. | 51 |
| 3.1.2.3. Aplicación de pasta..... | 53 |
| 3.2. Aplicación de la herramienta DMAIC en la mejora a la prensa CNC A1-17..... | 54 |
| 3.2.1. Definir..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1.1. Causas de paros..... | 54 |
| 3.2.1.2. Principal causa por mejorar. | 54 |
| 3.2.1.2.1. Defectos en el producto..... | 55 |
| 3.2.2. Medir. | 56 |
| 3.2.2.1. Productividad. | 56 |
| 3.2.2.2. Calidad. | 57 |
| 3.2.2.3. Eficiencia del equipo (OEE). | 58 |
| 3.2.2.4. Costos de producción. | 59 |
| 3.2.2.5. Comparación de rendimiento entre engomes..... | 61 |
| 3.2.2.5.1. Eficiencia por fallas en aplicación de pasta. | 61 |
| 3.2.2.5.2. Tiempo y facilidad de mantenimiento. | 63 |
| 3.2.2.5.2.1. Comparación de viabilidad..... | 64 |
| 3.2.3. Analizar. | 65 |
| 3.2.3.1. Cálculo de esfuerzo cortante..... | 65 |
| 3.2.3.1.1. Plano del cálculo de esfuerzo cortante. | 65 |
| 3.2.3.1.2. Datos iniciales. | 65 |
| 3.2.3.1.3. Fórmulas..... | 66 |
| 3.2.3.1.4. Cálculos..... | 66 |
| 3.2.3.1.5. Resultado..... | 67 |
| 3.2.3.2. Planos de diseño de propuesta de mejora. | 67 |

| | |
|--|----|
| 3.2.3.3. Imágenes de la implementación..... | 75 |
| 3.2.4. Controlar..... | 79 |
| 3.2.4.1. Productividad..... | 79 |
| 3.2.4.2. Calidad..... | 80 |
| 3.2.4.3. Eficiencia del equipo (OEE)..... | 81 |
| 3.2.4.4. Resultado de costos de producción..... | 82 |
| 3.2.4.5. Resultado de defectos en control de implementación..... | 83 |
| 3.3. Análisis de resultados..... | 84 |
| Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones | 86 |
| 4.1. Conclusión..... | 87 |
| 4.2. Recomendaciones..... | 87 |
| Bibliografía | 88 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Costos de producción prensa CNC A1-17 | 60 |
| Tabla 2 Pérdidas en costos junio 2021 prensa CNC A1-17 | 61 |
| Tabla 3 Control de costos de producción..... | 83 |

Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Diagrama de Pareto..... | 22 |
| Ilustración 2 Diagrama causa-efecto..... | 24 |
| Ilustración 3 Automatización de sistemas..... | 28 |
| Ilustración 4 Elementos básicos de un sistema automatizado | 28 |
| Ilustración 5 Diagrama de bloques de una máquina CNC | 31 |
| Ilustración 6 Sistema neumático | 35 |
| Ilustración 7 Fondo de envase de hojalata | 43 |
| Ilustración 8 Ficha técnica pistola Zator | 44 |
| Ilustración 9 Ficha técnica material de base por implementar..... | 44 |
| Ilustración 10 Ficha técnica de pernos de base por implementar | 45 |
| Ilustración 11 Ficha técnica de pasta de aplicación | 46 |
| Ilustración 12 Diagrama de flujo del funcionamiento prensa CNC..... | 49 |
| Ilustración 13 Alimentación de la prensa CNC | 50 |
| Ilustración 14 Alimentación de lámina en prensa CNC..... | 51 |
| Ilustración 15 Brazos robóticos prensa CNC..... | 51 |
| Ilustración 16 Troquelado de prensa y flautas de botado | 52 |
| Ilustración 17 Troquelado y banda transportadora de prensa CNC | 52 |
| Ilustración 18 Rebordeador de prensa CNC | 53 |
| Ilustración 19 Engome de prensa CNC..... | 53 |
| Ilustración 20 Monitoreo de defectos prensa CNC A1-17..... | 54 |
| Ilustración 21 Diagrama causa-efecto de falla principal..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 22 Defectos en producto | 56 |
| Ilustración 23 Rendimiento de producción | 57 |
| Ilustración 24 Rendimiento de calidad | 58 |
| Ilustración 25 Eficiencia de la prensa CNC A1-17..... | 59 |
| Ilustración 26 Defectos prensa CNC A1-17 | 62 |
| Ilustración 27 Defectos prensa CNC A1-16 | 62 |
| Ilustración 28 Pistola de aplicación de pasta original..... | 63 |
| Ilustración 29 Pistola de aplicación de pasta marca Zator | 63 |
| Ilustración 30 Comparación de viabilidad de pistolas | 64 |
| Ilustración 31 Cálculo de esfuerzo cortante..... | 65 |
| Ilustración 32 Plano de pieza n.º 1 | 68 |
| Ilustración 33 Plano de pieza n.º 2..... | 69 |
| Ilustración 34 Plano de pieza n.º 3..... | 70 |
| Ilustración 35 Plano de pieza n.º 4..... | 71 |
| Ilustración 36 Plano de pieza n.º 5..... | 72 |
| Ilustración 37 Plano de pieza n.º 6..... | 73 |
| Ilustración 38 Plano de pieza n.º 7 implementar..... | 74 |
| Ilustración 39 Implementación 1 | 75 |
| Ilustración 40 Implementación 2 | 76 |
| Ilustración 41 Implementación 3 | 76 |
| Ilustración 42 Implementación 4 | 77 |
| Ilustración 43 Implementación 5 | 78 |
| Ilustración 44 Implementación 6 | 78 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 45 Implementación 7 | 79 |
| Ilustración 46 Control de producción | 80 |
| Ilustración 47 Control de calidad | 81 |
| Ilustración 48 Control de eficiencia de los equipos | 82 |
| Ilustración 49 Control de defectos | 84 |

Índice de ecuaciones

| | |
|---|----|
| Ecuación 1 Fórmula de margen de beneficios | 13 |
| Ecuación 2 Fórmula de margen de beneficios sobre venta..... | 13 |
| Ecuación 3 Fórmula de disponibilidad | 16 |
| Ecuación 4 Fórmula de rendimiento..... | 17 |
| Ecuación 5 Fórmula de calidad..... | 17 |
| Ecuación 6 Fórmula de eficiencia de equipos..... | 17 |

Capítulo I. Problema y propósito

1.1. Síntoma

Se presentan síntomas como errores de calidad, retrasos y falta de cumplimiento de tiempos en la producción de las cantidades de producto solicitadas por las demandas en la línea de producción de tapas.

1.2. Causas

Algunas de las causas que se presentan son desajustes mecánicos, modificación y falta de adaptación a la materia prima, desgaste en los elementos de la máquina, ineficiencia en su funcionamiento, falta de diseños de mejoras e ineficaz mantenimiento aplicado al equipo de la línea de producción de tapas.

1.3. Pronóstico

La línea de producción puede aumentar los problemas de calidad en los productos y retrasos. Esto genera pérdidas para la empresa y aumento en los costos de fabricación y los incumplimientos en la cantidad de producción necesaria para abastecer las demandas.

1.4. Control al pronóstico

Para resolver estos problemas se toma en cuenta la implementación de diseños de mejora para atacar las principales fallas de la prensa CNC y así mejorar la calidad y producción del producto. Como consecuencia, también se daría la reducción de costos.

1.5. Formulación del problema

El problema para resolver consiste en las fallas en la calidad del producto o reducción de desechos de la línea, el aumento de retrasos en la fabricación del producto y la falta de cumplimiento a tiempo de la demanda de producción de tapas por problemas mecánicos de los equipos.

1.6. Sistematización del problema

El presente proyecto se enfoca en llevar a cabo una propuesta de mejora e implementación en una prensa automática CNC en la línea de producción de tapas para envases de hojalata en la empresa Technoends S. A., San José, Costa Rica. Esta es una de las líneas con

mayor producción diaria, la cual requiere de una importante mejora en varias partes de sus funciones, que faciliten el proceso de fabricación y que logre aumentar la productividad en esta línea de producción. Es importante llevar a cabo este proyecto, ya que se aplicarán varias herramientas ingenieriles vistas durante la carrera para realizar la mejor investigación posible y obtener el mejor resultado; así como una propuesta de mejora a la empresa.

La compañía busca un cambio y eliminar los desperdicios y retrasos en su línea de producción de tapas de hojalata y esto se debe al incremento de las operaciones y la rapidez de estas para satisfacer la demanda del mercado, reduciendo los costos y tiempos de fabricación del producto. Uno de los principales retos del presente proyecto es demostrar mediante un análisis el costo-productividad que generaría la propuesta de mejora en la línea con la producción actual y después de su implementación.

1.7. Objetivos

Los objetivos de la investigación son los siguientes.

1.7.1. Objetivo general. Determinar las soluciones a las fallas de rendimiento de la prensa CNC A1-17 de troquelado en la línea de producción de tapas de hojalata de la empresa Technoends, mediante un estudio de las causas y una concreta propuesta de mejora en su funcionamiento para el aumento de eficiencia y productividad de la máquina mencionada.

1.7.2. Objetivos específicos. A continuación, se presentan los objetivos específicos del estudio.

1. Evaluar la situación actual de costos, rendimiento, productividad y calidad de la prensa automática CNC A1-17 mediante diagramas y gráficos de datos.
2. Determinar todas las causas de fallas, paros y problemas que presenta la prensa CNC A1-17 mediante un análisis en diagramas.
3. Diseñar propuestas de mejora para reducir las principales causas de paros y fallas en la prensa CNC A1-17 de la línea de producción de tapas de hojalata.

4. Implementar las propuestas de mejora diseñadas, con el fin de que se reduzcan las principales causas de paros y fallas en la prensa CNC A1-17 de la línea de producción de tapas de hojalata.
5. Evaluar la situación de costos, rendimiento, productividad y calidad una vez implementada la propuesta de mejora en la prensa CNC A1-17 de la línea de producción de tapas de hojalata.

1.8. Estado actual de la investigación

El estado actual de la investigación es que, en la máquina analizada y tomada para desarrollar el presente proyecto, la cual es una prensa automática CNC, no se tiene ningún registro hasta el momento sobre un estudio o una propuesta de mejora o modificación al diseño original en el que se pueda solucionar las causas principales de fallas que presenta actualmente. El máximo rendimiento en su funcionamiento se ha mantenido gracias a los mantenimientos y cuidados de uso que se le brinda al equipo, sin embargo, las fallas que presenta la máquina en su productividad y calidad en el producto ya son asumidas y establecidas entre los costos de fabricación de la empresa. Por este motivo, en la propuesta de mejora en este proyecto se tiene como objetivo lograr un mayor desempeño de rendimiento y calidad en la prensa, de manera que esto pueda reflejarse en los costos de la compañía.

1.9. Metodología

La metodología por utilizar, la cual sirve como guía en el proyecto, es Six Sigma y se emplea como estructura una de sus principales herramientas, DMAIC. Esta describe una estructura para llevar a cabo una propuesta de mejora en cualquier ámbito. Six Sigma tiene como objetivo mejorar un proceso y disminuir la variación de este, de esta forma, se reduce al máximo los defectos en los procesos. La herramienta DMAIC consiste en definir, medir, analizar, implementar y controlar cualquier mejora en un proceso.

Con base en el proyecto que se presenta y siguiendo la estructura de la herramienta metodológica seleccionada, primero, se definen las causas a los problemas que se presentan en la prensa CNC A1-17 mediante diagramas de causa-efecto para definir cuáles son. Después, se mide la constancia de estos defectos presentados en la máquina durante un tiempo establecido a

través de diagramas de Pareto para determinar su dimensión de afectación al proceso. Además, durante ese mismo tiempo se lleva a cabo una medición del rendimiento de productividad y calidad en el equipo asumiendo las fallas en su funcionamiento.

Además, se analiza de qué manera se pueden solucionar los problemas presentados en la prensa CNC A1-17 y se diseña una propuesta de mejora a los defectos con mayor magnitud. Seguidamente, se implementan los diseños de mejora propuestos en la máquina y, por último, se lleva a cabo un control del funcionamiento de la implementación realizada, de esta forma, se determina si hay una mejora, una deficiencia o los problemas son constantes.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Marco situacional

El negocio de Technoends S. A. consiste en la manufactura de envases de hojalata y componentes de envases, destinados a satisfacer el mercado de alimentos, industriales y otros sectores comerciales.

2.2. Visión de la empresa

De acuerdo con Elizondo Picado (2018):

Ser un grupo de empaque reconocido a nivel internacional, fortalecido en Costa Rica, con actividades en crecimiento.

- Atraer personas talentosas valorando y premiando el desempeño e innovación.
- Sistematizar la toma de decisiones en todos los campos, creando sistemas de información e integrándolos.
- Mantenernos atentos a las oportunidades del mercado para crecer e innovar.
- Mejorar continuamente lo que hacemos.
- Trabajar con responsabilidad social (p. 4).

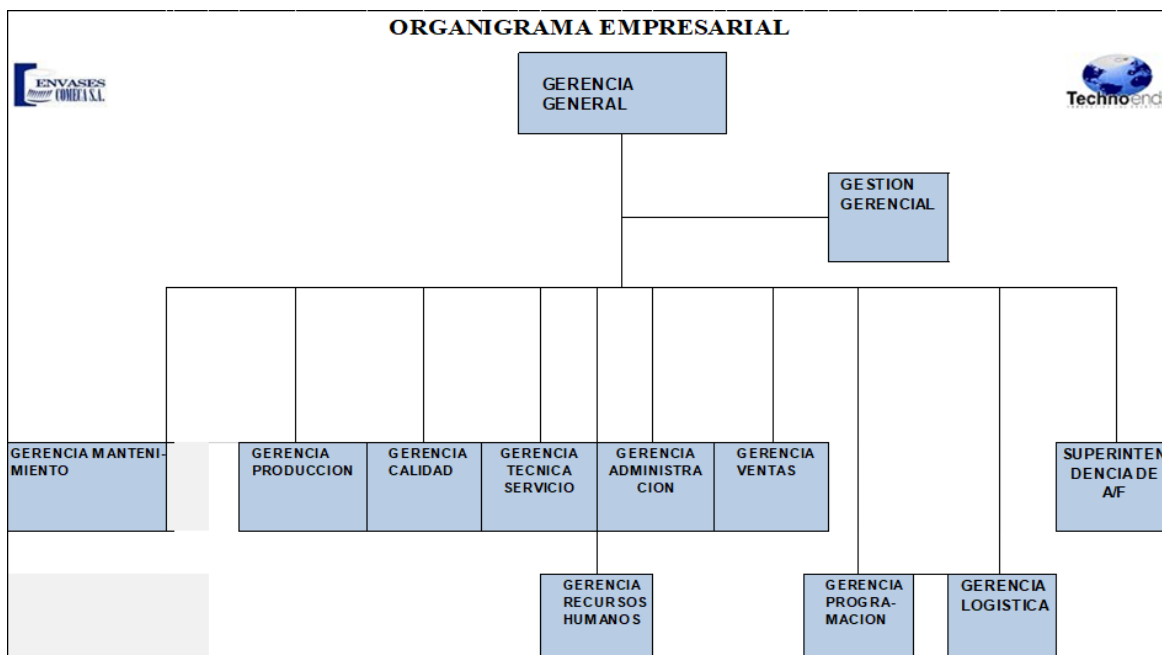
Lo anterior garantiza la permanencia de Technoends para futuras generaciones.

2.3. Ubicación espacial

La empresa se ubica 400 m norte de la Pozuelo, La Uruca, San José, Costa Rica.

2.4. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama empresarial de Technoends.



2.5. Marco conceptual

La información relevante en esta sección se plantea en los siguientes apartados.

2.5.1. Contabilidad financiera. Según JB Logística (2020):

La contabilidad financiera es la rama de la contabilidad que se encarga del registro de todas las operaciones de trascendencia económica que realiza la empresa para poder elaborar, con esos datos, sus cuentas anuales (balances y memoria).

Con toda esta información una vez ordenada, agrupada y totalizada, se elaboran las cuentas anuales del ejercicio que están integradas por:

Balance de situación: Es el balance que refleja la situación patrimonial y financiera de la empresa, ya sea, el importe de todos sus bienes y derechos, y la forma en que los ha financiado ya sea con recursos propios o ajenos.

Cuenta de Pérdidas y Ganancias: Está formada por la totalidad de los ingresos y gastos del ejercicio (o del período de que se trate) y, por diferencia entre ellos, arroja el beneficio o la pérdida obtenida (s. p.).

Además, Uzurieta (2017) menciona:

Hay que tomar en consideración que la ganancia total de una empresa depende de la relación entre los costos de producción y el ingreso total alcanzado. El precio de venta del

producto determinará los ingresos de la empresa. Por lo tanto, los costos e ingresos resultan ser dos elementos fundamentales para decidir el nivel de producción de máxima ganancia.

La organización de una empresa para lograr producir tiene necesariamente que incurrir en una serie de gastos, directa o indirectamente, relacionados con el proceso productivo, en cuanto a la movilización de los factores de producción tierra, capital y trabajo (s. p.).

Es importante entender que la planta industrial, el equipo de producción, la materia prima y los empleados de todos los tipos, asalariados y ejecutivos, componen los elementos fundamentales del costo de producción del proceso en el que está involucrada la prensa CNC. De esta forma, se puede monitorear y controlar el beneficio económico que genera en la empresa.

2.5.1.1. Componentes del costo. Operación Gadget (2017) plantea lo siguiente:

El costo de producción de una empresa puede subdividirse en los siguientes elementos:

- alquileres.
- salarios y jornales.
- la depreciación de los bienes de capital (maquinaria y equipo, etc.).
- el costo de la materia prima.
- los intereses sobre el capital de operaciones.
- seguros.
- contribuciones y otros gastos misceláneos.

Los diferentes tipos de costos pueden agruparse en dos categorías: costos fijos y costos variables (s. p.).

Todo lo anterior es fundamental tomarlo en cuenta para calcular la variación de costos en un proceso y evaluar su impacto económico en la empresa en el momento de llevar a cabo mejoras.

2.5.1.2. Costos fijos. De acuerdo con Calderón Sánchez *et al.* (2011): “Los costos fijos son aquellos en que necesariamente tiene que incurrir la empresa al iniciar sus operaciones. Se definen como costos porque en el plazo corto e intermedio se mantienen constantes a los diferentes niveles de producción” (p. 41). Asimismo, Licea Alcázar y Román Sotelo (2005)

señalan:

Los costos fijos se identifican como los salarios de ejecutivos, los alquileres, los intereses, las primas de seguro, la depreciación de la maquinaria y el equipo y las contribuciones sobre la propiedad).

El costo fijo total se mantendrá constante a los diferentes niveles de producción mientras la empresa se desenvuelva dentro de los límites de su capacidad productiva inicial.

La empresa comienza las operaciones con una capacidad productiva que está determinada por la planta, el equipo, la maquinaria inicial y el factor gerencial. Estos son los elementos esenciales de los costos fijos al comienzo de las operaciones.

Hay que dejar claro, que los costos fijos pueden llegar a aumentar, obviamente si la empresa decide aumentar su capacidad productiva, lo cual normalmente se logra a largo plazo, por esta razón, el concepto costo fijo debe entenderse en términos de aquellos costos que se mantienen constantes dentro de un período de tiempo relativamente corto (pp. 93-94).

2.5.1.3. Costos variables. Calderón Sánchez *et al.* (2011) afirman:

Los costos variables son aquellos que varían al cambiar el volumen de producción. El costo variable total se mueve en la misma dirección del nivel de producción. El costo de la materia prima y el costo de la mano de obra son los elementos más importantes del costo variable.

La decisión de aumentar el nivel de producción significa el uso de más materia prima y más obreros, por lo que el costo variable total tiende a aumentar la producción (p. 42).

2.5.1.4. Costo promedio total. Según Calderón Sánchez *et al.* (2011) es:

El costo de producir una unidad del producto para cada nivel de producción, obteniendo la combinación más eficaz de los factores de producción, se obtiene matemáticamente dividiendo el costo total entre el número de unidades producidas a cada nivel de producción (p. 42).

2.5.1.5. Costo fijo promedio. De acuerdo con Calderón Sánchez *et al.* (2011): “Indica que

el costo fijo por unidad se reduce a medida que aumentamos la producción, al distribuir un valor fijo entre un número mayor de unidades producidas el costo fijo por unidad tiene que reducirse” (p. 43).

2.5.1.6. Costo variable promedio. Calderón Sánchez *et al.* (2011) mencionan:

Indica que en el punto más bajo de la curva el productor alcanza el nivel de producción de máxima eficacia productiva de los factores variables y cuando esta asciende señala la reducción de eficacia productiva que tiene lugar al aumentar la producción mediante el empleo de unidades adicionales de los factores variables, mientras se mantiene fija la capacidad productiva de la empresa (p. 43).

2.5.1.7. Costo a corto plazo. Uzurieta (2007) indica lo siguiente:

El análisis del costo en el corto plazo depende de dos proposiciones las cuales son:

- Las condiciones físicas de la producción y los precios unitarios de los insumos.
- El costo Total se puede dividir en dos componentes: el costo fijo y el costo variable (s. p.).

2.5.1.8. Costo a largo plazo. Según Uzurieta (2007):

En cuanto al largo plazo, el análisis introduce dos consideraciones importantes. Una de ella es la que tiene que ver con la capacidad productiva de las empresas que componen la industria. La segunda es la que tiene que ver con la capacidad productiva de todas las industrias y de sus consecuencias económicas para las empresas individuales (s. p.).

2.5.2. Contabilidad de costos. Castellnou (2018) expresa:

La realización de la contabilidad de costes supone grandes beneficios para cualquier organización. De manera resumida, se trata de llevar a cabo un análisis minucioso de los costes de la producción, la distribución, la financiación y de la administración para después procesar toda esa información (s. p.).

Además, Castellnou (2018) afirma:

En este caso como lo estaremos haciendo para la implementación de una mejora en un

equipo de un proceso y analizar si este es capaz de generar algún beneficio económico a la empresa.

Con los datos en la mano podrás planificar y establecer unos objetivos. En definitiva, la contabilidad de costos es una de las principales herramientas para mejorar la gestión, administración y eficiencia de la empresa.

Antes que nada, hay que tener claro en base a qué calculamos el margen de beneficio. Éste se suele calcular sobre costes o bien sobre venta. Es importante tenerlo en cuenta, puesto que el resultado y la interpretación de los datos serán muy distintos en función de cómo se calculen (s. p.).

2.5.2.1. Beneficios de la contabilidad de costos y sobre venta. Según Castellnou (2018):

El precio de venta normalmente no es un problema, puesto que es un valor que está claro, pero suele haber más conflictos con el coste de producción. La mayoría de las veces se tienen en cuenta los gastos directos, como la mano de obra y la materia prima, o el coste de compra. Pero no hay que olvidar los gastos indirectos y ahí es donde entra la contabilidad de costes.

Para que el cálculo del margen de beneficios refleje la realidad y sea de gran utilidad en la toma de decisiones estratégicas de la empresa, tiene que ser calculado correctamente con toda la información necesaria.

Un correcto registro y control de los gastos indirectos permite calcular el margen de beneficios real. Estos costes indirectos incluyen conceptos muy variados como:

- los impuestos,
- la promoción y publicidad,
- el sueldo del personal administrativo,
- los gastos de representación y demás.

Por esto, la planificación de costos y la elaboración de presupuestos realistas y ajustados también pueden ayudarnos en gran medida (s. p.).

El porcentaje de beneficio sobre la producción de un producto o servicio se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Margen} = ((\text{venta} * 100) / \text{costo}) - 100$$

Ecuación 1

Fórmula de margen de beneficios

En cuanto al beneficio sobre una venta, se sabe el porcentaje que se tiene con esta otra fórmula:

$$\text{Margen} = 100 - ((\text{costo} * 100) / \text{venta})$$

Ecuación 2

Fórmula de margen de beneficios sobre venta

2.5.2.2. Diferencias entre la contabilidad de costos y la financiera. De acuerdo con Castellnou (2018):

A diferencia de la contabilidad financiera, no se trata de un proceso obligatorio para las empresas, pero sí es extremadamente útil para la dirección de la empresa. Tampoco existe una normativa de referencia, así que el sistema de costes debe ser práctico y estar diseñado en función de la realidad de cada empresa. Normalmente, las empresas estructuran estos cálculos mediante hojas de Excel o programas informáticos de contabilidad. (Calvo, 2018).

Ambas contabilidades se elaboran de forma separada, ya que sus objetivos y características son distintos. No obstante, siempre tienen que hacer un intercambio de información. Si la contabilidad de costos necesita los datos de la financiera para poder desarrollarse, esta última utiliza la información interna para, por ejemplo, realizar el inventario del almacén.

¿Cuáles son los objetivos de la contabilidad de costos?

- Proporcionar información para la planificación y el control interno a corto, medio y largo plazo.
- Valorar las materias primas, productos semiacabados, acabados y demás activos derivados de la producción.
- Calcular los costos no solamente del servicio o del producto acabado sino también de productos intermedios, de los diferentes centros de producción o departamentos de la empresa.
- Analizar los resultados económicos en un tiempo determinado de la

organización.

- Planificar la gestión económica a través de la definición de objetivos, estrategias y tácticas a seguir para lograrlos de manera correcta.
- Definir los recursos económicos y los presupuestos con los que cuenta la organización para alcanzar dichos objetivos empresariales que se hayan propuesto.
- Controlar la gestión de tal manera que se mide si se está yendo en la dirección del cumplimiento de los objetivos establecidos o si, por el contrario, la empresa está incurriendo en una desviación presupuestaria.
- Hacer una valoración de las existencias que quedan en el almacén a cierre de ejercicio o periodo establecido.
- Ayudar a los gestores a tomar decisiones clave, desde fijar el precio de los productos hasta abandonar las líneas de producción que no sean rentables o están generando pérdidas para la empresa (s. p.).

2.5.3. Cálculo de tiempos de producción. Según Conceptos Ingeniería Industrial (2016):

Esta área de la Ingeniería pretende uniformar y normalizar los tiempos, los métodos, la distribución en la planta y la calidad de los productos con la principal finalidad de reducir los costos de producción y aumentar la producción en un menor tiempo.

La estandarización es vital para cualquier organización, debido a que nos permite tener la seguridad de que se están realizando los procedimientos siempre de una misma forma, y además la calidad del producto o servicio que se está brindando, sea igual para todos los clientes. (Industrial, 2016).

La estandarización no solo se realiza en al área de producción de una organización, es necesario analizar y articular todas las áreas, teniendo como finalidad el aumento de la competitividad en el mercado. Algunos de los beneficios de estandarizar son:

- Planear la producción de la mejor manera posible de acuerdo con la demanda existente.
- Administrar las cargas de trabajo que se dan en las líneas de producción.
- Estimar costos de producción.

- Estimar la producción en las líneas.
- Economizar todos los movimientos posibles en la planta.
- Minimizar los transportes de material o producto en la planta.
- Cumplimientos de los requisitos planteados por los clientes.
- Reducir demoras y tiempos de almacenamiento.

Uno de los procesos más primordiales es el estudio de tiempos, el cual se puede describir en los siguientes pasos:

- Se define y estandariza el método de la operación correspondiente, a través de un análisis minucioso.
 - Se divide la operación en sus elementos, en esto se puede utilizar un diagrama de flujo para un análisis más sencillo y se pueda entender mejor el proceso.
 - Se procede a medir el tiempo de cada elemento.
 - Distinguir el ritmo normal o 100% para la operación en el cual los operarios no realicen sobre esfuerzos, debido a que tiene que ejecutar ese método toda una jornada laboral.
 - Dependiendo de la operación, se procede a determinarse un porcentaje de suplementos debe tenerse en cuenta las condiciones ambientales, el esfuerzo físico, la posición del cuerpo, necesidades fisiológicas y pausas activas.
 - Se determina el tiempo estándar el cual es la suma del tiempo normal y el tiempo suplementario, el cual es el necesario para terminar una unidad.

Otras técnicas importantes creadas en este campo de la Ingeniería son:

Estudio de métodos y movimientos: Busca simplificar y acortar los movimientos (la mejor forma de hacerlo), minimizar las inspecciones, los transportes innecesarios y acortar los movimientos.

Sistema de incentivos: Después de determinado un tiempo estándar, se procederá a brindar alicientes a los operarios que tuvieran un rendimiento individual mayor al 100% o un ritmo normal (s. p.).

En este caso, al ser una máquina en un proceso bastante automatizado en el que el personal de operario es mínimo, la valoración de ritmo es muy alta. El cálculo de los tiempos de producción está considerado por la capacidad máxima de producción de la prensa ya establecidos

de fábrica, restándole las tolerancias, retrasos y suplementos que la empresa tiene considerados en el proceso.

2.5.4. Eficiencia general de los equipos. De acuerdo con Kanban Tool (s. f.):

La Eficiencia General de los Equipos (Overall Equipment Effectiveness) describe el nivel en el que su proceso es productivo cuando está en funcionamiento. No le dice cuánto pueden entregar sus máquinas y equipos cuando trabajan a máxima capacidad, sino qué porcentaje del funcionamiento en curso es efectivo.

La métrica OEE se utiliza para identificar las causas de los desperdicios en un proceso, lo que permite solucionarlos, aumentar la productividad y estabilizar los niveles de eficiencia. También proporciona una línea de base con la que se puede comparar el estado del proceso periódicamente para calibrar si el valor que se entrega a los clientes está aumentando o no. La eficiencia general de los equipos puede medirse en un plazo relativamente corto y con un coste reducido, al tiempo que proporciona información valiosa sobre lo que debe mejorarse en el proceso.

La medición de la eficiencia general de los equipos se basa en tres aspectos del proceso: disponibilidad, rendimiento y calidad.

Paso 1: Medir la disponibilidad de las máquinas para producir bienes.

Si algunas máquinas están fuera de servicio debido al mantenimiento planificado o a las averías, ¿cuántas máquinas operativas quedan? Para medir la disponibilidad de su línea, divida el tiempo de funcionamiento real entre el tiempo de funcionamiento planificado (s. p.).

$$Disponibilidad = \frac{\begin{array}{l} \textit{Tiempo de funcionamiento} \\ \textit{(tiempo de funcionamiento planificado} \\ \textit{- tiempo de parada)} \end{array}}{\textit{Tiempo de funcionamiento planificado}}$$

Ecuación 3

Fórmula de disponibilidad

Paso 2: Medir las tasas de rendimiento.

¿El rendimiento es uniforme y mantiene el ritmo deseado, o hay pequeñas

paradas, ciclos de inactividad e interrupciones que lo ralentizan? Para medir la tasa de rendimiento, es necesario relacionar el tiempo de ejecución registrado con el tiempo más rápido posible (tiempo de ciclo ideal) que se necesita para producir la cantidad analizada de artículos (conteo total) (Kanban Tool, s. f., s. p.).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal} \cdot \text{conteo total}}{\text{Tiempo de funcionamiento}}$$

Ecuación 4

Fórmula de rendimiento

Paso 3: Medir la calidad de los bienes producidos.

¿Qué porcentaje de bienes requiere ser retrabajado o es rechazado por ser defectuoso? ¿Los materiales suministrados al proceso tienen las propiedades requeridas, o hay algunos que hacen bajar la calidad desde el principio? El valor de la calidad es, por supuesto, la relación entre el número de artículos no defectuosos y todos los artículos producidos (Kanban Tool, s. f., s. p.).

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Número de artículos buenos}}{\text{Número de artículos producidos}}$$

Ecuación 5

Fórmula de calidad

Paso 4: Multiplicar los tres valores.

Cada uno de los valores porcentuales anteriores describe un aspecto de la eficiencia de su línea de producción. El producto de la multiplicación de los valores porcentuales representa la OEE total de su proceso (Kanban Tool, s. f., s. p.).

$$OEE(\%) = \frac{\text{Disponibilidad}(\%)}{100} \cdot \frac{\text{Rendimiento}(\%)}{100} \cdot \frac{\text{Calidad}(\%)}{100}$$

Ecuación 6

Fórmula de eficiencia de equipos

Si un proceso funcionara con una OEE del 100%, significaría que está fabricando

únicamente productos sin errores, a la máxima velocidad posible y sin interrupciones. En realidad, un 60% de OEE es el estándar, un 85% de OEE se considera sobresaliente, y la producción con una OEE inferior al 45% necesita una ayuda seria (Kanban Tool, s. f., s. p.).

2.5.5. Six Sigma. Según la Redacción APD (2019):

Lean Six Sigma es una metodología cuyo objetivo es mejorar los procesos, con el propósito de incrementar la rentabilidad y productividad de estos. El proyecto Six Sigma busca reducir la variabilidad de los procesos. Para ello, emplea una serie de herramientas estadísticas. Así, da prioridad a los requisitos del cliente (s. p.).

Lo más destacado en sus características es que se implementa una estructura de entrenamiento en la que el enfoque que se aplica es proactivo y se utiliza una metodología estructurada con diversos instrumentos. Además, se enfoca mediante variables clave dentro de un proceso en el que la máxima es trabajar con características críticas de la calidad. En esta metodología la calidad se obtiene en proceso y no en inspecciones y las salidas del proceso dependen de las entradas (Redacción APD, 2019).

La principal herramienta de la metodología Six Sigma es el método DMAIC. El acrónimo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) define el rumbo del funcionamiento del método. Esta es la herramienta que se utiliza como guía para la implementación y control de la mejora que se lleva a cabo en la prensa CNC, ya que se adapta de la mejor manera al desarrollo del proyecto. El proyecto comprende las siguientes fases:

Definir:

Definir el problema o seleccionar el proyecto, describiendo el efecto provocado por una situación adversa, o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la finalidad de poder entender la situación de partida y definir los objetivos. En esta fase se configura el equipo de trabajo, el cual deberá ser de tipo multidisciplinar (Pellegero Ponsa, 2015, p. 18).

Herramientas aplicables: Diagrama de Pareto, diagrama de flujo de proceso, histograma, voz del cliente, lluvia de ideas, árbol crítico de la calidad, entre otras.

Medir: “Definir y describir el proceso, determinando sus elementos, sus fases, entradas, salidas y características. Evaluar los sistemas de medición, analizando su capacidad y estabilidad mediante estudios de repetibilidad, reproductibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad” (Pellegero Ponsa, 2015, p. 18).

Herramientas aplicables: Diagrama entrada-proceso-salida, análisis de capacidad de proceso, gráfico Pareto, gráficos de control.

Analizar:

Determinar las variables significativas. Las variables del proceso definidas en la fase Medir, deben ser confirmadas por medio de Diseño de Experimentos y/o estudios, para medir la contribución de estos factores en la variabilidad del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también serán aplicadas en esta fase. Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso. Determinar la habilidad de proceso para producir productos dentro de las especificaciones, mediante estudios de capacidad a corto y largo plazo, a la vez que se evalúan las fracciones defectuosas (Pellegero Ponsa, 2015, s. p.).

Herramientas aplicables: Diagrama de causa efecto, matriz de relación, correlación y regresión, análisis de varianza, muestreo.

Mejorar:

Optimizar y robustecer el proceso. Si el proceso no es capaz, se tendrá que optimizar para reducir su variación. En esta fase se utilizarán herramientas de calidad como son el diseño de experimentos, análisis de regresión y las superficies de respuesta. Validar la mejora. Realizar estudios de capacidad confirmatorios (Pellegero Ponsa, 2015, p. 18).

Herramientas aplicables: Técnicas analíticas, pruebas piloto.

Controlar: “Controlar y efectuar un seguimiento del proceso, manteniéndolo bajo control estadístico. Mejorar continuamente. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que nos conduzcan a un mejor desempeño del proceso” (Pellegero Ponsa, 2015, p. 18).

Herramientas aplicables: Planes de control, gráficos de control, capacidad de proceso.

El objetivo primordial del método Lean Six Sigma es suprimir todos los aspectos que impidan o dificulten que el producto no se ajuste a los requerimientos del cliente. Los desperdicios que trata de eliminar son.

- Defectos.
- Sobreproducción.
- Esperas.
- Talento no empleado.
- Transportes no necesarios.
- Inventario.
- Movilidad innecesaria.

2.5.5.1. Estructura organizativa de los programas Seis Sigma. Pellegrero Ponsa (2015) afirma lo siguiente:

La estructura organizativa de los programas Six Sigma esta estandarizada, estando definidos claramente el roll de cada uno de sus actores.

El “Champion” es un miembro del equipo directivo cuya misión es impulsar el programa Six Sigma en la organización apoyando los proyectos; contribuye al trabajo del “Master Black Belt” para identificar y validar los potenciales proyectos de mejora Six Sigma, y es el responsable de la ejecución.

El “Master Black Belt” es el director de los programas de mejora Six Sigma, apoyado al Black Belt sobre aplicación de herramientas y metodología del proceso de mejora. Son los evaluadores y formadores del proceso Six Sigma, así como el “coaching” de los Black Belt. También son los responsables de identificar y preparar la planificación de proyectos facilitando y conduciendo los trabajos de los Black Belt y Green Belt.

El “Black Belt” identifica las oportunidades de mejora, liderando los proyectos y equipos. Son el recurso a tiempo completo que la organización debe proporcionar al proyecto Six Sigma. Ayudan a las personas de la organización a materializar las oportunidades de mejora que se hayan detectado, ayudando a la reducción de defectos y

problemas que se abordan mediante los proyectos Six Sigma.

El “Green Belt” son componentes de los equipos de mejora que dan soporte al Black Belt, proporcionando los valores de campo, así como una visión muy clara del proceso. Además, realizan actividades claves en las fases preliminares del proyecto para la exploración y tratamiento inicial de datos, participando activamente en las actividades de la fase de control.

Los “Yellow Belt” son integrantes del grupo de proyecto Six Sigma, aportando su conocimiento de la organización y de procesos a nivel multidisciplinar. Ellos ayudan a los Black Belt a completar los proyectos y a mantener sus logros. Realizan también actividades claves en las fases preliminares del proyecto para la exploración y tratamiento inicial de datos y participan activamente en las actividades de la fase de control, con el desarrollo de métodos (p. 19).

2.5.6. Diagrama de Pareto. De Souza (2019) indica:

El diagrama de Pareto es una gráfica que organiza valores, los cuales están separados por barras y organizados de mayor a menor, de izquierda a derecha respectivamente.

Esta gráfica permite asignar un orden de prioridades para la toma de decisiones de una organización y determinar cuáles son los problemas más graves que se deben resolver primero.

Su finalidad, es hacer visibles los problemas reales que están afectando el alcanzar los objetivos de la empresa y reducir las pérdidas que esta posee (s. p.).

2.5.6.1. Funcionamiento del diagrama de Pareto. Según De Souza (2019):

Representa la regla 80/20, es decir, que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias son debido al 20% de las acciones o el 80% de los defectos de un producto se debe al 20% de las causas.

En otras palabras, podemos decir que, aunque muchos factores contribuyan a una causa, son pocos los responsables de dicho resultado.

A pesar de que la relación no siempre es exacta, normalmente sí se cumple el principio de Pareto y es la base de este diagrama (s. p.).

2.5.6.2. Elementos del diagrama de Pareto. De Souza (2019) señala:

El diagrama de Pareto está conformado por una estructura dividida en tres partes:

El eje «Y» izquierdo es la frecuencia de la ocurrencia del problema.

El eje «Y» de la parte derecha es el porcentaje acumulado del número total de ocurrencias.

La parte inferior del eje «X» muestra los problemas, quejas, defectos o desperdicios que se presentaron (s. p.).

2.5.6.3. Ventajas del diagrama de Pareto. De acuerdo con De Souza (2019):

Al permitirnos enfocar en lo que en realidad afecta a la empresa, el diagrama de Pareto logra:

- Que la empresa mejore continuamente.
- El análisis y priorización de problemas.
- Optimizar el esfuerzo y tiempo al centrarse en aspectos cuya mejora tendrá un impacto directo.
- Proporcionar una visión sencilla y completa de los problemas.
- Hacer que la gráfica sea fácil de comprender.
- Estimular al equipo de trabajo en la búsqueda de la mejora continua.
- Verificar cuál es la mejor herramienta de automatización se puede usar o comprar para el proceso.

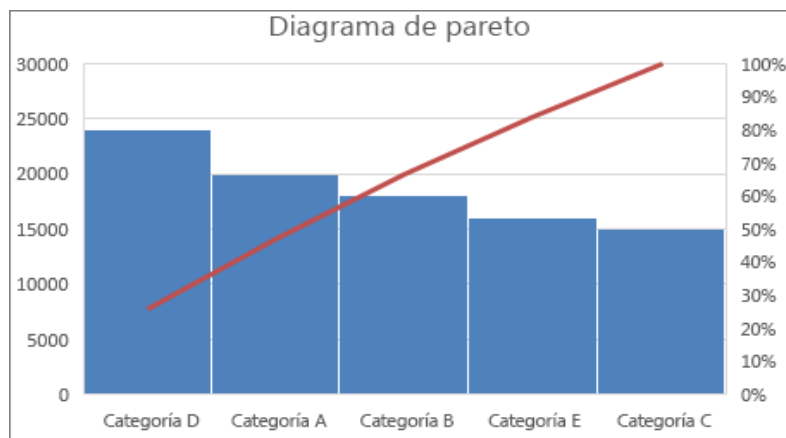


Ilustración 1

Diagrama de Pareto

2.5.7. Diagrama de Ishikawa. De Souza (2019) menciona:

También llamado de Diagrama de Causa y Efecto, Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de los 6Ms, el diagrama de Ishikawa es una herramienta que ayuda a identificar las causas raíz de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.

2.5.7.1. Aplicaciones del diagrama de Ishikawa. Según De Souza (2019):

El Diagrama de Ishikawa es utilizado para:

- Ver una situación de modo más comprensivo y sistémico.
- Visualizar no solo la causa principal, también las secundarias de un problema.
- Encontrar soluciones a los problemas a partir de los recursos que la empresa posee.
- Generar mejoras continuas en los procesos (s. p.).

2.5.7.2. Ventajas del diagrama de Ishikawa. De Souza (2019) afirma:

El Diagrama de Ishikawa trae varios beneficios para las organizaciones, y puede hasta ser utilizado en conjunto a otras metodologías. Entre estas ventajas, están:

- Brinda mejoras de los procesos.
- Se brinda una mayor facilidad de identificación de causas.
- Jerarquización de las causas encontradas.
- Se brinda una mayor visibilidad de los problemas.
- Se genera un mayor registro visual, facilitando análisis futuros.
- Mayor participación del equipo en la gerencia de calidad.
- Mayor organización de ideas.
- Genera trabajo en equipo (s. p.).

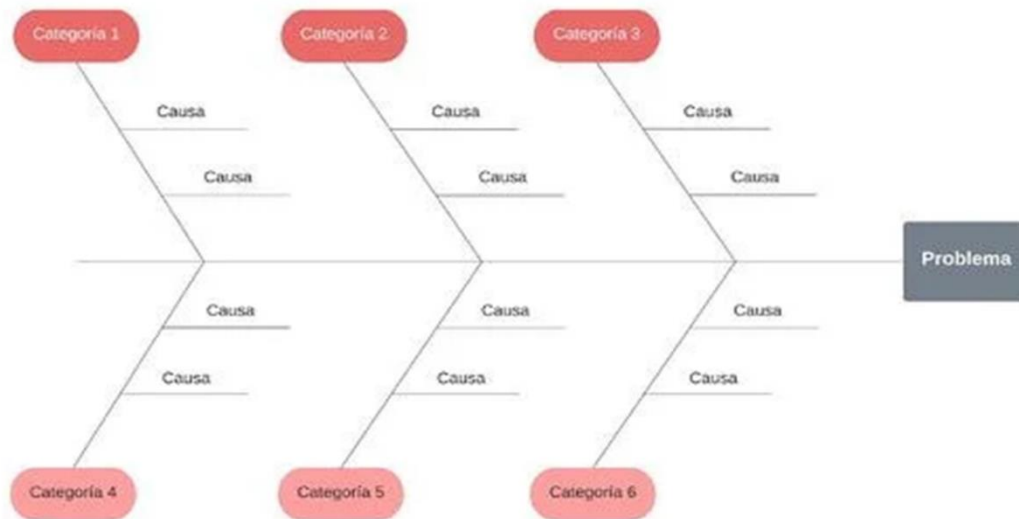


Ilustración 2

Diagrama causa-efecto

2.5.8. Automatización. A medida que los negocios cambian e ingresan: “En el mundo digital, se acelera la necesidad de implementar una solución que facilite la automatización de procesos. Esto para agilizar la ejecución de las aplicaciones; minimizar los errores e impulsar la productividad y el éxito de la empresa” (Gb advisors, 2017, s. p.). Además, Blandón Zeledón y Bravo Tórrez (2020) indican:

Es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana).

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semindependiente del control humano (p. 6).

Asimismo, Gb advisors (2017) señala lo siguiente:

¿En qué consiste la automatización de procesos de Tecnología de la Información (TI)?

La automatización de procesos de TI se refiere a la capacidad de un sistema

tecnológico para ejecutar una serie de tareas que originalmente son realizadas por seres humanos. Dicha automatización también controla; corrige y hace visible el estado de los flujos de trabajo y tareas, generando reportes de todo el proceso realizado.

Un aspecto fundamental de la automatización de los procesos es la realimentación ya que, a través de ella, el sistema evalúa; compara y hace correctivos en tiempo real; bajo ciertas restricciones preconfiguradas y sin necesidad de la intervención humana que es el factor que se hace lo posible por reducir.

Ventajas de la Automatización de Procesos:

- Las empresas que implementan la automatización de procesos se colocan en una posición de ventaja frente a sus competidores, tanto en operatividad como en confiabilidad.
- Ayuda en la reducción de costos operativos e incrementa la velocidad y confiabilidad de implementación de las tareas de soporte y desarrollo, también favoreciendo que los sistemas trabajen sin interrupciones, satisfaciendo las demandas.
- Permite disponer de mejores análisis y agiliza la instalación de aplicaciones mediante la ejecución automatizada de trabajos.
- Elimina la ejecución de comandos manuales que están sujetas al error humano, aumentando la eficiencia y la productividad de la organización.
- Permite la visibilidad y control de todos los flujos de trabajo y de las tareas, ofreciendo reportes del estado de los procesos terminados, en proceso y futuros.
- Se puede implementar tanto en forma física como en varios entornos en la nube, incrementando las posibilidades de gestión y control de los procesos.

Desventajas de la Automatización de Procesos:

- Temor a reducción de mano de obra ya que los empleados pueden enfrentarse a despidos por la sustitución de su puesto de trabajo por un dispositivo o máquina que brinde mayor capacidad de producción, menor índice de error, mayor efectividad y reducción de costos.
- El costo de inversión para implementar una solución de automatización de procesos implica una inversión inicial considerable. Sin embargo, este factor debe analizarse en comparación con los beneficios que generará en términos de productividad y cumplimiento.

- Se obtendrá una pérdida en la flexibilidad al modificar los flujos de trabajo de las tareas y procesos puede implicar cierta rigidez, esto se minimiza con un proceso previo de consultoría y planificación (s. p.).

2.5.8.1. Realimentación. De acuerdo con Navarrete (2014):

Un elemento esencial de todos los mecanismos de control automático es el principio de realimentación, que permite al diseñador dotar a una máquina de capacidad de autocorrección. Un ciclo o bucle de realimentación es un dispositivo mecánico, neumático o electrónico que detecta una magnitud física como una temperatura, un tamaño o una velocidad, la compara con la norma establecida, y realiza aquellas acciones preprogramadas necesarias para mantener la cantidad medida dentro de los límites de la norma aceptable.

En la fabricación y en la producción, los ciclos de realimentación requieren la determinación de límites aceptables para que el proceso pueda efectuarse; que estas características físicas sean medidas y comparadas con el conjunto de límites, y que el sistema de realimentación sea capaz de corregir el proceso para que los elementos medidos cumplan la norma. Mediante los dispositivos de realimentación las máquinas pueden ponerse en marcha, pararse, acelerar, disminuir su velocidad, contar, inspeccionar, comprobar, comparar y medir (s. p.).

En el caso de una prensa automática CNC, el dispositivo de realimentación que se utiliza es una cámara-sensor de inspección capaz de comparar y determinar los límites aceptables del producto que pasa por esta. Las unidades de producto que están fuera de los parámetros establecidos entre los límites son expulsadas del proceso mediante actuadores neumáticos y se envía una señal del defecto para una inspección y ajuste en la máquina.

2.5.8.2. Automatización industrial. Según EcuRed (s. f.): “Automatización Industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y procesos industriales sustituyendo a operadores humanos” (s. p.). Además, Navarrete (2014) agrega:

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un sistema de control abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de

campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

La parte más visible de la automatización actual puede ser la robótica industrial. Algunas ventajas son repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo (s. p.).

Existen computadoras especializadas, las cuales se usan para:

Leer entradas de campo a través de sensores y en base a su programa, generar salidas hacia el campo a través de actuadores. Esto conduce para controlar acciones precisas que permitan un control estrecho de cualquier proceso industrial.

Existen dos tipos distintos: DCS o Sistema de Control Distribuido, y PLC o Controlador Lógico Programable.

El DCS era antiguamente orientado a procesos de tipo análogos, mientras que el PLC se utiliza en procesos de tipo discreto (ceros y unos). Actualmente ambos equipos se parecen cada vez más, y cualquiera de los dos puede ser utilizado en todo tipo de procesos.

Las interfaces Hombre-Máquina (HMI) o interfaces Hombre-Computadora (CHI), formalmente conocidas como interfaces Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma. El personal de servicio que monitorea y controla estas interfaces es conocido como ingenieros de estación (Navarrete, 2014, s. p.).

En este caso, la prensa CNC se controla por un PLC capaz de efectuar todas las funciones necesarias para el mejor funcionamiento del proceso. De esta manera, la máquina es capaz de funcionar a grandes velocidades y es de fácil programación de acuerdo con la producción necesaria. Además, brinda con facilidad un mayor control y análisis del rendimiento de su funcionamiento, así como la calidad y productividad en el proceso.

2.5.8.3. Niveles de automatización. El concepto de sistemas automatizados puede aplicarse a distintos niveles de las diferentes operaciones de una fábrica o planta. Normalmente,

se asocia: “El concepto de automatización con la producción de máquinas individuales. Sin embargo, la producción de máquinas por sí misma está creada por subsistemas que por ellos mismos pueden ser automatizados” (Navarrete, 2014, s. p.). Se pueden identificar cinco niveles posibles de automatización en una planta productiva, los cuales se explican en la Ilustración 3:

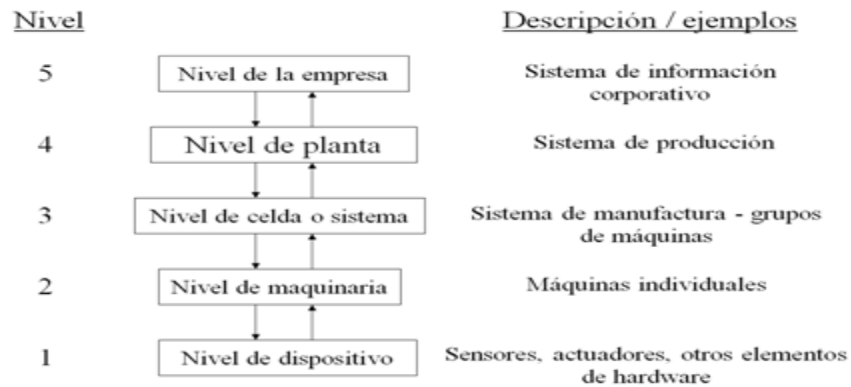


Ilustración 3

Automatización de sistemas

Los elementos básicos de un sistema automatizado son:

- “Energía: para completar el proceso y operar el sistema.
- Programa: para dirigir el proceso.
- Sistema de control: para ejecutar las instrucciones” (Navarrete, 2014, s. p.).

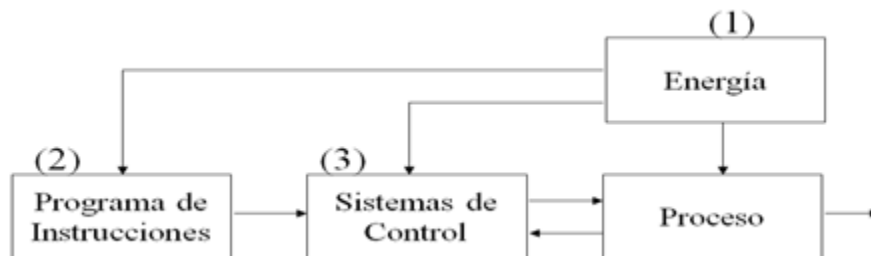


Ilustración 4

Elementos básicos de un sistema automatizado

2.5.8.4. Energía para llevar a cabo los procesos automatizados. La energía se necesita para manejar el proceso, así como todos los controladores existentes en la línea de producción, especialmente, de un controlador de una prensa CNC, su fuente de energía utilizada es eléctrica,

esta es la de mayor accesibilidad para su funcionamiento. Los diferentes tipos de energía son:

- Eléctrica.
- Mecánica.
- Térmica.

Por otra parte, las fuentes alternativas para obtener energía en los procesos son los combustibles fósiles, hidráulica, solar, eólica.

2.5.8.5. Funciones avanzadas de la automatización. Estas son las funciones que conciernen a la mejora del desempeño y la seguridad del equipo, las cuales son el monitoreo de seguridad de los operarios que trabajan sobre el proceso y del propio producto, así como el diagnóstico de mantenimiento y reparación de cada máquina o dispositivo en la línea y la detección de errores y recuperación de la falla que se haya diagnosticado (Navarrete, 2014).

2.5.8.6. Monitoreo de seguridad. Navarrete (2014) indica:

Respuestas del sistema de seguridad:

- Detención del sistema.
- Encendido de alarmas sonoras.
- Reducción de la velocidad de los procesos.
- Toma de acciones para corregir la violación de seguridad.

Tipos de sensores:

- De límite.
- Fotoeléctricos.
- De temperatura.
- De humo.
- De presión.
- Visión (s. p.).

Entre los tipos de sensores que más se destacan en las prensas CNC se encuentran los sensores de temperatura, presión y visión para brindar una mayor seguridad al sistema de la máquina.

2.5.8.7. Diagnóstico de mantenimiento y reparación. De acuerdo con Navarrete (2014):

Capacidad de un sistema automatizado de ayudar en la identificación de las fuentes potenciales o actuales de malfuncionamiento o falla.

- Monitoreo de estatus.
- Diagnóstico de falla.
- Recomendaciones para el procedimiento de reparación.

Uso del control computarizado en un sistema para automatizar la toma de las acciones correctivas necesarias para restaurar su operación normal después de ocurrida la falla.

Pasos:

- Detección del error.
- Recuperación del error.
- Detección del error.

Uso de los sensores disponibles en el sistema automatizado para determinar cuándo ha ocurrido una desviación o malfuncionamiento, interpretar correctamente las señales de los sensores y se clasifica el error.

Clasificación del error:

- Errores aleatorios.
- Errores sistemáticos.
- Aberraciones (s. p.).

2.5.9. Máquinas y herramientas de Control Numérico Computarizado (CNC). Según De máquinas y herramientas (2018):

En pocas palabras, el control numérico computarizado es el uso de una computadora para controlar y monitorear los movimientos de una máquina herramienta. Entre esas máquinas herramienta, tanto estáticas como portátiles, podemos mencionar: fresadora, torno, rectificadora, máquina de corte por láser, por chorro de agua o por electroerosión, estampadora, prensa, brazo robotizado, etc.

Las máquinas de gran porte cuentan con una computadora dedicada que forma parte del equipo, y la mayoría dispone de un sofisticado sistema de realimentación que monitorea y ajusta constantemente la velocidad y posición de la herramienta de corte. Las

máquinas menos exigentes usadas en talleres admiten el uso de una computadora personal externa.

El controlador CNC trabaja en conjunto con una serie de motores (servomotores y/o motores paso a paso), así como componentes de accionamiento para desplazar los ejes de la máquina de manera controlada y ejecutar los movimientos programados.

Una máquina CNC, por lo tanto, consiste en seis elementos principales:

- Dispositivo de entrada.
- Unidad de control o controlador.
- Máquina herramienta.
- Sistema de accionamiento.
- Dispositivos de realimentación (sólo en sistemas con servomotores).
- Monitor (s. p.).

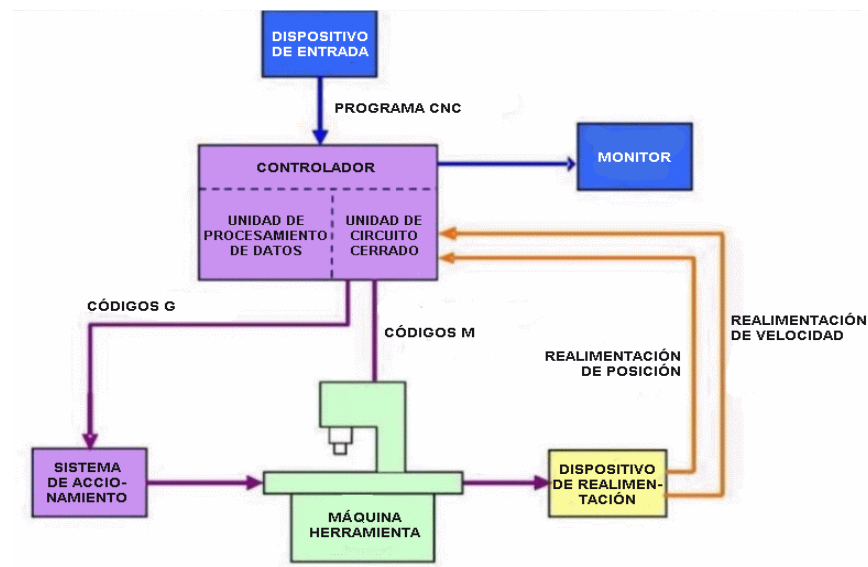


Ilustración 5

Diagrama de bloques de una máquina CNC

¿Cómo funciona una máquina CNC?

Como observamos en la figura anterior, básicamente, el controlador de las máquinas CNC recibe instrucciones de la computadora (en forma de códigos G y códigos M) y mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que, a su vez, pondrán en marcha el sistema de

accionamiento (De máquinas y herramientas, 2018, s. p.).

Además, Bolívar (2012) plantea:

Las máquinas y herramientas de Control Numérico Computarizado brindan algunas ventajas adicionales como:

- Amplia capacidad de operaciones de trabajo.
- Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos o de alto riesgo.
- Amplia capacidad de diseño. Las máquinas o herramientas de control numérico computarizado cuentan con una amplia y abierta capacidad para realizar diseños desde básicos hasta complejos.
- Disposición de varios lenguajes de programación, aunque es muy común encontrar diferentes fabricantes de máquinas o herramientas de control numérico computarizado donde cada uno asume un *software* actual para el desarrollo de las operaciones de la máquina, pero que generalmente suelen ser compatibles entre sus versiones.
- Control y normalización de sus productos. Por medio del uso de esta tecnología, se ejerce mayor control en las empresas sobre el uso adecuado de materias primas, puesto que, según una producción, se pueden estimar las dimensiones de la materia prima.
- Precisión. Mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las máquinas tradicionales, puesto que la máquina realiza avances programados totalmente asistidos por computador.
- Un solo operador para varias máquinas. Con el uso de esta tecnología un operario puede sincronizar varias máquinas para que trabajen al mismo tiempo, ahorrando el uso de mano de obra calificada.
- Mayor exactitud en sus operaciones.
- Mínimas pérdidas de materia prima.
- Mayor capacidad en cuanto a la programación y puesta en marcha.
- Competitividad frente a las máquinas tradicionales.
- Mayor rendimiento y menores costos.

- Amplia representación de mantenimiento y repuestos por parte del fabricante (pp. 11-12).

2.5.10. Neumática. De acuerdo con Área Tecnología (s. f.):

La neumática es la tecnología que emplea un gas (normalmente aire comprimido) como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar diferentes tipos de mecanismos.

Los procesos consisten en incrementar la presión de aire y a través de la energía acumulada sobre los elementos del circuito neumático (por ejemplo, los cilindros) efectuar un trabajo útil. Por lo general el gas utilizado es el aire comprimido, pero para aplicaciones especiales puede usarse el nitrógeno u otros gases inertes (s. p.).

Por otro lado, Torras Suministros Industriales (s. f.) indica:

Por sus características, la neumática industrial tiene múltiples aplicaciones, desde la carpintería metálica hasta la industria química, pasando por la industria mecánica o metalúrgica, la industria textil, el transporte o las centrales nucleares. Esta tecnología es muy útil para, por ejemplo, levantar o mover grandes pesos.

Hoy, el aprovechamiento del aire comprimido para realizar trabajos es una técnica que ha contribuido a mejorar y optimizar los procesos industriales, y sus aplicaciones están muy presentes en nuestro día a día. Un ejemplo, es el control de apertura y cierre de puertas en vehículos como autobuses o trenes. Aquí, a través de la compresión del aire, se acciona un cilindro que, mediante la energía del aire a una presión determinada mediante un movimiento lineal, permite el desplazamiento de un resorte mecánico que se estira cerrando la puerta, y se abre al recuperar su posición inicial.

Hoy la neumática industrial es una herramienta básica en el control y la automatización de la industria. Se trata de una energía limpia, algo importante para industrias como la química o la alimentaria, y es ilimitada, porque se puede obtener fácilmente y en abundancia aire de la atmósfera. Pero, además, la neumática industrial tiene otras ventajas frente a otros procesos.

Su seguridad es otro aspecto para considerar. Sus características la hacen utilizable en todos los lugares sin especiales medidas de seguridad, pero además es antideflagrante, no hay riesgo de chispas, por lo que no conlleva ningún peligro de

explosión o incendio.

Otras de sus ventajas son su gran resistencia a los cambios en la temperatura y que permiten una velocidad de trabajo alta. Sus fuerzas son regulables de una manera continua, por lo que estamos ante una tecnología muy útil para esfuerzos que requieren precisión y velocidad y que requieren hacer cambios de sentido de forma instantánea.

Debemos considerar, de igual forma, que la tecnología neumática resiste bien las sobrecargas porque cuando éstas se dan el elemento de trabajo se detiene sin provocar daños. Además, su almacenamiento y transporte es sencillo y sin tuberías de retorno.

Tampoco es necesaria una centralita para generar presión, porque el aire se encuentra disponible en diferentes puntos de la planta de producción. Es importante considerar el bajo costo de los componentes neumáticos, y también su facilidad de implantación, que permite instalaciones más sencillas, rápidas y limpias (s. p.).

2.5.10.1. Componentes de la neumática. De acuerdo con Torras Suministros Industriales (s. f.) sus componentes son accesibles, además:

En cualquier circuito neumático los compresores son los encargados de elevar la presión del aire al valor del trabajo deseado, que llega hasta un depósito, y es desde este depósito desde donde posteriormente se distribuirá por las tuberías que recorren el circuito con la presión y temperatura que definamos previamente.

Posteriormente, al llegar la presión del aire a los cilindros neumáticos, se produce el movimiento de un vástago (una barra), que será lo que accione los elementos que deseemos mover. Por su parte, las válvulas son los elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro, la dirección, la presión y el caudal del fluido. Su funcionamiento es similar a los interruptores eléctricos, pero en este caso son de aire.

La potencia de entrada en los sistemas neumáticos es mecánica rotativa y está definida por el producto de un par y una velocidad angular. Las entradas mecánicas pueden ser mediante motor eléctrico, mediante motor de combustión interna o por medio de turbinas. Aquí, los sistemas de transmisión de energía realizan el trabajo de forma más rápida, precisa y durante más tiempo que el ser humano, evitando los periodos de fatiga propios del trabajo manual. Cuando el sistema de transmisión de energía está automatizado, también realiza las funciones de mando y regulación sin la intervención

del ser humano.

Por su parte, la salida mecánica puede ser lineal o rotativa, resultado de la transformación de la energía de entrada por el sistema de transmisión de energía. Éstas pueden ser lineales (velocidad lineal o fuerza) o rotativas (velocidad angular o movimiento) (s. p.).

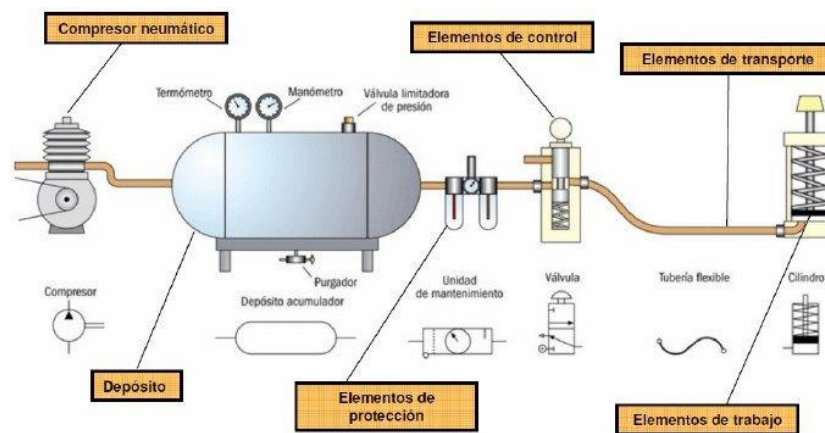


Ilustración 6

Sistema neumático

Los componentes utilizados en la prensa CNC son electroválvulas que regulan y accionan cada movimiento de actuación de la máquina, la cual en su gran proporción es de funcionamiento neumático. Esta recibe una presión de aire de un compresor que alimenta a toda la planta industrial y en el depósito neumático se distribuye mediante mangueras la cantidad de aire necesaria para el funcionamiento de este equipo. La prensa también cuenta con actuadores de rechazo en su proceso para las unidades de producto que no cuentan con las especificaciones correctas.

2.5.11. Mantenimiento industrial. Según Economía.org (s. f.): “Se denomina mantenimiento al procedimiento mediante el cual un determinado bien recibe tratamientos a efectos de que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias exteriores no lo afecte” (s. p.).

2.5.11.1. Tipos de mantenimiento. Tradicionalmente, se han distinguido cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- Mantenimiento Correctivo:

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos.

- **Mantenimiento Preventivo:**

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

- **Mantenimiento Predictivo:**

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

- **Mantenimiento cero horas:**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

- **Mantenimiento en uso:**

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total) (Renovetec,

2018, s. p.).

2.5.11.2. Modelos de mantenimiento. De acuerdo con Renovetec (2018):

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación.

Esto es así porque está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable. Incluso en el modelo más sencillo como lo es el Modelo Correctivo, en el que prácticamente abandonamos el equipo a su suerte y no nos ocupamos de él hasta que no se produce una avería, es conveniente observarlo al menos una vez al mes, y lubricarlo con productos adecuados a sus características.

Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero, estas inspecciones estarán incluidas en una gama en la que tendremos que observar otros equipos cercanos, por lo que no significará que tengamos que destinar recursos expresamente para esa función.

Esta inspección nos permitirá detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto antes detectemos el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí representa un coste (lubricante y la mano de obra de aplicarlo), en general es tan bajo que está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor que la aplicación del lubricante correspondiente (s. p.).

Después de hacer esta puntualización se pueden definir los diversos modelos de mantenimiento que se realizan en la industria.

2.5.11.3. Modelo correctivo. Renovetec (2018) lo define como:

Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos (s. p.).

2.5.11.4. Modelo condicional. De acuerdo con Renovetec (2018):

Incluye las actividades del modelo anterior, y, además, la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si, por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja (s. p.).

2.5.11.5. Modelo sistemático. Renovetec (2018) señala:

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y por último, resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos.

Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Un ejemplo de equipo sujeto a este modelo de mantenimiento es un reactor discontinuo, en el que las materias que deben reaccionar se introducen de una sola vez, tiene lugar la reacción, y posteriormente se extrae el producto de la reacción, antes de realizar una nueva carga.

Independientemente de que este reactor esté duplicado o no, cuando está en operación debe ser fiable, por lo que se justifica realizar una serie de tareas con independencia de que hayan presentado algún síntoma de fallo.

Otros ejemplos:

- El tren de aterrizaje de un avión.
- El motor de un avión (s. p.).

2.5.11.6. Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad. Renovetec (2018) plantea:

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene por qué ser exactamente iguales año tras año.

Como quiera que en este modelo no se incluya el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es el mínimo o nulo de fallas, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la Puesta a Cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

Algunos ejemplos de este modelo de mantenimiento pueden ser los siguientes:

- Turbinas de producción de energía eléctrica.
- Hornos de elevada temperatura, en los que una intervención supone enfriar y volver a calentar el horno, con el consiguiente gasto energético y con las pérdidas de producción que trae asociado.
- Equipos rotativos que trabajan de forma continua.
- Depósitos reactores o tanques de reacción no duplicados, que sean la base de la producción y que deban mantenerse en funcionamiento el máximo número de horas posible (s. p.).

2.5.11.7. Mantenimiento subcontratado a un especialista. De acuerdo con Renovetec (2018):

Cuando hablamos de un especialista, nos referimos a un individuo o empresa especializada en un equipo concreto. El especialista puede ser el fabricante del equipo, el servicio técnico del importador, o una empresa que se ha especializado en un tipo concreto de intervenciones. Como hemos dicho, debemos recurrir al especialista cuando:

- No tenemos conocimientos suficientes.
- No tenemos los medios necesarios.

Si se dan estas circunstancias, algunas o todas las tareas de mantenimiento deberemos subcontratarlas a empresas especializadas (s. p.).

2.5.11.8. Mantenimiento legal. Según Renovetec (2018):

Algunos equipos están sometidos a normativas o a regulaciones por parte de la Administración. Sobre todo, son equipos que entrañan riesgos para las personas o para el entorno. La Administración exige la realización de una serie de tareas, pruebas e inspecciones, e incluso algunas de ellas deben ser realizadas por empresas debidamente autorizadas para llevarlas a cabo. Estas tareas deben necesariamente incorporarse al Plan de Mantenimiento del equipo, sea cual sea el modelo que se decida aplicarle.

Algunos de los equipos sometidos a este tipo de mantenimiento son los siguientes:

- Equipos y aparatos a presión.
- Instalaciones de Alta y Media Tensión.
- Torres de Refrigeración.
- Determinados medios de elevación, de cargas o de personas.
- Vehículos.
- Instalaciones contraincendios.
- Tanques de almacenamiento de determinados productos químicos (s. p.).

2.5.12. Envases y componentes metálicos. Castrillón Rodríguez (s. f.) menciona:

Un envase metálico se define en términos generales como un recipiente rígido a base de metal, para contener productos líquidos y/o sólidos, que puede además cerrarse herméticamente.

La amplia difusión de los envases metálicos es atribuible a la gran versatilidad y excelentes cualidades para el envasado de todo tipo de productos. Algunas de estas cualidades son:

- Resistencia mecánica y capacidad de deformación.
- Ligereza.
- Estanqueidad y hermeticidad.
- Opacidad a la luz y radiaciones.
- Buena adherencia a barnices y litografías.
- Conductividad térmica.
- Inercia química relativa.
- Versatilidad.
- Estética / posibilidad de impresión.
- Reciclabilidad.
- Adecuación para la distribución comercial.
- Capacidad de innovación y evolución tecnológica.

Características técnicas principales.

Al hablar de envases metálicos hay que distinguir entre envases ligeros y envases pesados. Los envases metálicos ligeros son aquellos cuyo espesor es inferior a 0.49 mm y tienen una capacidad inferior a 40 litros. Los envases pesados hacen referencia a los envases metálicos con un espesor superior o igual a 0.50 mm y una capacidad que oscila entre 30 y 220 l. Esta distinción no es arbitraria, sino que corresponde a las diferentes materias primas y técnicas utilizadas en la obtención de los diferentes tipos de envases.

En general, los envases metálicos están constituidos por dos o tres piezas. Los primeros constan de un tubo-fondo constituido en una sola pieza, además de una tapa suelta que posteriormente se une al extremo abierto.

Los envases de tres piezas constan de un tubo soldado por una de sus generatrices, más dos tapas unidas a sus extremos. Por su geometría pueden ser de sección circular, cuadrada, rectangular, trapezoidal, oval, etc. Es el caso de la mayoría de las latas de conserva, donde se observa la costura lateral formada por la unión de los bordes del tubo metálico.

Barnices y recubrimientos para envases de hojalata.

Uno de los puntos críticos en el envasado de alimentos en envases metálicos, es la adecuación del barniz o laca a las condiciones de elaboración y almacenamiento de los envases.

Los barnices son un medio para proporcionar resistencia a la abrasión, así como para actuar como barrera frente a la corrosión externa. Limita la superficie metálica en contacto con la atmósfera reduciendo el riesgo de aparición de oxidaciones. Los factores de mayor importancia que deben considerarse durante la aplicación de un barniz son: composición y adecuación al soporte metálico, adherencia, espesor y porosidad.

A efectos de recuperación, la hojalata tiene una característica básica que la convierte en el único material para la fabricación de envases, que en la actualidad y a gran escala, puede recuperarse mecánicamente. Por el simple procedimiento de situar un electroimán sobre el flujo de basura, puede recuperarse un porcentaje muy elevado de los envases de hojalata. Esta hojalata reciclada tiene un claro mercado en la fabricación de nueva hojalata en siderurgia, ya que en la formación de la chapa férrea se utiliza gran cantidad de chatarra, que oscila entre un 20 y un 30 % del peso de la colada.

Envases de tres piezas.

El proceso de fabricación de los envases de tres piezas parte de bobinas de hojalata y consta de las siguientes etapas:

- Corte de las bobinas en hojas rectangulares de tamaño apropiado al formato a fabricar.
- Aplicación de decoración externa (si procede).
- Aplicación de barnices interiores y/o exteriores.
- Corte longitudinal de las hojas, en bandas (corte primario) y corte transversal de las bandas en porciones unitarias rectangulares (corte secundario).
- Conformación de un cilindro.
- Soldadura eléctrica de su generatriz (hilo de cobre).
- Re barnizado interior y exterior de la costura lateral.
- Acordonado: formación de anillos transversales (nervaduras) en el cuerpo para darle mayor resistencia radial.
- Formación de pestañas en ambos extremos del cilindro (indispensable para la posterior colocación de las tapas).
- Colocación de tapas mediante el sistema de doble cierre (s. p.).



Ilustración 7

Fondo de envase de hojalata

En la Ilustración 7 se muestra una tapa de envase de hojalata, que es el producto que se fabrica en el proceso en el que está la prensa CNC, en la cual se desarrolla el presente proyecto. En la tapa se puede apreciar que es de material de hojalata, la cual está barnizada totalmente en toda su superficie y contiene la aplicación de la pasta (color gris) en su circunferencia, que se aplica por las pistolas del engome de la prensa CNC.

2.5.13. Fichas técnicas. A continuación, se detallan las fichas técnicas.

2.5.13.1. Ficha técnica de la pistola Zator por implementar. En la Ilustración 8 se muestra la ficha técnica de la pistola Zator.

| CARACTERÍSTICAS | | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|---|---|
| Funciones | de dosificación | Válvula electromagnética para la aplicación de puntos y líneas de cola a alta velocidad. |
| Fluido | de pintura, de cola | Para colas, adhesivos y fluidos de baja y media viscosidad. Pistola completa de acero inoxidable, boquilla larga de cavidad cero (LV), aguja con bola de cerámica. El ajuste micrométrico permite un control fino del tamaño del punto y la línea. |
| Especificaciones | automática | Diámetros de boquilla disponibles : - de 0,3 a 1,8 mm Cuerpo de la válvula : - Acero inoxidable Viscosidad máxima del fluido : - ~ 2500 mPas Frecuencia máxima de trabajo : - 350 puntos/seg Bobina : - 6, 12 o 24 voltios Peso : - 330 g |
| Otras características | electromagnética | La válvula electromagnética DLK22LV ha sido diseñada y realizada para su uso en varios tipos de máquinas de producción que operan a alta velocidad: su diseño y versatilidad la hacen ideal para cualquier aplicación que requiera el uso de válvulas dispensadoras. Es un dispensador de alta velocidad de colas, adhesivos y fluidos de baja y media viscosidad (máx. 2500 mPas). Puede dispensar puntos de cola o líneas de cola. Es controlado por un control de microprocesador de Zator o por un instrumento de control externo después de la prueba y aprobación de la empresa Zator. Válvula completa de acero inoxidable, boquilla larga de cavidad cero (LV), aguja con bola de cerámica. El ajuste micrométrico permite un control fino del tamaño del punto y de la línea. |
| Presión | Min.: 0 bar (0 psi) Máx.: 25 bar (362,6 psi) | --- |

Ilustración 8

Ficha técnica pistola Zator

2.5.13.2. Ficha técnica del material de la base de pistola por implementar. En la Ilustración 9 se presenta la ficha técnica del material de base por implementar.

| Acero AISI SAE 1045 | |
|----------------------------|---|
| Dureza | 163 HB (84 HRb) |
| Esfuerzo de Fluencia | 310 MPa (45000 PSI) |
| Esfuerzo Máximo | 565 MPa (81900 PSI) |
| Elongación | 16% en 50 mm |
| Reducción de Área | 40% |
| Modulo de Elasticidad | 200 GPa (29000 KSI) |
| Maquinabilidad | 57% |
| Calor Especifico | 460 J/(Kg °K) |
| Densidad | 7,87 g/cm ³ (0,284/in ³) |
| Conductividad Térmica | 52 W/(m °C) |
| Coefficiente de Poisson | 0,3 |
| | |

Ilustración 9

Ficha técnica material de base por implementar

2.5.13.3. Ficha técnica de los pernos de la base de pistola por implementar. En la Ilustración 10 se muestra la ficha técnica de pernos de base por implementar.

ESPÁRRAGO HILO TOTAL ACERO INOXIDABLE 304 - 316

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Diámetros de 1/2 a 1 1/2 Descripción: Espárragos acero inoxidable
Material de resistencia a la corrosión y oxidación hasta los 800 grados Celsius.

Entre las aplicaciones más importante se destacan:

Espárragos para flanches en alta corrosión y temperatura en Plantas Petroquímicas, Refinerías, Plantas de tratamientos de aguas, ácidos, alimentos.

Gran resistencia al ácido sulfúrico diluido en contacto.

Gran resistencia a la corrosión atmosférica, industrial y urbana, también en aplicaciones marinas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

| %C | %Si | %Mn | %P | %S | %Ni | %Cr |
|----------|-------|-------|-----------|----------|----------|---------|
| 0 - 0,08 | 0 - 1 | 0 - 2 | 0 - 0,045 | 0 - 0,03 | 8 - 10.5 | 18 - 20 |

PROPIEDADES MECÁNICAS

| RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²) | PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²) | Elongación % Min. | DUREZA ROCKWELL B |
|--|---|----------------------|----------------------|
| 520 | 220 | 20 | 249 - 278 |

DIMENSIONES

DIÁMETRO

| |
|--------|
| 3/16" |
| 1/4" |
| 5/16" |
| 3/8" |
| 1/2" |
| 5/8" |
| 3/4" |
| 1" |
| 1-1/4" |
| 1-1/2" |
| 2" |
| 2-1/2" |
| 3" |
| 3-1/2" |
| 4" |
| 5" |
| 6" |

Ilustración 10

Ficha técnica de pernos de base por implementar

2.5.13.4. Ficha técnica del compuesto o pasta de aplicación. En la Ilustración 11 se muestra la ficha técnica de pasta de aplicación.

ARTISAMPLE A32874

Compuesto sellante base agua para envase metálico redondo de uso alimentario

| Propiedades Físicoquímicas: | | Nominal | Min | - | Max | Unidades |
|--|--|----------------|------|---|------|----------|
| Color (Visual) | | Gris | | | | |
| pH (100%) | | 11,0 | | | | |
| Densidad líquido | | 1,13 | | | | g/ml |
| Densidad película | | 1,25 | | | | g/ml |
| Tensión superficial (10% aqueous dispersion) | | 40,0 | | | 42,0 | dyn/cm |
| Sólidos (125°C 30 min) | | 50,0 | 48,5 | - | 51,5 | % |
| Viscosidad Haake (60g MV1 191 s-1 30°C) | | 500 | 400 | - | 600 | mPa·s |
| Naturaleza | Dispersión acuosa de compuestos de caucho | | | | | |
| Uso | Tapas redondas para envase alimentario destinado a contener alimentos procesados. Se recomienda realizar ensayos de cierre y estanqueidad para cada nueva aplicación. | | | | | |
| Información reglamentaria | Materias primas incluidas en las listas de sustancias permitidas para la fabricación de compuestos para uso alimentario. | | | | | |
| Preparación del producto | Homogeneizar el producto mediante agitación suave, evitando la introducción de burbujas de aire (consultar las recomendaciones de agitación en las Normas generales) | | | | | |
| Engomado | Inyección con pistola sobre tapa en rotación, con engomadoras estacionarias o rotativas. Los volúmenes de película recomendados pueden consultarse en la Normas Generales. El volumen de película debe estar de acuerdo con el espacio libre y dimensiones del cierre al que va destinado. | | | | | |
| Secado | El compuesto debe secarse en estufa a la temperatura más alta posible evitando la formación de burbujas por choque térmico. Para iniciar el curado de la película, se recomienda un mínimo de 3 min. a 80 °C, con una ventilación eficaz de los vapores. | | | | | |
| Cierre | La humedad residual de la película debe ser inferior a 5 % en el momento del cierre. Los parámetros de cierre deben seguir los estándares internacionales de buenas prácticas para el tipo de cierre seleccionado. Mínimo 48 h después de la operación de engomado. | | | | | |
| Almacenamiento | Compuesto sellante: Almacenar en el envase original entre 5 y 35 °C, evitando heladas y la radiación solar directa. Consumir preferentemente antes de 12 meses desde la fecha de fabricación. Tapas engomadas: Se recomiendan envoltorios transpirables. Almacenar en áreas secas y ventiladas. Consumir preferentemente antes de 2 años desde su engomado. | | | | | |

Ilustración 11

Ficha técnica de pasta de aplicación

2.6. Hipótesis

Con base en el desarrollo, análisis y metodología que se aplica en este proyecto, se espera que con la conclusión de este y la implementación de la propuesta de mejora que ataca la principal causa de fallas en la máquina, se pueda incrementar el porcentaje de eficiencia en la prensa CNC A1-17, ya sea en productividad y calidad, para darle mayores beneficios a la empresa en rendimiento y costos.

2.7. Limitaciones

Las limitaciones son las siguientes:

- Financiero: presupuestos de mejoras en la línea de producción, así como los de mantenimiento de equipos.
- Informativos: la planificación de proyectos adyacentes, conferencias, paros de planta, mantenimientos preventivos y correctivos.
- Humanos: No hay limitaciones.
- Infraestructura: No hay limitaciones.
- Legales o normativos: No hay limitaciones.

2.8. Alcances

Los alcances de la investigación son los siguientes:

1. Documentar la situación de costos, calidad y productividad en la prensa CNC A1-17 durante un tiempo definido para establecer los datos de la situación actual.
2. Especificar las causas de fallas, paros y problemas de calidad en la prensa CNC A1-17 de la línea de producción de tapas.
3. Especificar diseños de mejora e implementación de estos para solucionar problemas determinados en la prensa CNC A1-17.
4. Documentar los cambios previstos en costos, calidad y productividad de la línea y obtener el resultado de la propuesta e implementación de mejora.

Capítulo III. Desarrollo y resultados

3.1. Descripción del proceso

El proceso se detalla en los siguientes apartados.

3.1.1. Diagrama de flujo. En la Ilustración 12 se muestra el diagrama de flujo.

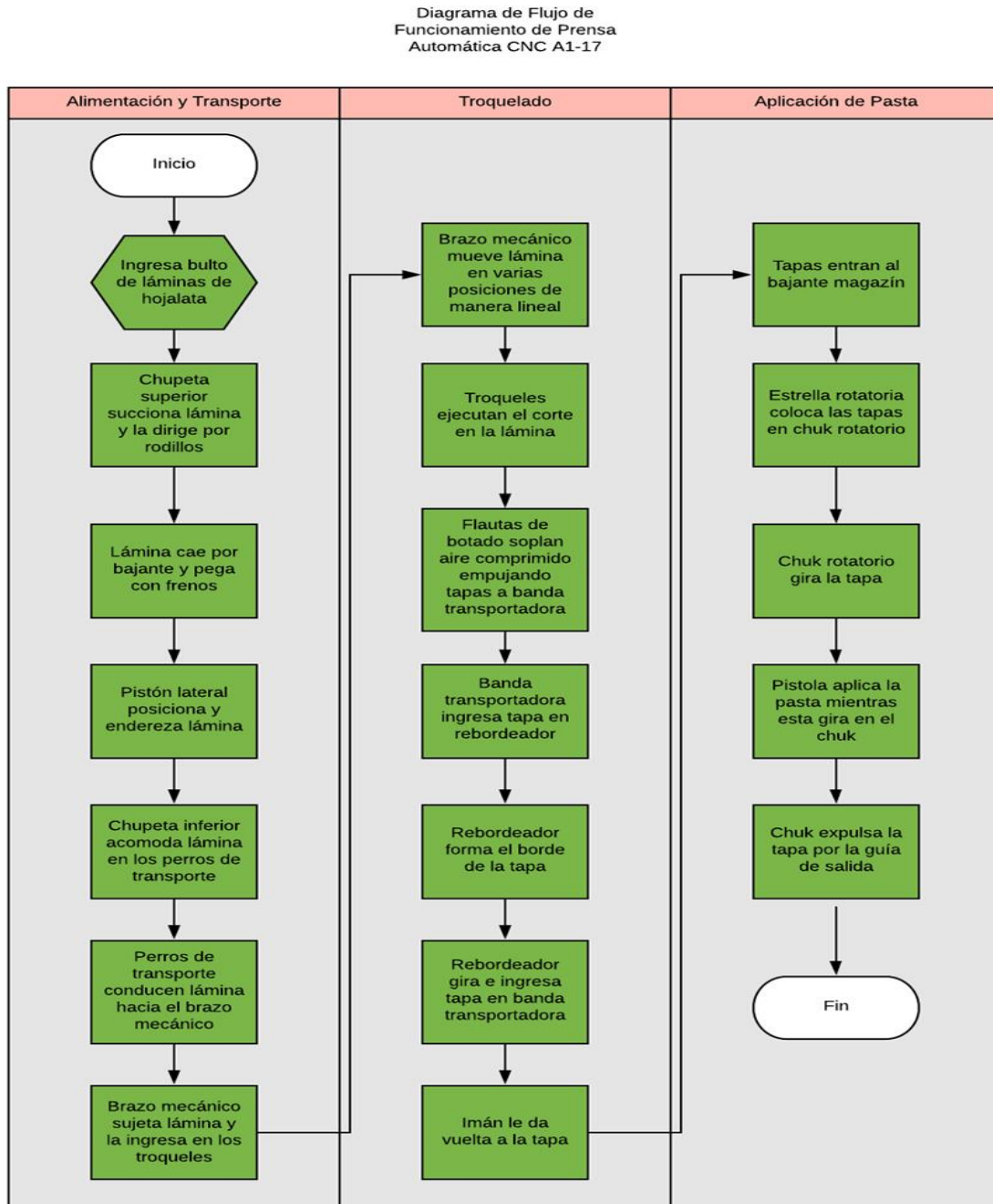


Ilustración 12

Diagrama de flujo del funcionamiento prensa CNC

3.1.2. Proceso de funcionamiento de la prensa A1-17. El proceso se define a continuación.

3.1.2.1. Alimentación y transporte. Sigue los siguientes pasos:

1. Se introduce el bulto de láminas de hojalata barnizadas en una tarima en la entrada de la alimentación de la prensa CNC.



Ilustración 13

Alimentación de la prensa CNC

2. La lámina de hojalata se pasa por los rodillos y se desliza por el bajante para ser acomodada a su transporte por los perros de transporte.



Ilustración 14

Alimentación de lámina en prensa CNC

3. Las láminas de hojalata son transportadas por los brazos robóticos hacia el troquelado para su corte.



Ilustración 15

Brazos robóticos prensa CNC

3.1.2.2. Troquelado. Sigue los siguientes pasos:

4. Los troqueles hacen el corte en la lámina y son expulsadas las tapas por las flautas de botado hacia la banda transportadora.



Ilustración 16

Troquelado de prensa y flautas de botado



Ilustración 17

Troquelado y banda transportadora de prensa CNC

5. Las tapas ingresan en el rebordeador para el doblado y formado de los bordes de estas.



Ilustración 18

Rebordeador de prensa CNC

3.1.2.3. Aplicación de pasta. Sigue los siguientes pasos:

6. Las tapas entran al bajante magazín donde se colocan dentro del engome para la aplicación de la pasta mediante las ocho pistolas que rotan y para ser dirigidas hacia el área de hornos respectivamente.



Ilustración 19

Engome de prensa CNC

3.2. Aplicación de la herramienta DMAIC en la mejora a la prensa CNC A1-17

En los siguientes apartados se detalla toda la información.

3.2.1. Definir. A continuación, se desarrolla esta etapa.

3.2.1.1. Causas de paros. Se lleva a cabo un control de fallas en la prensa CNC A1-17 para determinar cuáles son los principales defectos que originan retrasos en la producción y funcionamiento de esta durante los meses de mayo y junio de 2021.

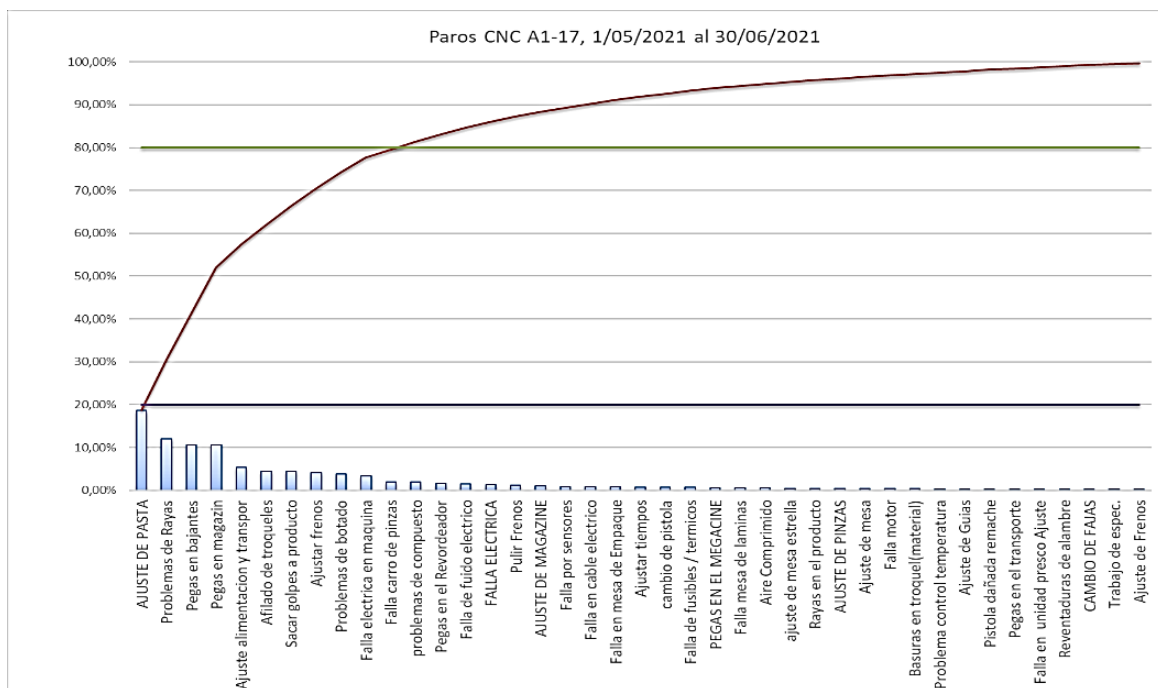


Ilustración 20

Monitoreo de defectos prensa CNC A1-17

Una vez realizado el monitoreo se logra determinar que la principal causa de paros y retrasos en la prensa CNC se debe a la aplicación de pasta o ajuste de pasta, esto en la sección del engome de la máquina. A partir de esto se establece cuál es el principal defecto por solucionar en el presente proyecto.

3.2.1.2. Principal causa por mejorar. Una vez determinada la principal causa de paros en la producción y funcionamiento de la prensa CNC A1-17, se procede por llevar a cabo un análisis de causa-efecto y, de esta forma, conocer las principales causas de este defecto.



Ilustración 21

Diagrama causa-efecto de falla principal

En la Ilustración 21 se puede determinar que un gran porcentaje de las causas al defecto de falla en aplicación de pasta o ajuste de pasta se debe a mal funcionamiento e ineficiencia de elementos como bobinas, agujas y boquillas de las pistolas que disparan la pasta en las tapas. En su mayoría, estos se originan por obstrucciones de pasta en las boquillas, activación incorrecta de sus componentes eléctricos en las bobinas y mucho desgaste en las agujas.

3.2.1.2.1. Defectos en el producto. En la Ilustración 22 se observan los mayores defectos de calidad que se originan en el producto. Se muestran y se señalan en la imagen de izquierda a derecha, huecos (áreas en la tapa donde la pasta no se aplica), manchas (aplicación irregular de pasta en áreas donde no debe ser) y colas (pequeñas rayas de pasta que sobresalen del rango de aplicación) respectivamente, lo cual es consecuencia del defecto por aplicación de pasta.



Ilustración 22

Defectos en producto

3.2.2. Medir. Se lleva a cabo un monitoreo y medición del rendimiento de producción, calidad y eficiencia durante junio de 2021 para conocer el estado de eficiencia en producción de la prensa CNC A1-17. Solo se mide el rendimiento 20 días del mes, ya que los 10 días restantes son domingos, los cuales la máquina no opera, días en los que estuvo en cambios de formato y días de pruebas.

3.2.2.1. Productividad. Durante el monitoreo hay 3 formatos en producción en la máquina, los cuales son tapas de 200 el día 1, 206 del día 2 al 10 y 202 del día 11 al 20, teniendo estos metas de producción por turno (8 horas) de 520.000, 525.000 y 547.251 respectivamente.

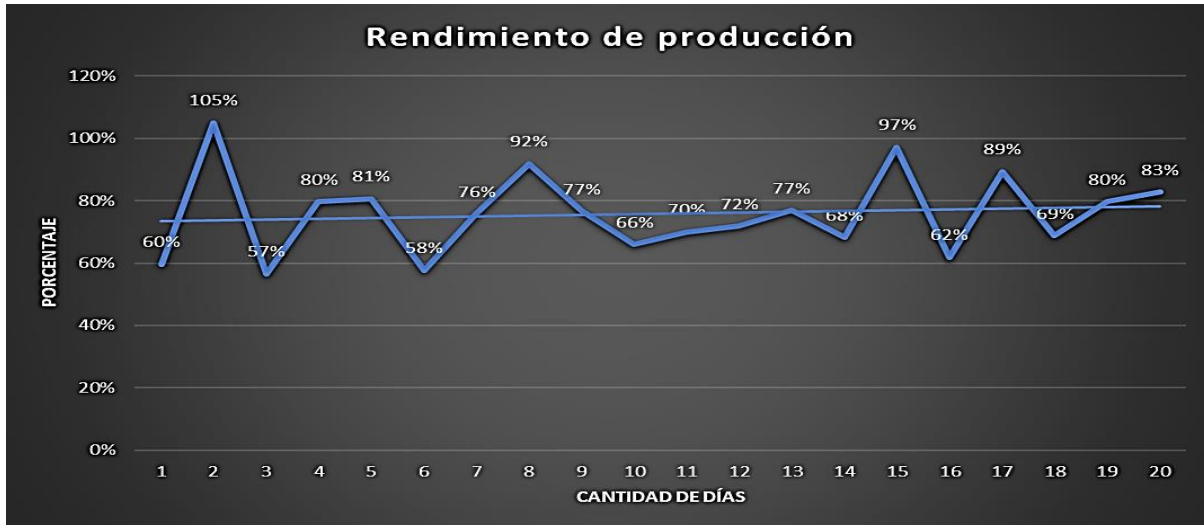


Ilustración 23

Rendimiento de producción

Como se muestra en la Ilustración 23 el promedio del rendimiento de producción es de 76 % en 20 días de funcionamiento, en el cual lo aceptable es que la producción esté mayor a 85 %.

3.2.2.2. Calidad. En el siguiente gráfico se mide la calidad del producto en la prensa CNC y se toma de referencia la cantidad producida y la cantidad de producto rechazado por defectos de calidad.

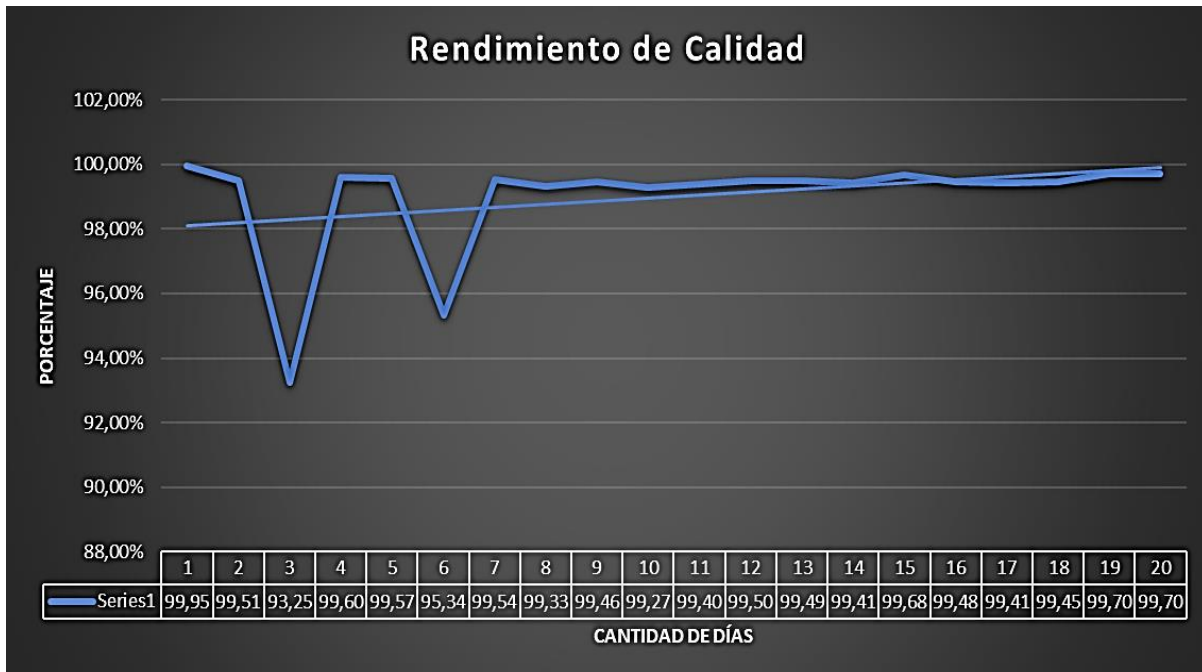


Ilustración 24

Rendimiento de calidad

En la Ilustración 24 se presenta como resultado que el promedio de la calidad es de 99.00 %, el cual hace parecer que es un porcentaje bastante aceptable. Sin embargo, para las grandes cantidades de unidades que se producen, un 1 % de rechazo en promedio es considerable y riesgoso en pérdida de productividad para la línea de producción.

3.2.2.3. Eficiencia del equipo (OEE). Mediante las mediciones de la disponibilidad, rendimiento de producción y el rendimiento de calidad se logra determinar la eficiencia de la prensa A1-17. Por lo tanto, se establece que mayor a 85 % es muy aceptable, de 60 % a 85 % aceptable y menor a 60 % es inaceptable.

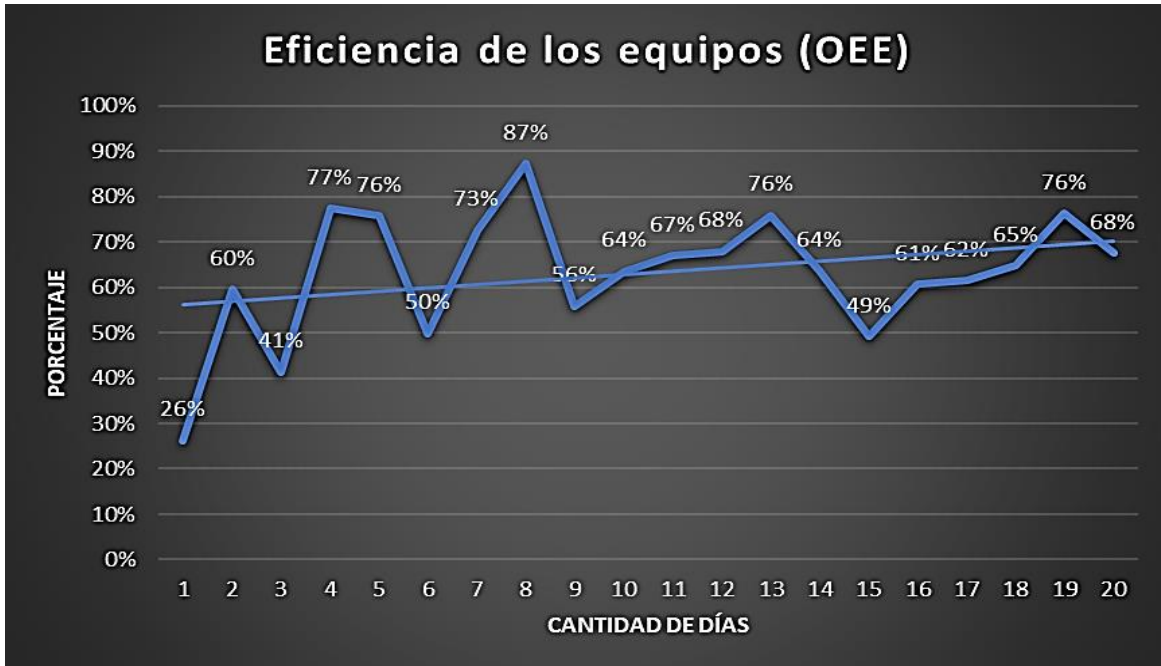


Ilustración 25

Eficiencia de la prensa CNC A1-17

En la Ilustración 25 se determina que el promedio de la eficiencia de la prensa CNC A1-17 es de un 63 %, por lo que está en el rango de aceptable, sin embargo, se puede considerar una eficiencia baja. Según la línea de tendencia, se aprecia que hay un leve aumento en la eficiencia hacia los últimos días del mes monitoreado.

3.2.2.4. Costos de producción. A continuación, se presentan los costos de producción de la línea en la cual está en funcionamiento la prensa CNC A1-17, están divididos por los 3 tipos de formatos que se producen en la máquina, tapas de formato 200, 202 y 206. Los costos están establecidos por 1000 unidades. Es importante obtener estos datos para determinar y analizar cuánto es la pérdida en costos por producto desperdiciado y paros por defectos para la empresa. De esta forma, se puede analizar una vez implementada la mejora propuesta en el presente proyecto, cuánto podría ser la disminución en costos de pérdidas por defectos y rechazo en la línea de producción.

Tabla 1

Costos de producción prensa CNC A1-17

| Costos de producción de los formatos de la línea de producción de la prensa CNC A1-17 | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| PRODUCTO: | Tapa de formato 200 | PRODUCTO: | Tapa de formato 202 | PRODUCTO: | Tapa de formato 206 |
| ELEMENTOS DEL COSTO | | ELEMENTOS DEL COSTO | | ELEMENTOS DEL COSTO | |
| | | | | | |
| Costo Variable | | Costo Variable | | Costo Variable | |
| Hojalata | \$9,16 | Hojalata | \$11,27 | Hojalata | \$11,36 |
| Barnices | \$0,00 | Barnices | \$0,00 | Barnices | \$0,00 |
| Mat. Indirectos | \$0,71 | Mat. Indirectos | \$0,73 | Mat. Indirectos | \$0,59 |
| Mano Obra Directa | \$0,21 | Mano Obra Directa | \$0,25 | Mano Obra Directa | \$0,29 |
| Repar y Mant | \$0,08 | Repar. Y Mantenimiento | \$0,09 | Repar. Y Mantenimiento | \$0,11 |
| Suministros | \$0,01 | Suministros | \$0,01 | Suministros | \$0,03 |
| Combustible | \$0,01 | Combustible | \$0,01 | Combustible | \$0,01 |
| Energia | \$0,05 | Energia | \$0,06 | Energia | \$0,06 |
| Total costo Variable | \$10,23 | Total costo Variable | \$12,42 | Total costo Variable | \$12,45 |
| Costos Fijos Producción | | Costos Fijos Producción | | Costos Fijos Producción | |
| Mano Obra Indirecta | \$0,25 | Mano Obra Indirecta | \$0,29 | Mano Obra Indirecta | \$0,36 |
| Otros Gif | \$0,08 | Otros Gif | \$0,09 | Otros Gif | \$0,08 |
| Gastos Administrativo | \$0,19 | Gastos Administrativo | \$0,12 | Gastos Administrativo | \$0,25 |
| Gastos Ventas | \$0,47 | Gastos Ventas | \$0,32 | Gastos Ventas | \$0,63 |
| Gastos Financieros | \$0,04 | Gastos Financieros | \$0,08 | Gastos Financieros | \$0,06 |
| Depreciación | \$0,05 | Depreciación | \$0,06 | Depreciación | \$0,11 |
| Total costo Fijos | \$1,08 | Total costo Fijos | \$0,96 | Total costo Fijos | \$1,48 |
| Costo Total | \$11,31 | Costo Total | \$13,38 | Costo Total | \$13,93 |

La Tabla 1 está dividida entre los costos variables y los costos fijos de cada formato de tapa, estos al final se suman obteniendo los totales de \$11.31 para formato 200, \$13.38 para formato 202 y \$13.93 para formato 206. Una vez obtenidos los costos totales de cada formato, se obtienen los costos por la cantidad de unidades rechazadas y por tiempos de paros por defectos no previstos para el proceso de producción.

Tabla 2

Pérdidas en costos junio 2021 prensa CNC A1-17

| Costos de Producción Prensa CNC A1-17 Junio 2021 | | | | | |
|--|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| Tapa de formato 200 | | Tapa de formato 202 | | Tapa de formato 206 | |
| Unidades Producidas | 137 700 | Unidades Producidas | 7 314 215 | Unidades Producidas | 10 139 271 |
| Unidades Rechazadas | 68 | Unidades Rechazadas | 51 539 | Unidades Rechazadas | 47 460 |
| Horas de Paros por Defectos | 0 | Horas de Paros por Defectos | 25,67 | Horas de Paros por Defectos | 19,37 |
| Costo por Unidad | \$ 0,0113 | Costo por Unidad | \$ 0,0134 | Costo por Unidad | \$ 0,0139 |
| Costo Unidades Producidas | \$ 1 557,39 | Costo Unidades Producidas | \$ 97 864,20 | Costo Unidades Producidas | \$ 141 240,05 |
| Costo Unidades Rechazadas | \$ 0,77 | Costo Unidades Rechazadas | \$ 689,59 | Costo Unidades Rechazadas | \$ 661,12 |
| Costo Horas Paros por Defectos | \$ - | Costo Horas Paros por Defectos | \$ 26 851,62 | Costo Horas Paros por Defectos | \$ 20 236,81 |
| Costos de Produccion | \$ 1 556,62 | Costos de Produccion | \$ 97 174,60 | Costos de Produccion | \$ 140 578,93 |
| Costo Horas Paros por Defectos Total | \$ 47 088,43 | | | | |
| Costo Total Unidades Rechazadas | \$ 1 351,48 | | | | |
| Costo Total Rechazadas y Paros | \$ 48 439,91 | | | | |

A partir de la Tabla 2 se logra determinar que los costos totales por unidades rechazadas y por paros de máquina no previstos en la línea de producción de la prensa CNC A1-17 son de \$48,439. Esta es una cantidad significativa para una empresa en la cual se busca disminuir todas las pérdidas y desperdicios posibles.

3.2.2.5. Comparación de rendimiento entre engomes. Se lleva a cabo una medición de las aplicaciones de pasta del engome de la prensa CNC A1-17 y la prensa CNC A1-16, ya que esta última está equipada con las pistolas de aplicación de pasta que se sugieren implementar marca Zator. Por lo tanto, se mide la eficiencia por fallas, para determinar y comparar cuál genera menos defectos, también una comparación de viabilidad para mantenimiento, cambios de formato y ajustes.

3.2.2.5.1. Eficiencia por fallas en aplicación de pasta. En la Ilustración 26 se muestran los defectos de la prensa CNC A1-17.

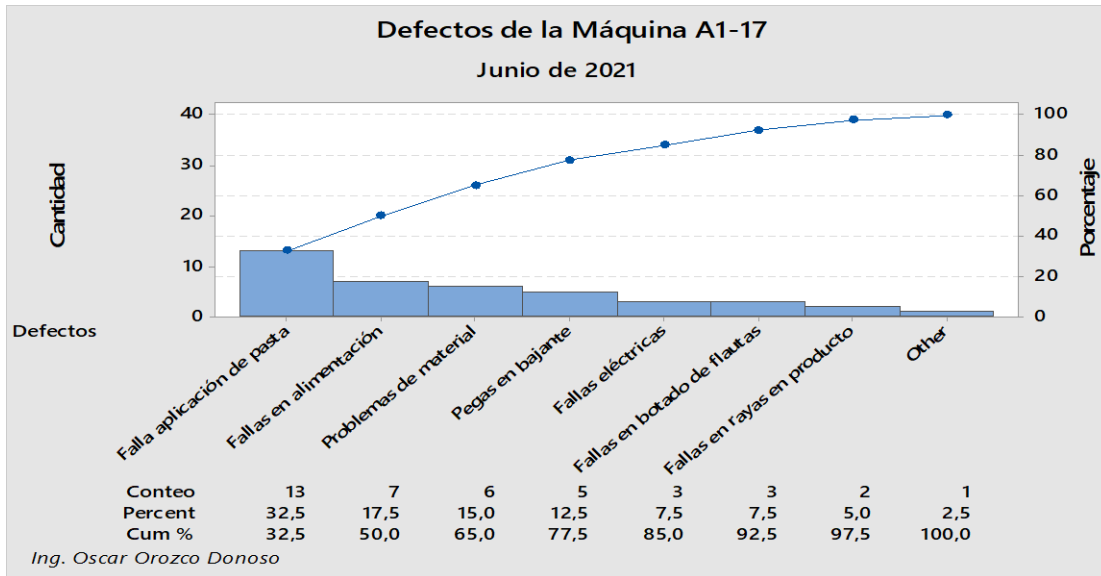


Ilustración 26

Defectos prensa CNC A1-17

Como se puede observar en la Ilustración 26, la mayor cantidad de defectos de la prensa CNC A1-17 con un 32.5 % es por falla en aplicación de pasta durante junio de 2021. Esto indica que la eficiencia de las pistolas originales del engome en el momento de aplicar la pasta en las tapas no es la mejor.

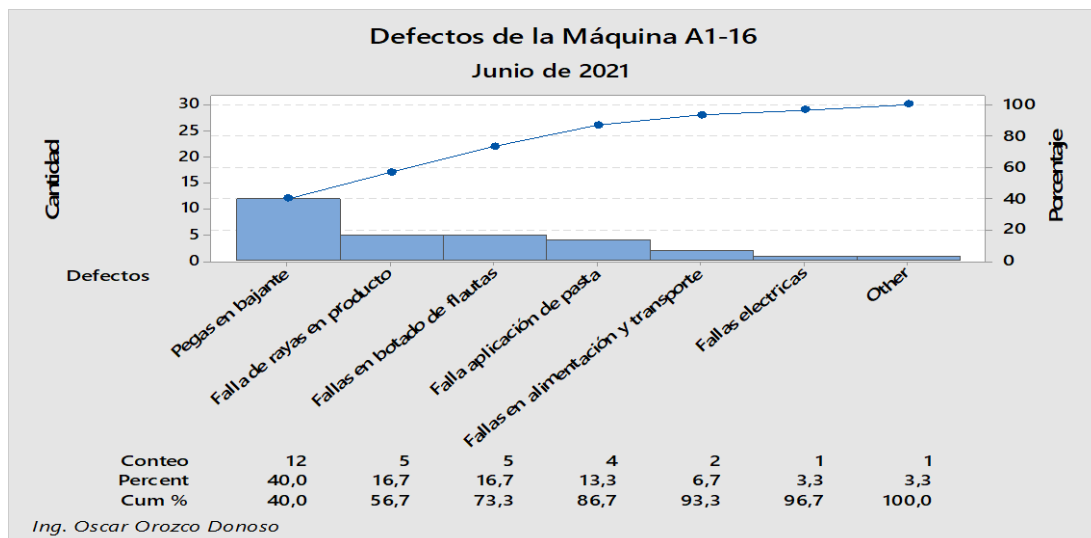


Ilustración 27

Defectos prensa CNC A1-16

La Ilustración 27 muestra que en el monitoreo realizado a la prensa A1-16, el defecto de aplicación de pasta es de un 13 %, por lo que se demuestra que las pistolas marca Zator son más eficientes en su funcionamiento.

3.2.2.5.2. *Tiempo y facilidad de mantenimiento.* En la Ilustración 28 se muestra la pistola de aplicación de pasta original.



Ilustración 28

Pistola de aplicación de pasta original

En la Ilustración 28 se observa una de las pistolas originales de la sección del engome de la prensa CNC A1-17. Esta es una de las 8 que proporciona durante el mes monitoreado un 32.5 % de las fallas en la aplicación de la pasta en el producto.



Ilustración 29

Pistola de aplicación de pasta marca Zator

La Ilustración 29 se muestra una pistola electromagnética de alta velocidad, la cual es la que se propone instalar en la sección del engome en la prensa CNC A1-17. Esta es la pistola que está equipada en la prensa CNC A1-16, con la cual se lleva a cabo la comparación de eficiencia, determinando que su porcentaje de fallas es más bajo que las originales que contiene la máquina en que se planea hacer la mejora y su implementación.

3.2.2.5.2.1. *Comparación de viabilidad.* Se lleva a cabo una comparación de viabilidad y se hace una comparación de cuánto se puede durar en realizar ajustes, cambios de formato y mantenimiento, esto permite demostrar la facilidad entre una pistola y otra. Hay que recordar que son ocho pistolas por sección de engome y los tiempos están tomados con base en eso.

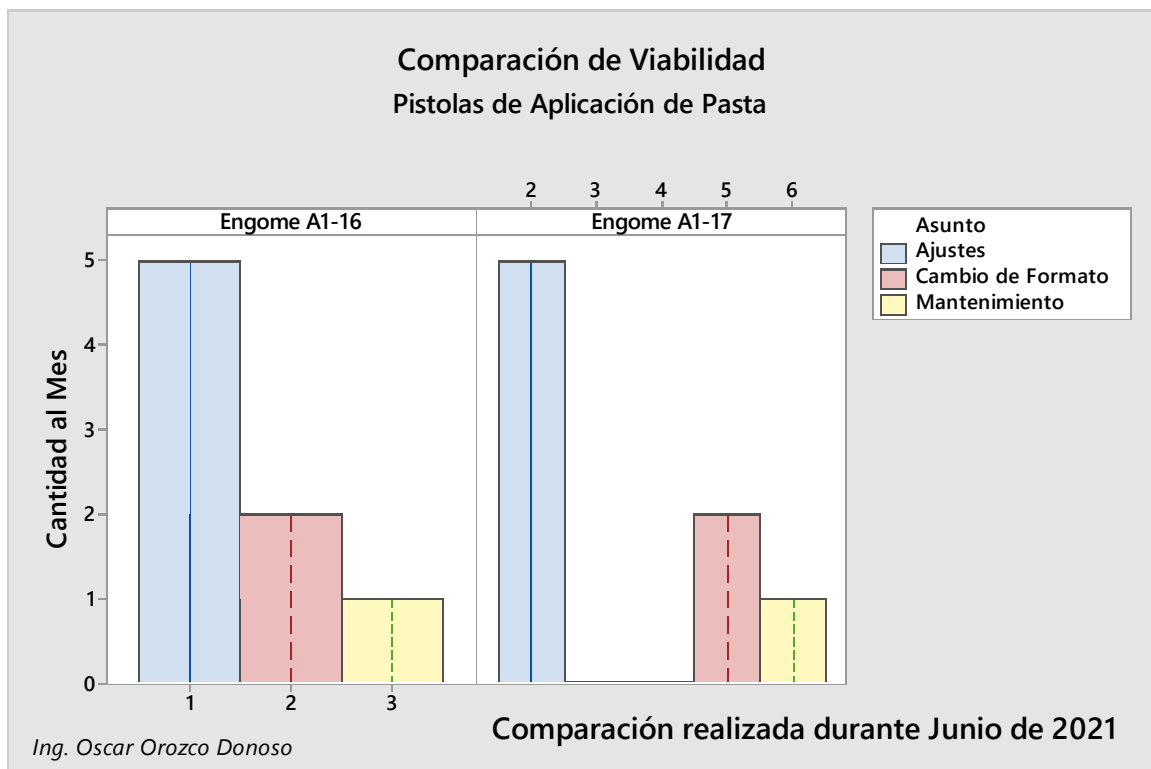


Ilustración 30

Comparación de viabilidad de pistolas

En el engome de la prensa CNC A1-16 durante junio de 2021 se llevan a cabo 5 ajustes, 2 cambios de formato y un mantenimiento y estos tienen un tiempo de duración de 1 hora, 2 horas y 3 horas respectivamente. En el engome de la prensa CNC A1-17 durante el mismo periodo se

realiza la misma cantidad de ajustes, cambios de formato y mantenimientos, con los que se obtienen tiempos de 2 horas, 5 horas y 6 horas respectivamente.

Con este análisis se puede determinar que la viabilidad entre ambos tipos de pistolas instaladas en las diferentes áreas de engome de las prensas CNC es a favor de las pistolas Zator de la prensa CNC A1-16. Lo anterior ya que los tiempos son mucho menores y eso contribuye con un gran ahorro de tiempo para los procesos productivos.

3.2.3. Analizar. A continuación, se detalla esta etapa.

3.2.3.1. Cálculo de esfuerzo cortante. Es necesario comprobar el esfuerzo cortante que soporta los pernos Parker de acero inoxidable 304 que juntan y presan la base de la pistola por implementar con la estructura de la máquina. Estos soportarán la fuerza centrífuga en el momento que el engome gire a 1100 rpm.

3.2.3.1.1. Plano del cálculo de esfuerzo cortante. En la Ilustración 31 se muestra el cálculo de esfuerzo cortante.

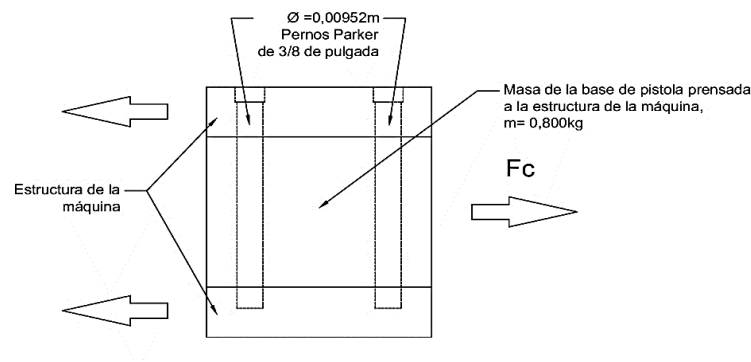


Ilustración 31

Cálculo de esfuerzo cortante

3.2.3.1.2. Datos iniciales. Los datos son los siguientes:

Masa de la base (m) = 0,800 kg.

Velocidad angular (ω) = 1100rpm = 115 rad/s.

Radio del centro del engome hasta el perno en la base (r)= 0,18 m.

Diámetro del tornillo (\emptyset)= 0,00952 m.

Radio del tornillo (r2)= 0,00476 m.

Área del tornillo (A).

Metros (m).

Newton (N).

3.2.3.1.3. *Fórmulas.* Las fórmulas son las siguientes:

- Fuerza centrífuga:

$$F_c = \frac{m \cdot v_t^2}{r}$$

- Velocidad tangencial:

$$v_t = \omega * r$$

- Esfuerzo cortante:

$$T = \frac{F_c}{2 * A}$$

3.2.3.1.4. *Cálculos.* Los cálculos son los siguientes:

- Cálculo de la velocidad tangencial (Vt):

$$v_t = 115 \text{ rad/s} * 0,18 \text{ m.}$$

$$v_t = 20,7 \text{ m/s.}$$

- Cálculo de la fuerza centrífuga (Fc):

$$F_c = \frac{0,800 \text{ kg} * \left(\frac{20,7 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{0,18 \text{ m}}$$

$$F_c = 1904,4 \text{ N}$$

- Cálculo del esfuerzo cortante (T):

$$T = \frac{1904.4N}{2 * \pi (0,00476)^2}$$

$$T = 13.7MPa.$$

3.2.3.1.5. *Resultado.* Cada perno o tornillo sufre un esfuerzo cortante de 13.7Mpa y su equivalencia es de 1,40 kg/mm². El material de los tornillos Parker es acero inoxidable 304, capaz de resistir 50 kg/mm² a la tracción.

3.2.3.2. *Planos de diseño de propuesta de mejora.* La base de la pistola diseñada está compuesta por 7 piezas, estas se conjuntan de forma que le brindan las distancias exactas y correctas a la pistola para que haga una aplicación correcta de la pasta. Cada pieza cumple una función primordial en los ajustes de espacio y movimiento para la pistola, de esta manera, se puede ajustar para cualquier formato que se produzca en la máquina. Además, se diseñó para que sea lo más amigable posible en su armado y desarmado, ahorrando tiempo valioso en las funciones de mantenimiento o ajuste.

La unión entre cada pieza es mediante pernos Parker de acero inoxidable 304 en diferentes diámetros, los cuales están especificados en los planos de cada pieza al igual que el material de estas. Se determinó que el material de cada pieza de la base para la pistola Zator sea acero AISI 1045, ya que es un material apto para la fabricación de elementos de máquinas por su dureza y sus esfuerzos máximos. Debido a sus propiedades, el efecto del ambiente en el cual estará cumpliendo su función de aplicación que se aplica en el producto no le permite oxidaciones, deformaciones ni deterioros, ya que la pasta contiene como solvente principal agua.

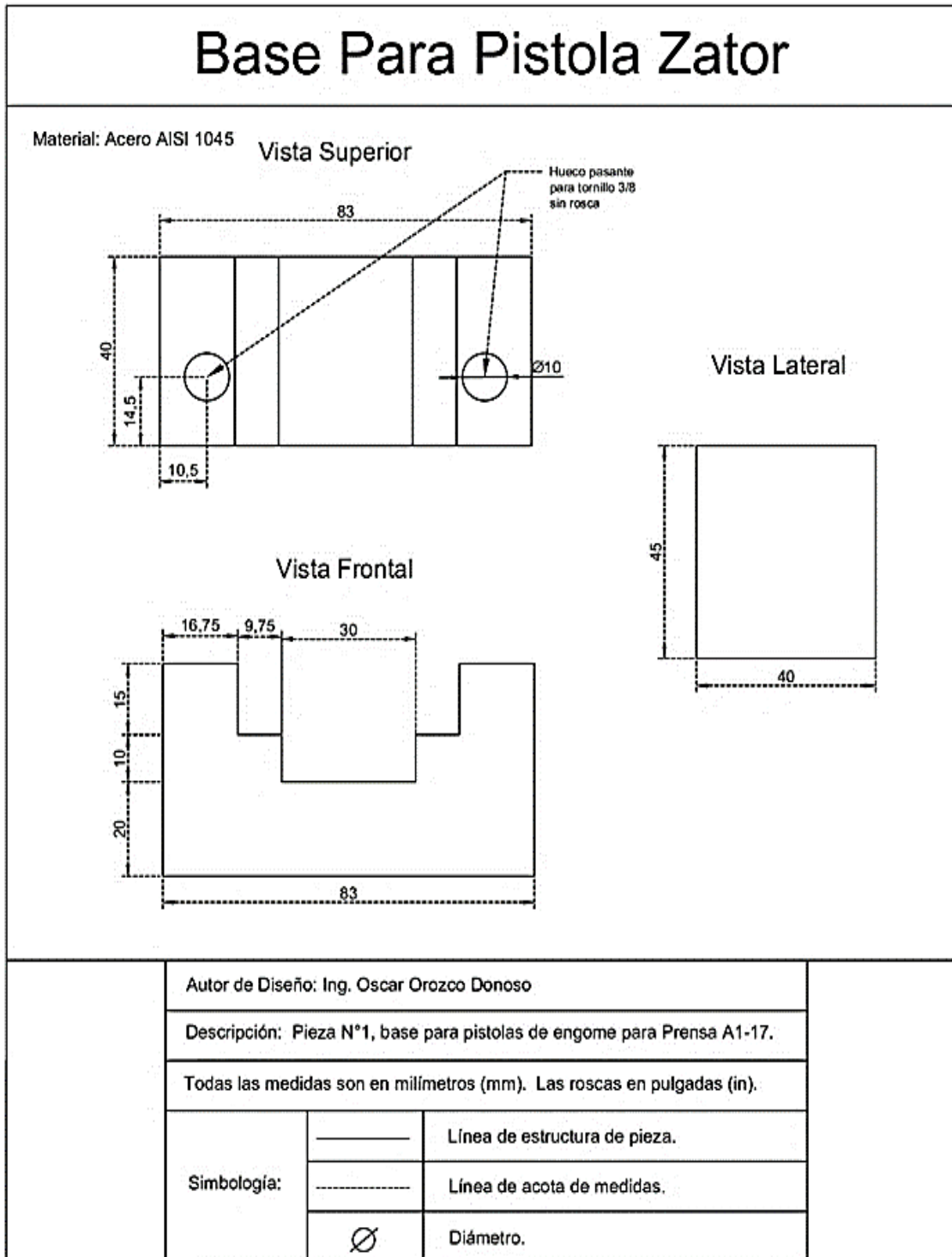


Ilustración 32

Plano de pieza n.º 1

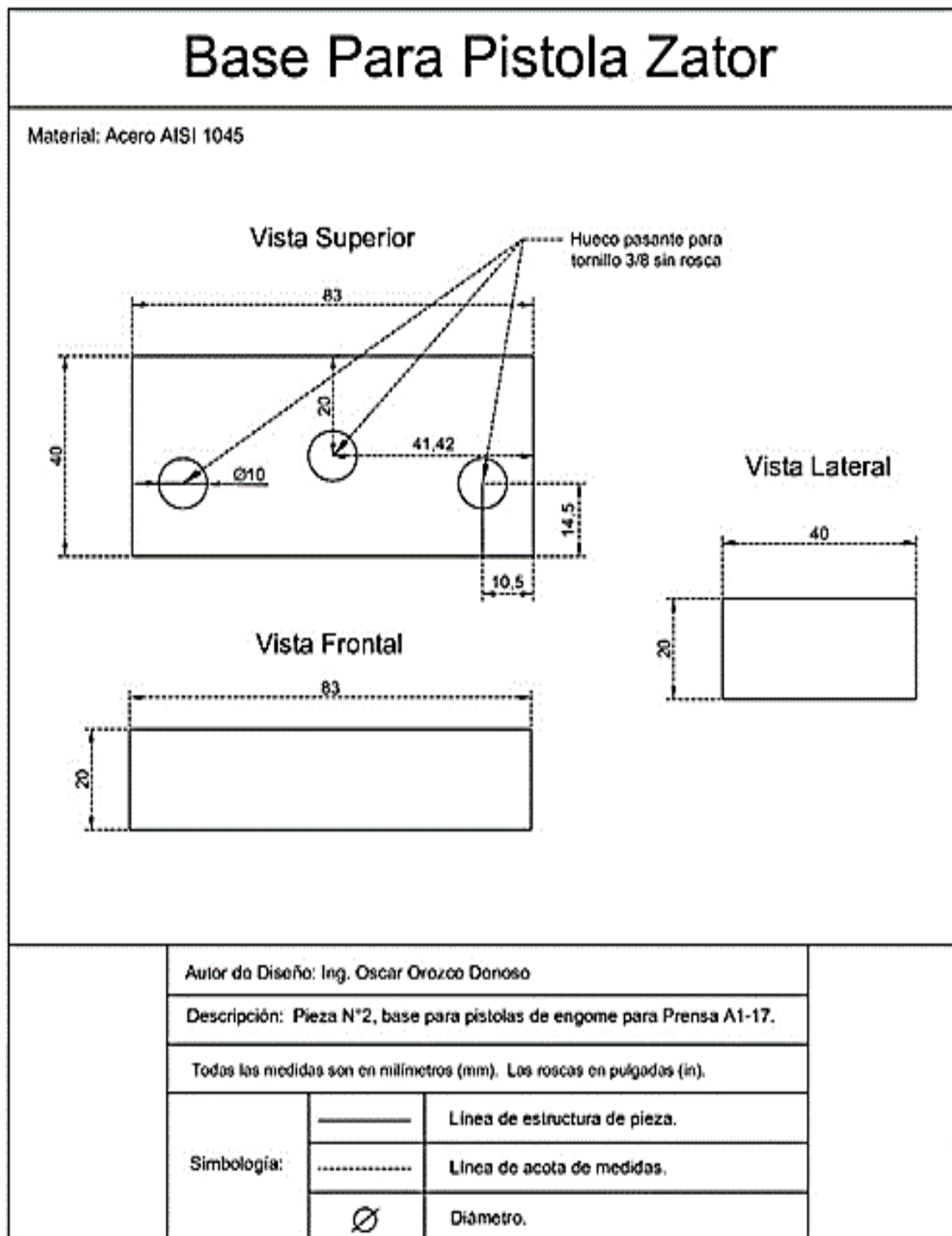


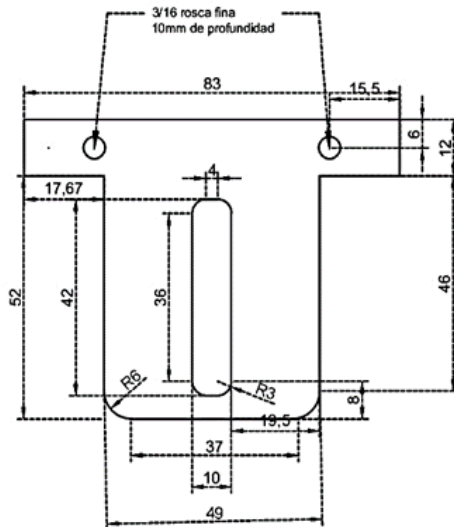
Ilustración 33

Plano de pieza n.º 2

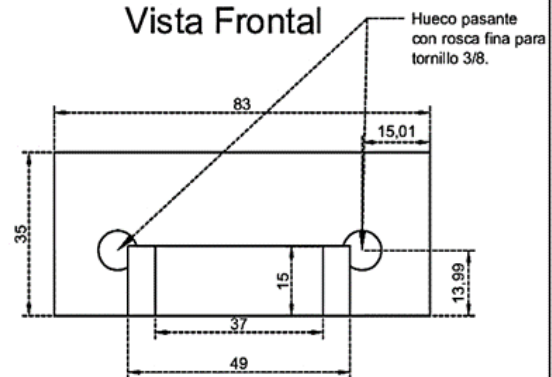
Base Para Pistola Zator

Material: Acero AISI 1045

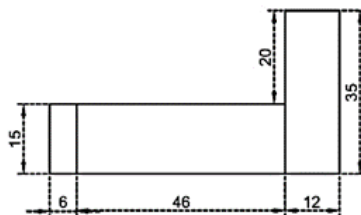
Vista Superior



Vista Frontal



Vista Lateral



Autor de Diseño: Ing. Oscar Orozco Donoso

Descripción: Pieza N°3, base para pistolas de engome para Prensa A1-17.

Todas las medidas son en milímetros (mm). Las roscas en pulgadas (in).

Simbología:

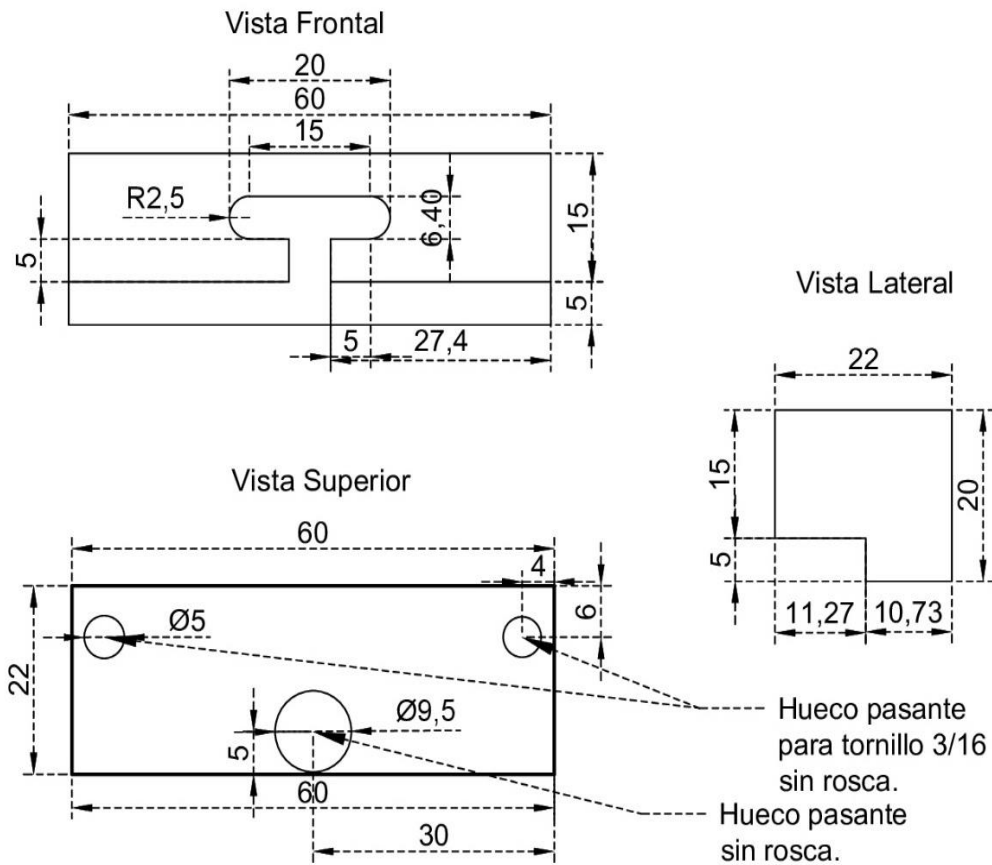
| | |
|--|-------------------------------|
| | Línea de estructura de pieza. |
| | Línea de acota de medidas. |
| | Diámetro. |

Ilustración 34

Plano de pieza n.º 3

Base Para Pistola Zator

Material: Acero AISI 1045



Autor de Diseño: Ing. Oscar Orozco Donoso

Descripción: Pieza N°4, base para pistolas de engome para Prensa A1-17.

Todas las medidas son en milímetros (mm). Las roscas en pulgadas (in).

Simbología:



Línea de estructura de pieza.



Línea de acota de medidas.



Diámetro.

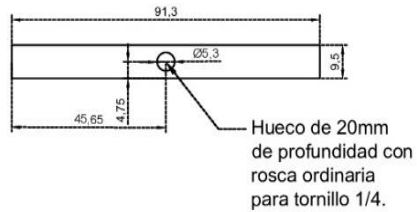
Ilustración 35

Plano de pieza n.º 4

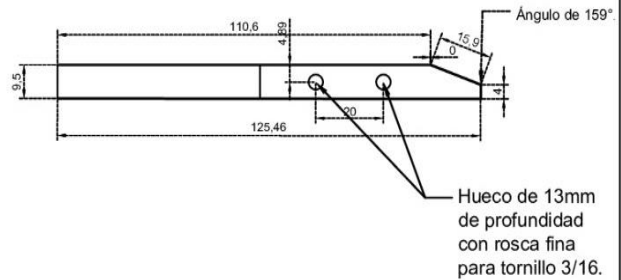
Base Para Pistola Zator

Material: Acero AISI 1045

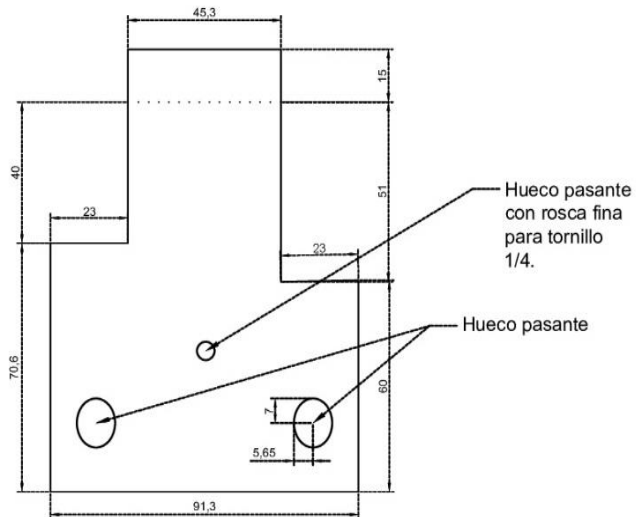
Vista Frontal



Vista Lateral



Vista Superior



Autor de Diseño: Ing. Oscar Orozco Donoso

Descripción: Pieza N°5, base para pistolas de engome para Prensa A1-17.

Todas las medidas son en milímetros (mm). Las roscas en pulgadas (in).

Simbología:

| | |
|--|-------------------------------|
| | Línea de estructura de pieza. |
| | Línea de acota de medidas. |
| | Diámetro. |

Ilustración 36

Plano de pieza n.º 5

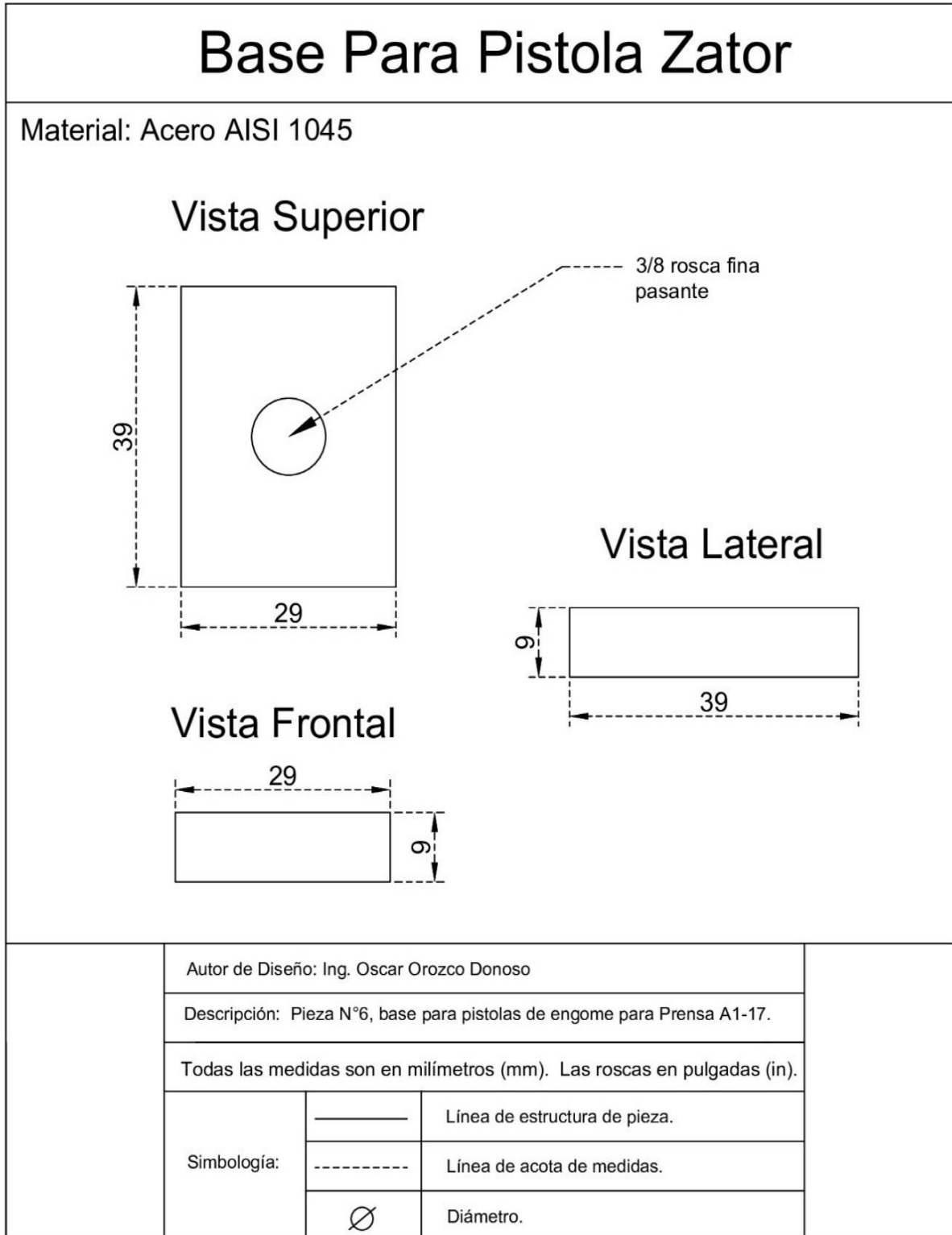


Ilustración 37

Plano de pieza n.º 6

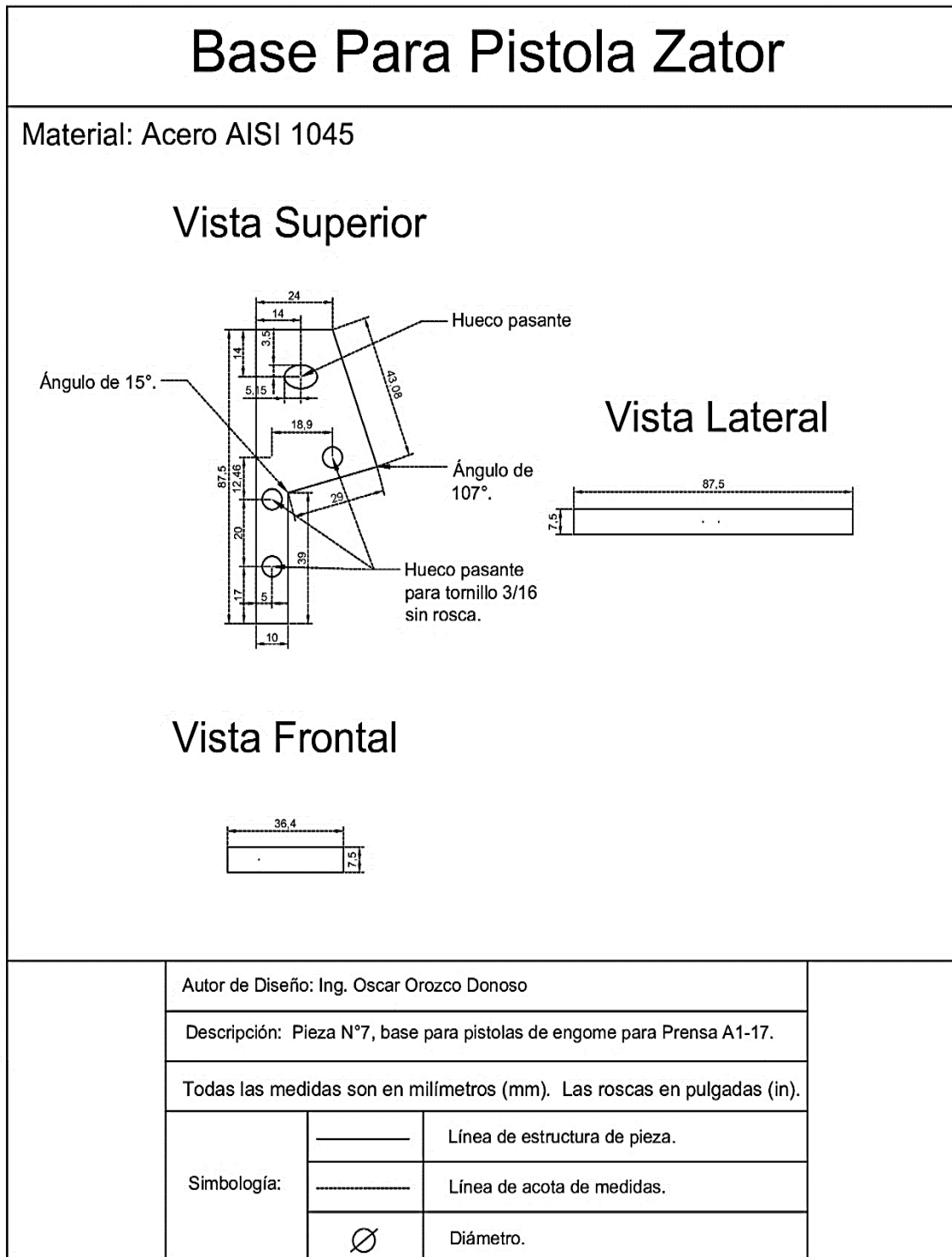


Ilustración 38

Plano de pieza n.º 7 implementar

Después de la fabricación de las siete piezas que conforman la base de la pistola de aplicación de pasta marca Zator, se procede por llevar a cabo la prueba de funcionamiento de esta para lo cual se define un mes de tiempo. Durante este mes se monitorea el funcionamiento y eficiencia de la base junto con la pistola implementada, de esta forma, se podrá obtener como resultado si el prototipo diseñado es factible o no para la sección de engome en la prensa CNC A1-17.

3.2.3.3. Imágenes de la implementación. Primero se procede con el desensamble de la sección del engome de la prensa CNC A1-17 para separar la base de las pistolas originales de la máquina y colocar la base de la pistola Zator por implementar como prueba. Además, se colocan y se arman las piezas número 1, 2, 3 y 4 en la estructura de la máquina.

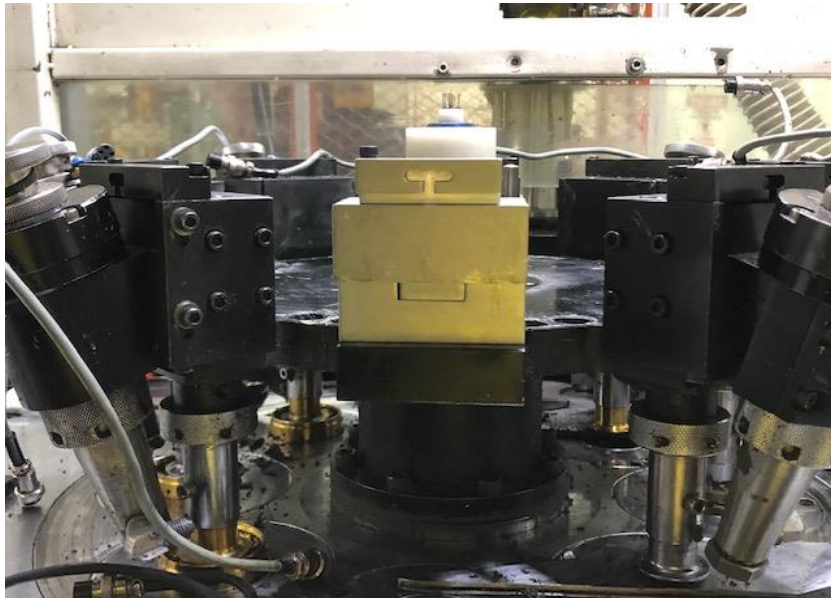


Ilustración 39

Implementación 1

Se vuelve a ensamblar toda la estructura superior de la sección del engome de la prensa CNC ya con las piezas 1 y 2 armadas y prensadas en esta.



Ilustración 40

Implementación 2

Se amarra la base con pernos de $\frac{3}{8}$, desde la estructura superior hasta la estructura inferior de la máquina, de manera que, estas piezas queden fijas y sin ningún movimiento. Se adjunta la pieza número 6 y 3 para probar su movimiento de ajuste horizontal para la pistola.

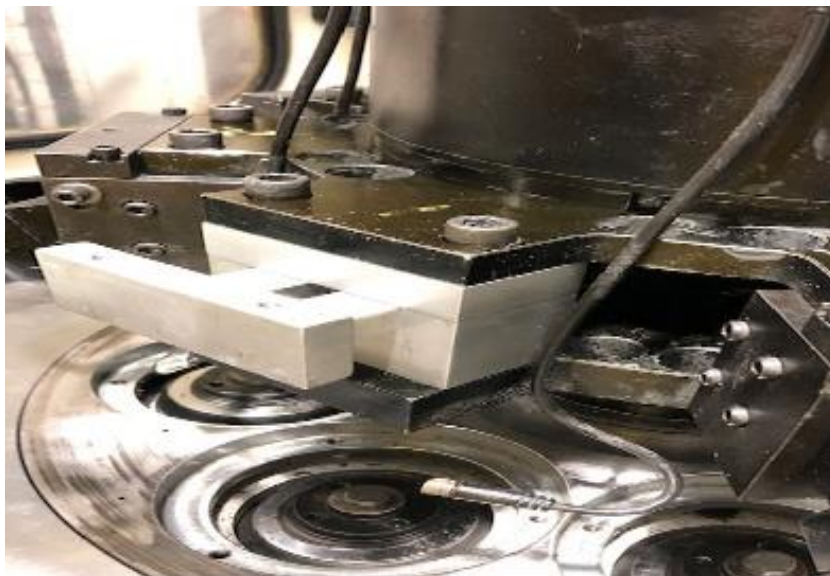


Ilustración 41

Implementación 3

Se coloca la pieza número 4 en la pieza número 3 y se prensa con pernos de 3/16, también se colocan las piezas número 5 y 7 con la pistola Zator implementada en ellas en la base colocada en la estructura de la máquina.



Ilustración 42

Implementación 4

Se coloca el perno de ajuste horizontal de la base de la pistola, este cumple la función de que la pistola pueda tener varios ajustes de posición horizontal para los diferentes formatos de producto que se manejan en la máquina cuando se afloja. De esta forma, se le permiten varios rangos de movimiento a la pieza n.º 3.

Además, se inserta la manguera de la pasta o compuesto en la entrada de la pistola Zator y también la conexión de energía a la bobina de esta misma. Se ajusta la posición de la pistola junto con toda la base acorde al formato que se producirá para que esta pueda llevar a cabo la prueba de aplicación de pasta, de forma correcta.

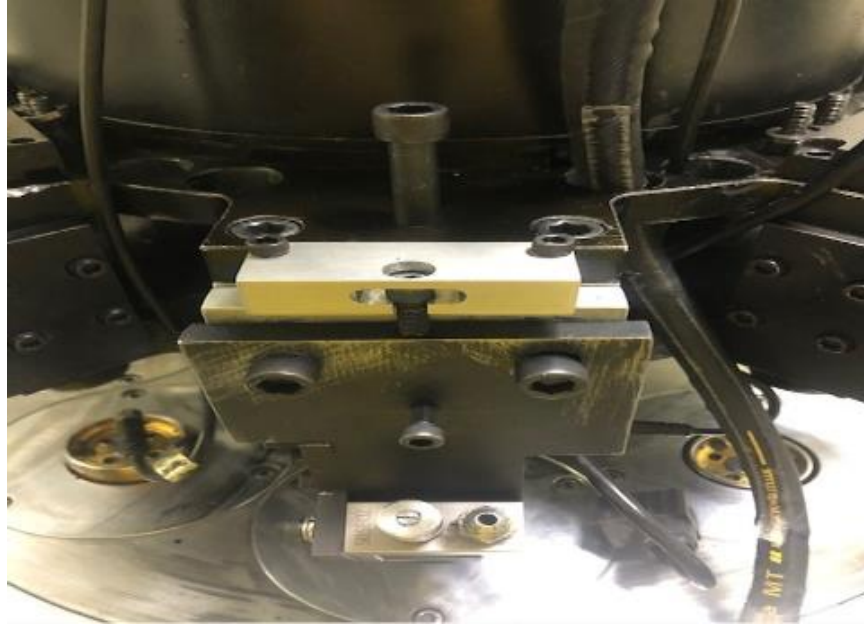


Ilustración 43
Implementación 5



Ilustración 44
Implementación 6

Se ensamblan las siete pistolas restantes originales de la máquina y se prepara la prensa CNC para empezar la producción y la prueba de la implementación de la pistola Zator en la sección de engome. Esta es monitoreada y con mediciones de rendimientos y eficiencia.

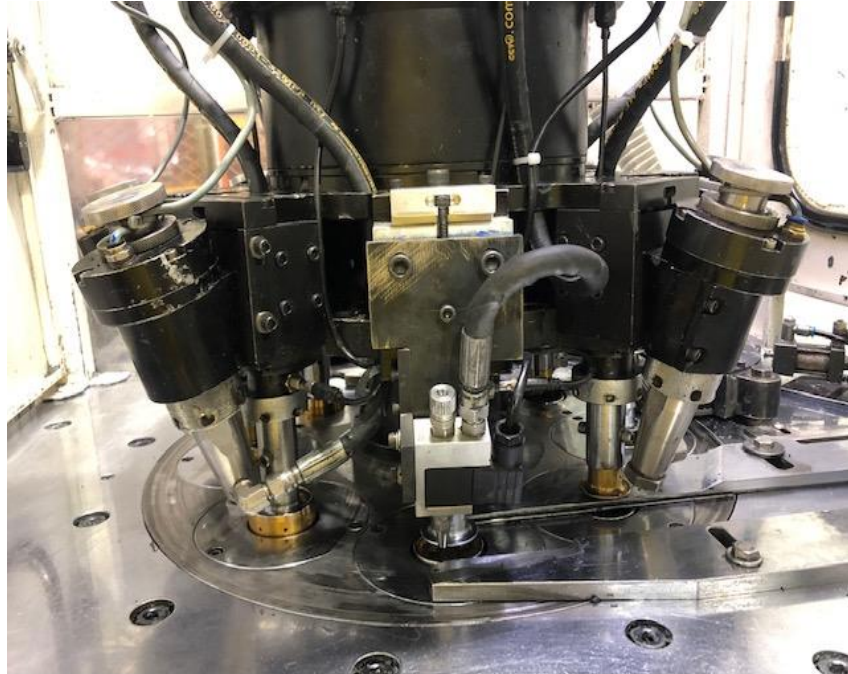


Ilustración 45

Implementación 7

3.2.4. Controlar. A continuación, se detalla esta etapa.

3.2.4.1. Productividad. Durante el mes de control de resultado de la implementación hay 3 formatos en producción en la máquina. Estos son tapas de formato 202 el día 1 al 3, 206 del día 4 al 8 y 200 del día 9 al 30, teniendo estos metas de producción por turno (8 horas) de 525.000, 547.251 y 520.000 respectivamente.

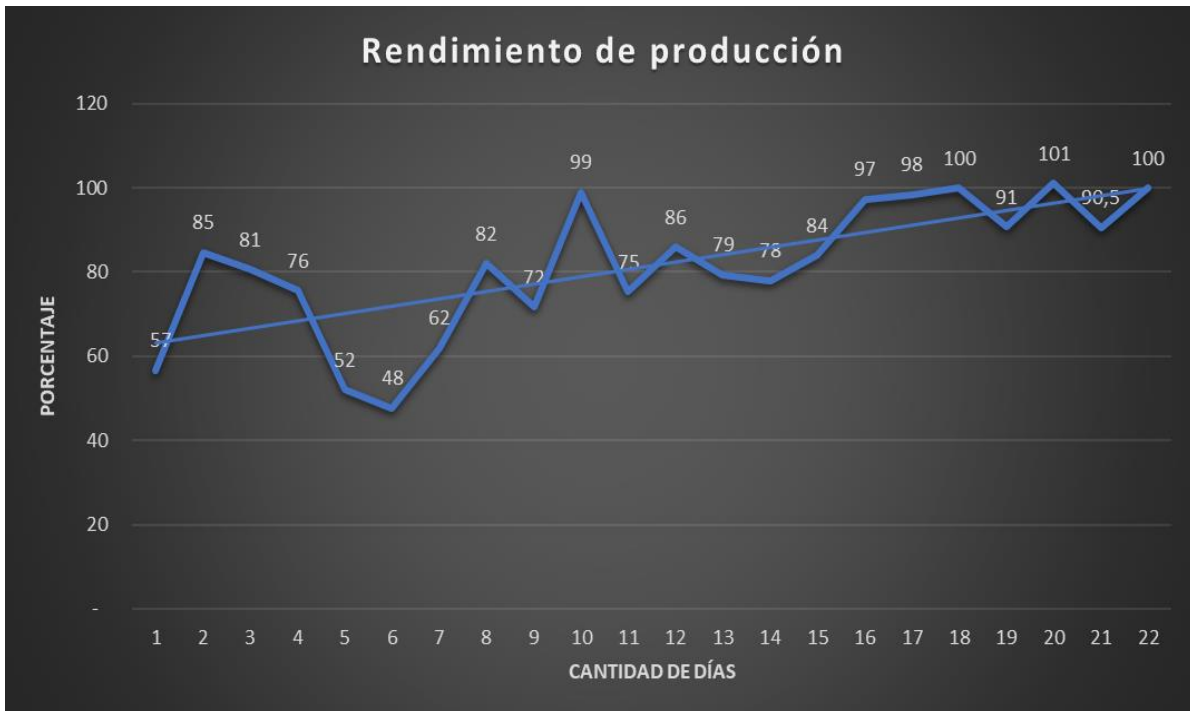


Ilustración 46

Control de producción

Como se muestra en la Ilustración 46, hay una tendencia en aumento del rendimiento conforme avanza el mes, esto se debe a las mejoras implementadas. El promedio del rendimiento de producción es de 83 % en 22 días de funcionamiento, en el cual lo establecido como aceptable es que el rendimiento de producción esté mayor a 85 %.

3.2.4.2. Calidad. En la Ilustración 47 se mide la calidad del producto en la prensa CNC y se toma de referencia la cantidad producida y la cantidad de producto rechazado por defectos de calidad durante el control de la implementación realizada.

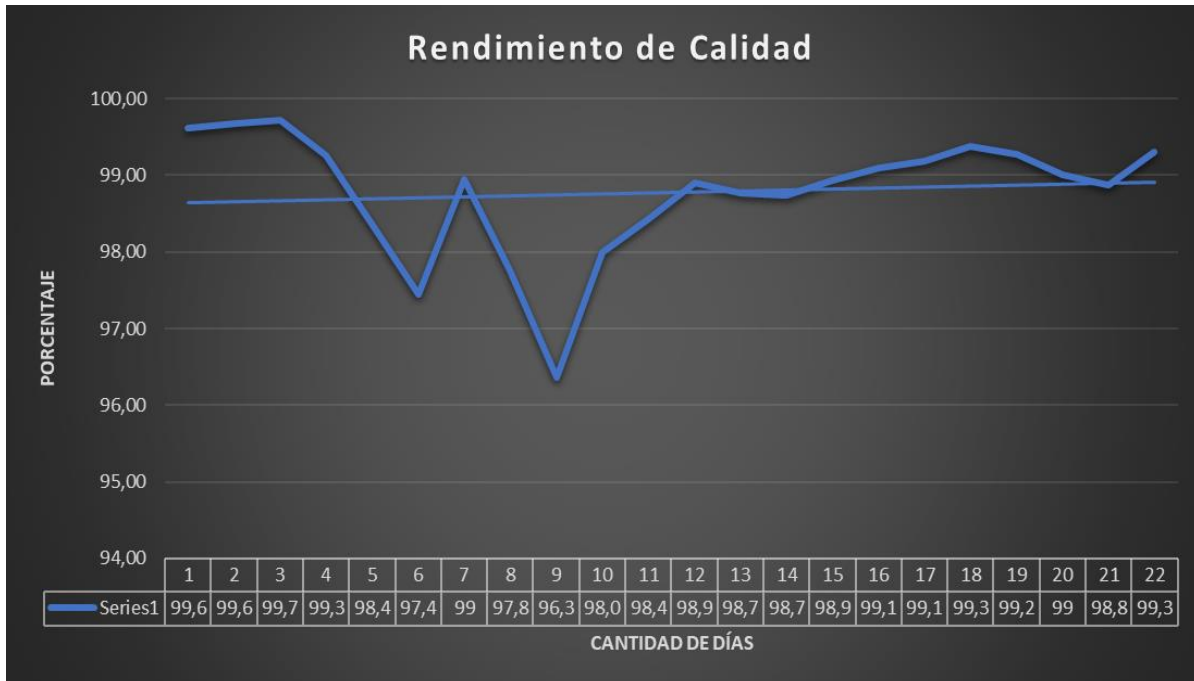


Ilustración 47

Control de calidad

En el gráfico se presenta como resultado que el promedio de la calidad durante el control de la prueba de la implementación es de 98.77 %. Se reduce en un 0.23 % la calidad de acuerdo con la que se da como resultado en el monitoreo de medición del funcionamiento de la prensa CNC A1-17.

El día 9 se puede observar una caída de la calidad, la cual se presenta debido a pruebas en la máquina, las cuales no son relacionadas con el área en la que se lleva a cabo la implementación del presente proyecto. Sin embargo, la línea de tendencia demuestra una leve mejora conforme el avance del mes.

3.2.4.3. Eficiencia del equipo (OEE). Mediante las mediciones de la disponibilidad, rendimiento de producción y el rendimiento de calidad se determina la eficiencia de la prensa A1-17 durante el mes de control de la prueba de implementación de la pistola Zator. Siempre se establece que mayor a 85 % es muy aceptable, de 60 % a 85 % aceptable y menor a 60 % es inaceptable.

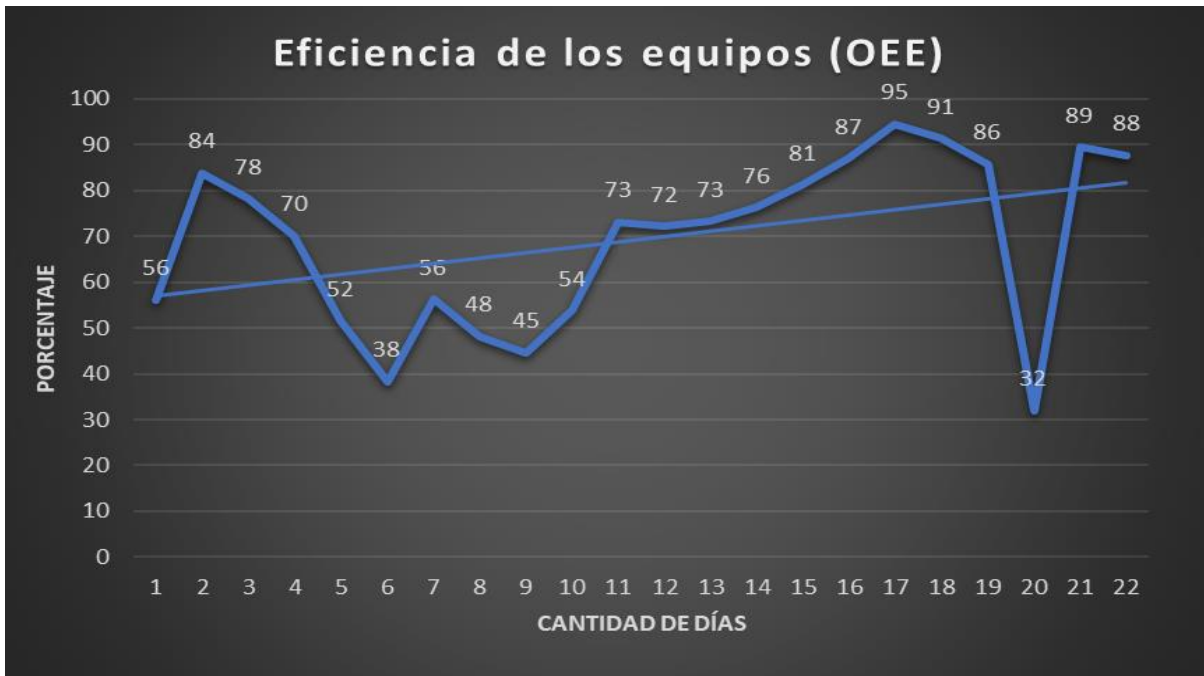


Ilustración 48

Control de eficiencia de los equipos

En la Ilustración 48 se determina que el promedio de la eficiencia de la prensa CNC A1-17 con la prueba implementada es de un 69 %, estando este en el rango de aceptable, la eficiencia de los equipos subió un 6 %. Según la línea de tendencia, se aprecia que hay un gran aumento en la eficiencia hacia los últimos días del mes de control. Además, se observa que el día 20 hay una eficiencia de un 32 % cuando en la tendencia de los días cercanos era mayor a 85 %, esto se presenta porque ese día en específico se terminó la materia prima en la máquina. Lo anterior genera que la prensa CNC no esté en funcionamiento durante el resto del día, trabajando solo 2 horas, lo que da como resultado una disponibilidad muy baja y como consecuencia la eficiencia presentada.

3.2.4.4. Resultado de costos de producción. En la Tabla 3 se presentan los resultados.

Tabla 3

Control de costos de producción

| Costos de Producción Prensa CNC A1-17 Julio 2021 | | | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| Tapa de formato 200 | | Tapa de formato 202 | | Tapa de formato 206 | |
| Unidades Producidas | 17 624 970 | Unidades Producidas | 4 163 895 | Unidades Producidas | 741 750 |
| Unidades Rechazadas | 196 347 | Unidades Rechazadas | 23 607 | Unidades Rechazadas | 5 160 |
| Horas de Paros por Defectos | 39,49 | Horas de Paros por Defectos | 7,59 | Horas de Paros por Defectos | 0,84 |
| Costo por Unidad | \$ 0,0113 | Costo por Unidad | \$ 0,0134 | Costo por Unidad | \$ 0,0139 |
| Costo Unidades Producidas | \$ 199 338,41 | Costo Unidades Producidas | \$ 55 712,92 | Costo Unidades Producidas | \$ 10 332,58 |
| Costo Unidades Rechazadas | \$ 2 220,68 | Costo Unidades Rechazadas | \$ 315,86 | Costo Unidades Rechazadas | \$ 71,88 |
| Costo Horas Paros por Defectos | \$ 33 178,37 | Costo Horas Paros por Defectos | \$ 7 939,38 | Costo Horas Paros por Defectos | \$ 877,59 |
| Costos de Produccion | \$ 197 117,73 | Costos de Produccion | \$ 55 397,05 | Costos de Produccion | \$ 10 260,70 |
| Costo Horas Paros por Defectos Total | \$ 41 995,34 | | | | |
| Costo Total Unidades Rechazadas | \$ 2 608,43 | | | | |
| Costo Total Rechazadas y Paros | \$ 44 603,76 | | | | |

Como resultado del control de la implementación se obtiene que los costos totales por unidades rechazadas y por paros de máquina no previstos en la línea de producción de la prensa CNC A1-17 es de \$44,603, este es de \$3,836 menos que en el monitoreo antes de implementar la prueba de la pistola Zator. Además, se puede apreciar que las unidades producidas aumentaron en comparación con el mes de medición antes de la implementación y las horas de paros por defectos se disminuyeron. Asimismo, los costos disminuyen con el diseño implementado en la máquina, esto es importante para la empresa.

3.2.4.5. Resultado de defectos en control de implementación. A continuación, se presenta un gráfico que indica los defectos que se presentaron durante el monitoreo del mes de control del funcionamiento de la implementación de la prueba de pistola Zator en la prensa CNC A1-17.

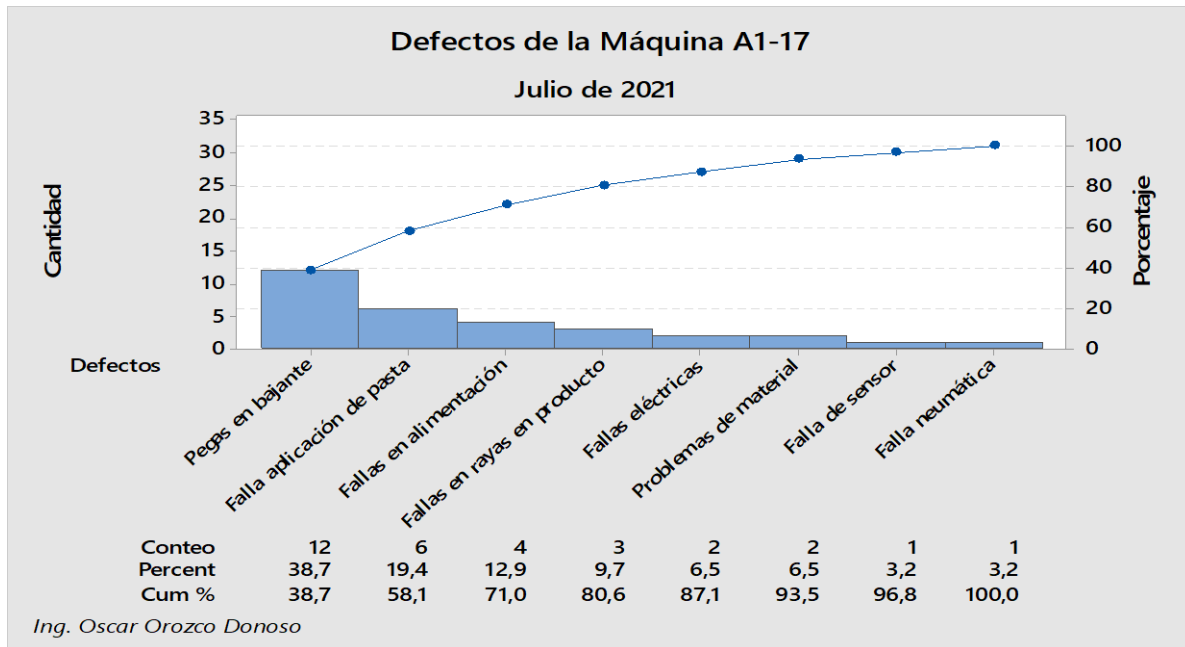


Ilustración 49

Control de defectos

Como se observa en la Ilustración 49, el defecto que pretende erradicar el presente proyecto, el cual es la falla en aplicación de pasta, se disminuye en su presencia en tiempos de paros en la máquina; esto con solo una de las 8 pistolas Zator implementadas como prueba. Por lo tanto, se logra pasar de ser un 32.5 % de fallas en la prensa CNC durante junio sin la implementación a un 19.4 % en julio con la implementación en funcionamiento.

Es importante destacar que la implementación de la prueba se llevó a cabo en la pistola #1 del área de engome, la cual es la que más presentaba defectos. Los 6 paros por defectos en falla de aplicación de pasta que se muestra en el gráfico se presentaron aleatoriamente en las restantes 7 pistolas originales de la prensa CNC.

3.3. Análisis de resultados

El uso del OEE como indicador de la eficiencia de la línea define que esta aumentó el promedio del mes de monitoreo de 63 % antes de la implementación de la prueba de pistola Zator en la prensa CNC a un 69 % en control del funcionamiento de la prueba. También indica que hubo una mejora en el rendimiento de producción de un 76 % en junio a un 83 % en julio de 2021.

En los fallos de la línea en junio, se observa que el 32.5 % está concentrado en el área del engome donde los paros son causados por la aplicación de la pasta en las tapas. Una vez implementada la prueba de mejora se determina en el mes de control que esta área de defecto se reduce a un 19.4 % del total de fallas durante julio.

Esto ocasiona en costos de pérdidas por producto rechazado y tiempo de paros no previstos del mes de junio de monitoreo de la máquina sin implementación, pasando de \$48,439 a \$44,603 en julio durante el monitoreo de la prueba implementada y funcionando. Durante junio fue de un 32.5 % las fallas de aplicación de pasta en costos de \$15,742, pasando al mes de julio a un 19.4 % con costos de \$8,697, por lo que se presentó una gran reducción con solo una pistola implementada como prueba de 8 posibles.

En cuanto a porcentajes de calidad o producto rechazado de junio, antes de llevar a cabo la implementación de la pistola Zator hay un 99 % en promedio, pasando a un 98.77 % de calidad en julio. Por consiguiente, se determina que hay una leve baja en el rendimiento de calidad, mas no se ocasiona por el área de aplicación de pasta, sino por otra área y defectos de la prensa CNC.

Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusión

Con base en las investigaciones cabe destacar que es importante la eficiencia de los equipos en máquinas en los procesos de líneas de producción. Lo anterior ya que ayuda para medir sus diferentes rendimientos y determinar fallas o defectos de forma eficiente.

Gracias al estudio de la eficiencia de los equipos y el método DMAIC de la metodología Six Sigma realizado en la prensa CNC A1-17 de producción de tapas y fondos para envases de hojalata, se puede concluir que sí es posible llevar a cabo mejoras en la línea, de forma sencilla y eficiente. Mediante el análisis de cada proceso del método, se obtienen los datos específicos y necesarios del área de estudio en el proceso y las características principales de la máquina.

A partir de lo anterior se proyecta que una vez implementadas las ocho pistolas en el área de engome de la máquina, se generarán grandes resultados en eficiencia y disminución significativa en costos para la empresa. Por lo tanto, la compañía podrá suplir las demandas a sus clientes con mayor facilidad y calidad.

4.2. Recomendaciones

Al finalizar la investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda seguir con un control y análisis de eficiencia de la implementación de mejora de las pistolas Zator en su funcionamiento. Esto ya que, al ser una mejora con poco tiempo, todavía se desconoce su rendimiento a largo plazo y prolongado tiempo de funcionamiento.
- Es necesario un buen mantenimiento, control de desgaste y limpieza del cepillo limpiador de las boquillas de las pistolas, ya que este prevé que haya obstrucciones y ocasionen una mala aplicación de la pasta en el producto.
- Es importante llevar a cabo y mantener un buen mantenimiento con fechas y tareas establecidas de acuerdo con las indicaciones del fabricante para un funcionamiento correcto y vida útil prolongada de las pistolas Zator implementadas como mejora en la prensa CNC A1-17.

Bibliografía

- Área Tecnología. (s. f.). *¿Qué es la neumática?* <https://www.areatecnologia.com/que-es-la-neumatica.htm>
- Aula21. (2020). *Qué es la Neumática Industrial*. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-neumatica-industrial/>
- Blandón Zeledón, W. y Bravo Tórrez, J. (2020). *Elaboración de un módulo didáctico con un sistema de llenado automatizado de bebidas, dirigido al uso en los laboratorios de ingeniería electrónica de la Unan-Managua RURD*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <https://repositorio.unan.edu.ni/13676/1/13676.pdf>
- Bolívar, F. (2012). *Módulo control numérico computarizado*. Universidad Nacional Abierta. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4883/Modulo%20Control%20Numerico%20Computarizado.pdf?sequence=1>
- Calderón Sánchez, K., Criado Vega, H. y García Arboleda, O. (2011). *propuesta de mejoramiento de la estructura de costos mediante un aplicativo para el proceso de manufactura de bases blancas de una empresa del sector de acabados arquitectónicos*. Universidad San Buenaventura Cali. http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/735/1/Propuesta_Empresa_Arquitectonicos_Calder%C3%B3n_2011.pdf
- Castellnou, R. (2018, 25 de junio). *¿Qué es la contabilidad de costos y cuáles son sus objetivos?* Captio. <https://www.captio.net/blog/definici%C3%B3n-y-objetivos-de-la-contabilidad-de-costes>
- Castrillón Rodríguez, T. (s. f.). *Descripción envase metálico*. <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wp/DC8FABEC4A8787F2C1256F250063FAA8?Opendocument>
- Conceptos Ingeniería Industrial. (2016, 12 de febrero). *Ingeniería estándar*. <https://conceptosingenieraindustrial.wordpress.com/2016/02/12/ingenieria-estandar/>

Contabilidae. (2018). *Contabilidad financiera: concepto, importancia y ejemplos*.

<https://www.contabilidae.com/contabilidad-financiera-2/>

De máquinas y herramientas. (2018). *Introducción a la tecnología CNC*.

<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

De Souza, I. (2019). *Descubre qué es el diagrama de Pareto y sus múltiples utilidades*. Rock

Content. <https://rockcontent.com/es/blog/diagrama-de-pareto/>

Economia.org. (s. f.). *Definición de mantenimiento*.

<https://economia.org/mantenimiento.php#:~:text=Se%20denomina%20mantenimiento%20al%20procedimiento,para%20bienes%20f%C3%ADsicos%20como%20virtuales.>

EcuRed. (s. f.). *Automatización*. <https://www.ecured.cu/Automatizaci%C3%B3n>

Elizondo Picado, K. (2018). *Rediseño de la instalación eléctrica de la planta de envases*

Comeca, S. A. Instituto Tecnológico De Costa Rica.

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10083/redise%c3%b1o_instalacion_electrica_planta_evanses_comeca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gb advisors. (2017, 28 de noviembre). *Automatización de procesos: ventajas y desventajas*.

<https://www.gb-advisors.com/es/automatizacion-de-procesos/>

Industrial Vima. (2020, 14 de octubre). *¿Qué es la neumática industrial?*

<https://industrialvima.es/2020/10/14/que-es-la-neumatica-industrial/>

JB Logística. (2020, 27 de julio). *Contabilidad analítica*.

<http://www.jblogistica.es/notas/contabilidad-analitica.html>

Kanban Tool. (2020). *Eficiencia general de los equipos*. [https://kanbantool.com/es/guia-](https://kanbantool.com/es/guia-kanban/eficiencia-general-de-los-equipos)

[kanban/eficiencia-general-de-los-equipos](https://kanbantool.com/es/guia-kanban/eficiencia-general-de-los-equipos)

Kanban Tool. (s. f.). *¿Qué es la Eficiencia General de los Equipos (OEE)?*

<https://kanbantool.com/es/guia-kanban/eficiencia-general-de-los-equipos>

- Licea Alcázar, J. y Román Sotelo, L. (2005). *Microeconomía*. <https://qdoc.tips/toma-de-decisiones-1355-pdf-free.html>
- Mantenimiento Petroquímica. (2014). *Explicación del mantenimiento predictivo*. <http://www.mantenimientopetroquimica.com/mantenimientopredictivo.html>
- Navarrete, A. (2014, 05 de noviembre). *Automatización de procesos en la empresa*. Gestipolis. <https://www.gestipolis.com/automatizacion-de-procesos-en-la-empresa/>
- Nuño, P. (2018, 06 de febrero). *¿Qué es la contabilidad?* Emprende pyme.net. <https://www.emprendepyme.net/que-es-la-contabilidad.html>
- Operación Gadget. (2017). *Análisis de costos*. <https://operaciongadget.blogspot.com/2017/11/55-analisis-de-costos.html>
- Pellegero Ponsa, X. (2015). *Aplicación de la metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad*. Universitat de Vic. http://repositori.uvic.cat/bitstream/handle/10854/4096/trealu_a2015_pellegero_xavier_aplicacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Redacción APD. (2019, 27 de agosto). *Lean Six Sigma: ¿Cómo funciona esta metodología para reducir fallos?* <https://www.apd.es/lean-six-sigma-como-funciona/>
- Renovetec. (2018). *Tipos de mantenimiento*. <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Torras Suministros Industriales. (s. f.). *La neumática industrial y sus aplicaciones*. <https://www.suministrostorras.com/canal-actualidad/la-neumatica-industrial-y-sus-aplicaciones--103.html>
- Uzurieta, G. (2007, 16 de mayo). *Análisis de los costos de producción en la empresa*. Gestipolis. <https://www.gestipolis.com/analisis-de-los-costos-de-produccion-en-la-empresa/>