



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACIÓN

*INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN
EL PROCESO DE MAQUINADOS DE
PIEZAS EN MAQUINADOS ROLDÁN*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

*JESÚS ARMANDO AGUILAR
MARTÍNEZ*

ASESOR

*MIP. MARÍA ESMERALDA
ESPARZA MUÑOZ*



2023
AÑO DE
**Francisco
VILA**

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

CAPITULO 1: PRELIMINARES

Agradecimientos.

Agradezco a dios quien me ha dado la oportunidad de seguir adelante, no tener que ver hacia atrás, nunca es tarde para retomar el camino del aprendizaje y lograr las metas que te propones.

A mi esposa quien apoyo con su amor, paciencia y sabiduría para seguir adelante con la formación profesional.

A mis hijos que me ven como ejemplo a seguir, dejando un ejemplo claro de que tienen que ser mejores que su papá, se tiene que preparar para ser productivos en la sociedad.

A mis compañeros de trabajo que me escucharon y comprendieron el motivo de mi superación, dejando como ejemplo que si quieres lo intentes.

A mis maestros que siempre han sido un impulso para salir adelante académicamente y obtener las herramientas necesarias para enfrentar los retos en el ámbito laboral. La paciencia con que explican y atienden las dudas para lograr los objetivos durante el proceso de la enseñanza.

Al dueño de la empresa Maquinados Roldán que me brindaron la oportunidad de realizar el trabajo de titulación.

A mis padres que en el cielo están y saben que reto que me propongo reto que cumplo, soy el primer de los doce hermanos que cursa una ingeniería.

Resumen.

El estudio de los procesos de producción es algo que en la actualidad es de suma importancia, el compromiso que se tiene con los proveedores, clientes, personal de la empresa es de relevancia, dado que en la actualidad el mercado en estos tiempos es muy amplio y es la razón por la que la empresa está comprometida en seguir los lineamientos de la calidad que solicita el cliente.

La empresa Maquinados Roldán, es una empresa que se dedica a la elaboración de maquinado de piezas, cuenta con más de cien clientes y actualmente está comprometida con la mejora continua para garantizarle al cliente buena calidad, buen costo y una entrega en tiempo.

El personal de producción conoce la importancia de realizar la operación de acuerdo a las indicaciones que se le dan, para la fabricación de las piezas a maquinar, ellos tienen la confianza de preguntar si tiene duda sobre el diseño, saben que un error en las indicaciones de la máquina CNC, puede traer consecuencias serias en el producto.

Los productos que se fabrican son piezas a las que se les invierte varias horas productivas, por ejemplo, la producción de una sola pieza, puede durar un tiempo de al menos 20 horas, por lo tanto, un error en la producción, tiene un impacto demasiado relevante, dado que puede afectar en una entrega en tiempo al cliente.

En el estudio del proceso de producción en Maquinados Roldán se aplicaron herramientas de calidad que facilitan la comprensión para implementar mejoras necesarias y evitar que se repitan los mismos problemas, por lo tanto se identificaron diferentes problemáticas actuales y mediante las herramientas y metodologías conocidas y aprendidas se realizó un proyecto de mejora continua, en el que los resultados fueron alcanzados que fue la estandarización de procedimientos y reducción de tiempos muertos.

Índice

CAPITULO 1: PRELIMINARES.....	2
Agradecimientos.	2
Resumen.	i
Índice	ii
Índice de Tablas	iv
Índice de figuras	v
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
Introducción	1
Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.	2
Problemas a resolver, priorizándolos.....	5
Justificación	8
Objetivos (General y Específicos).....	9
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	11
Marco Teórico (fundamentos teóricos).....	11
Diagrama de flujo o recorrido	11
Lluvia de ideas.....	12
Diagrama de causa efecto Ishikawa	15
Método de las 6 M	17
Método tipo flujo del proceso	20
Método de estratificación o enumeración de causas	21
PDCA	23
Hoja ruta.....	26
5´S (selección, orden y limpieza).....	26
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	30
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	30
Desarrollo de la metodología PDCA	31
Planear.	31
Análisis de la línea de producción	31
Procedimiento de producción	33

<i>Causas y problemas</i>	36
<i>Diagrama de Ishikawa</i>	36
Hacer	37
<i>Formato de registro de producción por operador</i>	37
<i>5´S Criterios para la clasificación</i>	38
<i>Implementación de Hoja de registro por defectos</i>	39
<i>Ayuda visual</i>	41
<i>Hoja Ruta</i>	42
<i>Manual de Producción en Maquinados Roldan</i>	45
Verificar	52
<i>Encuestas digitales</i>	52
Actuar	58
<i>Capacitación al personal</i>	58
<i>Cronograma de actividades</i>	59
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	60
<i>Resultados</i>	60
<i>Uso de figuras</i>	65
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	66
<i>Conclusiones del Proyecto</i>	66
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	67
<i>Competencias desarrolladas y/o aplicadas</i>	67
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	69
<i>Fuentes de información</i>	69
Bibliografía	69
CAPÍTULO 9: ANEXOS	70
<i>Anexos</i>	70
<i>Anexo 1. Hoja de registro de producción</i>	70
<i>Anexo 2. Hoja de Registro por Defecto</i>	71
<i>Anexo 3. Hoja Ruta</i>	72

Índice de Tablas

Tabla 1. Horario de trabajo en Maquinados Roldán.	31
Tabla 2. Producción de una semana en Maquinados Roldán.....	35
Tabla 3. Criterios de clasificación.....	39
Tabla 4. Hoja de asignación de pasos internos de Maquinados Roldán.....	44

Índice de figuras

Figura 1. Organigrama de Maquinados Roldán.....	4
Figura 2. Identificar las áreas por colores en Maquinados Roldán.	4
Figura 3. Distribución de las áreas de la empresa Maquinados Roldán.	5
Figura 4. Equipo de cómputo.	32
Figura 5. Herramientas de trabajo para el preformado y barrenado.	33
Figura 6. Problemas identificados en áreas de trabajo.....	34
Figura 7. Lay out del área de trabajo CNC 1100.	35
Figura 8. Diagrama de causa efecto y efecto. Fuente https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/media/generated-content/images/causeandeffect_def.png tomada de internet ..	37
Figura 9. Formato de registro de producción diario.	38
Figura 10. Mejora de antes y después de aplicar 5´s.	39
Figura 11. Hoja de evidencia de registro.	40
Figura 12. Reporte de defectos elaborado.	41
Figura 13. Ayuda visual, implementación de marcas de garantía.....	42
Figura 14. Formato de Hoja Ruta.	43
Figura 15. Recibir diseño a producir.....	45
Figura 16. Tomar material de acero o nylamid.	45
Figura 17. Traslado a máquina CNC.....	46
Figura 18. Colocar material en la prensa.....	46
Figura 19. Diseñar estrategia para iniciar la operación.....	47
Figura 20. Escuadrar, alinear y sacar origen (pieza en prensa).	47
Figura 21. Iniciar barrenado y rimado.....	47
Figura 22. Iniciar preformado.	48
Figura 23. Iniciar suavizado y acabado.	48
Figura 24. Iniciar machueleado y abrir cajas.	49
Figura 25. Realizar el calibrado en superficie (filo superficie abierta).	49
Figura 26. Realizar el calibrado en superficie especial (cerrado).....	50
Figura 27. Realizar el calibrado en superficie especial (preformado).	50
Figura 28. Verificar la pieza.....	50
Figura 29. Mandar a temple (proceso externo).....	51
Figura 30. Retoque final.....	51
Figura 31. Fin de proceso.	51
Figura 32. Resultados de la pregunta 1 y 2.....	53
Figura 33. Resultados de la pregunta 3 y 4.....	54
Figura 34. Resultados de la pregunta 5 y 6.....	54
Figura 35. Resultados de la pregunta 7 y 8.....	55
Figura 36. Resultados de la pregunta 9 y 10.....	55
Figura 37. Resultados de la pregunta 11 y 12.....	56
Figura 38. Resultados de la pregunta 13 y 14.....	56
Figura 39. Resultados de la pregunta 15 y 16.....	57
Figura 40. Resultados de la pregunta 17, 18 y 19.....	57

Figura 41. Capacitación al personal	58
Figura 42. Gráfica de resultados	62

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

Introducción

En este documento se anexa la investigación realizada en Maquinados Roldán, para mejorar la eficiencia en la línea de producción, mediante la implementación de una metodología nombrada PDCA y además con la inclusión de herramientas de control para obtener resultados positivos en la mejora continua, todo se realizó de manera ordenada y entre lazada para dar solución a los problemas que surgen actualmente en la jornada laboral.

El trabajo hombre maquina es una combinación familiarizada entre ambos, es parte del proceso en el que se requiere que una persona esté dando órdenes al equipo para lograr la producción programada.

Por lo tanto, en este tipo de procesos el personal debe contar con conocimiento técnico para el manejo de las máquinas, como lo son el manejo del programa *solidwoks* y el diseño asistido por computadora. Los trabajos que se realizan deberán ser muy precisos en la medida solicitada por el cliente.

El desarrollo del proyecto que busca Incrementar la eficiencia en el proceso de maquinados de piezas en la empresa Maquinados Roldán, se presenta dividida por capítulos, los cuales integran lo siguiente:

En un inicio se identifican los datos iniciales del proyecto, quiénes son los responsables, colaboradores, la organización y el tipo de proceso; más adelante, se detalla el problema, es decir la situación principal para la realización de la investigación, con base a la problemática se seleccionan las mejoras enfocadas en el proceso de producción.

También se integra la investigación en el Marco teórico detallando los fundamentos teóricos del proyecto que son todos aquellos temas que fueron considerados, como herramientas y metodologías en la aplicación del desarrollo. Posteriormente, se muestra el desarrollo del proyecto mediante la metodología PDCA y las evidencias de todas las actividades realizadas, así como los resultados obtenidos de acuerdo a dicha actividades planteadas.

Por último, se identifican las conclusiones del proyecto, resultados, limitaciones, mejoras futuras que se recomiendan y también se describen aquellas competencias que el residente logro obtener en el desarrollo del mismo, al finalizar del documento podrá encontrar todas las fuentes de información que fueron tomadas en consideración.

Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

La empresa se denomina Maquinados Roldan cuenta con una antigüedad de 20 años en este giro Industrial, está ubicada en la colonia Jesús Gómez Portugal, Jesús María Aguascalientes. Actualmente es dirigida por el Gerente Juan Agustín Rodríguez Roldán.

Es una empresa que comenzó haciendo trabajos convencionales y estructura metálica de soldadura, al paso del tiempo se dedica al 100% en trabajos profesionales de alta calidad en diseño de trabajos en máquinas convencionales, máquinas CNC, máquina con corte de hilo. La principal actividad de la empresa es la fabricación de piezas para la Industria Automotriz. En la actualidad tiene un cliente mayoritario de nombre Yorozu Automotive Guanajuato.

Esta empresa cuenta con una plantilla de 10 trabajadores y 1 practicante para realizar las actividades diarias. Se está realizando una investigación en la línea de producción de preformado, cuenta con 6 máquinas CNC, una máquina de corte con hilo, el almacén de materia prima, almacén de producto terminado y la oficina. El material con que se trabaja para los diseños de piezas es metal, aluminio, bronce, *nylamid*, etc.

El área de producción actualmente es el departamento que cuenta con mayor relevancia debido a que los problemas que se suscitan, son demasiado críticos e impactan directamente en el cliente, por dicho motivo el residente va realizar sus prácticas profesionales en este departamento, identificando los problemas, priorizándolos y proponiendo el desarrollo de la mejora continua dentro del área.

La jornada de trabajo actualmente comprende un turno de 8:00 a 17:30 horas, pero cuando es requerido el personal debe quedarse tiempo extra para completar la producción solicitada por parte del cliente; debido a todos los tiempos muertos y a la falta de estandarización de los procesos que se presentan es muy común que los operadores sí deban trabajar horas extras, debido a la necesidad de entregar en tiempo y forma de acuerdo a los compromisos que se tienen.

En Maquinados Roldan el trabajo que se realiza, requiere concentración para no generar defectos al realizar la pieza o diseño que se asigna al operador, y tiene un responsable de área que les da seguimiento en caso de dudas. Las piezas que se fabrican en Maquinados Roldan no es producción masiva, cada operador realiza una pieza diferente y para que se vuelva a repetir puede pasar semanas o meses.

A continuación, se presenta la misión, visión y organigrama de la organización:

“Misión”: Abastecer, cumpliendo con el requerimiento de fabricación de piezas, repuestos, con calidad en tiempo y forma, satisfaciendo la necesidad del cliente, incrementar la producción, manteniendo la adecuada solvencia en la organización.

“Visión”: Maquinados Roldan será la empresa líder en el mercado de la manufactura en maquinado de piezas para la industria automotriz, estando a la vanguardia tecnológica para la eficiencia de nuestros procesos, cuenta con personal competente y responsable, con capacidad intelectual para el servicio al cliente.

“Organigrama”: Se muestra en la Figura 1, el organigrama de la empresa Maquinados Roldán.

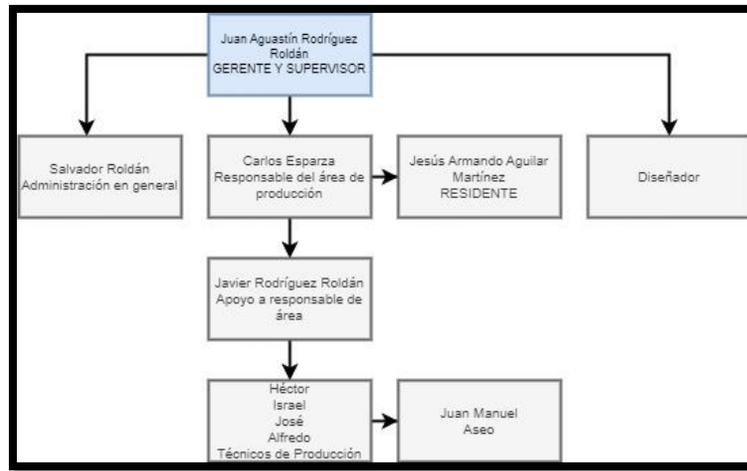


Figura 1. Organigrama de Maquinados Roldán.

Distribución de las áreas de la empresa Maquinados Roldan:

La empresa está dividida por áreas para realizar los procesos de producción y se puede observar en la Figura 2, para identificar los nombres de los procesos se tiene una tabla de colores con el nombre de la actividad que corresponde y se muestra a continuación:

Color para cada Área	Nombre
	Diseñador
	Entrega de orden de pieza
	Almacén de material y producto terminado.
	Líneas de producción con Máquina CNC
	Oficina y baño
	Puerta de entrada y salida

Figura 2. Identificar las áreas por colores en Maquinados Roldán.

En la Figura 3 se observa las distribuciones del proceso de producción en Maquinados Roldan.

La producción diaria es muy variada, cada operador al mismo tiempo puede hacer una pieza diferente (como se mencionó, tiene especificaciones distintas de acuerdo a cada cliente) y por lo tanto requiere de tiempos de fabricación diversos, acorde al tipo de producto solicitado.

Cuando una pieza o producto no cuenta con las especificaciones solicitadas no únicamente se pierde el cliente, sino que además se debe pagar multas por aquellos defectos que se fabricaron dentro de la fábrica del cliente, en la producción de sus propios productos.

A continuación, se presentan de manera concreta y priorizada los problemas que se exponen anteriormente:

- No se cuentan con una operación estandarizada:

Cada operador trabaja de acuerdo a sus capacidades y habilidades para realizar la pieza. El operador cuenta con experiencia que ha desarrollado en la estancia con Maquinados Roldan, a pesar de que no cuentan con una hoja de operación estándar, el operador tiene la apertura para diseñar como empezar a maquinar la pieza que se le asigne de inicio a fin, para luego entregarla al responsable del área.

- Existe exceso de confianza en los operadores:

El operador no verifica el programa, para confirmar las indicaciones que debe hacer la máquina CNC con en el material.

Pasa en ocasiones que al momento de pasar la información del programa de la computadora con una memoria USB a la máquina CNC, puede alterar las indicaciones programadas, si no te das cuenta y presionas una tecla cambia los valores en segundos y si no se valida la programación el resultado será generar defectos o piezas *scrap*.

- Falla de insertos:

Los insertos tienen una vida útil y al momento de estar operando se dañan.

Las herramientas de desbaste o perforación con la variedad de insertos o brocas, tiene que revisarse el desgaste que presenta cada vez que se va usa para hacer una pieza, si ya están muy desgastados se cambian si es necesario, además el sonido que genera cuando está trabajando la maquina con estas herramientas de desbaste, el operador conoce si hay falla o fractura de inserto y debe de hacer paro de emergencia.

- Distracción, errores y falta de procesos estandarizados:

EL ruido de la maquina al momento de estar maquinando debe ser vigilado por el operador, los ruidos son factores que indican si está trabajando bien.

El operador por la confianza que tiene para realizar el preformado de la pieza, deja la máquina trabajando, se mueve de su área de trabajo y va a platicar con los compañeros que tiene a su alrededor, sale a la entrada de la planta y observa a la gente que pasa, estos problemas encontrados son errores que afectan el proceso de producción en tiempo, costo y calidad.

- Errores de programación:

Los operadores modifican las indicaciones en el programa que la máquina CNC debe realizar, si no lo realizan estos son los resultados que alteran el producto.

El programa donde se encuentra las indicaciones para estar avanzando en el desbaste para darle forma a la pieza, suele ser repetitivo, y se modifica por parte del operador durante el tiempo que se tarde en realizarla y si olvida que ya lo hizo y lo repite genera defecto o pieza *scrap*. La programación se tiene que revisar las veces que sean necesarias para ejecutar correctamente las indicaciones requeridas en la elaboración de cada pieza.

Debido a todos los problemas anteriores que se han identificado, es que se pretende realizar un proyecto que apoye a la organización en la mejora continua, dando solución a los mismos.

Justificación

La empresa Maquinados Roldan se encuentra ubicada en Jesús Gómez Portugal, Jesús María, Aguascalientes. La organización se dedica a la creación de maquinados de piezas especiales, bajo los requerimientos solicitados por el cliente. La empresa cuenta con equipos modernos para la realización de trabajos especiales, este proceso inicia en el desarrollo del diseño en computadora (CAD) Diseño Asistido por Computadora, luego se pasa a la operación o ejecución de la pieza por parte del personal operativo.

El proyecto de manufactura de piezas es un proceso totalmente nuevo, el acercamiento a la empresa es para conocer el sistema de producción en una primera etapa. El conocer nuevos procesos ayuda a enriquecer el conocimiento personal y la experiencia laboral en la industria automotriz de operador, ayuda a implementar mejoras para conseguir resultados satisfactorios tanto para la organización como para quien desarrolla el proyecto.

En la actualidad los indicadores más importantes tienen que mejorar y mantenerse en números favorables, uno de ellos son las **entregas a tiempo**, la producción tiene un retraso en horas o día si sale pieza *Ng* (pieza con error o pieza *scrap*), por lo que existe el riesgo de castigos económicos para la empresa; este incumplimiento le da la oportunidad al cliente de buscar otras alternativas en empresas similares para conseguir su producto, afectándose la empresa con pérdida de clientes, no utilidades, disminución de producción y diversas pérdidas inherentes a la causa.

En Maquinados Roldan se busca la mejora continua para lograr la satisfacción de los clientes, debido a que un error o reclamo de ellos genera altos costos y además pérdidas de contratos que se tiene actualmente.

Por dicho motivo, la organización busca realizar un proyecto de mejora en el área de producción en las máquinas CNC, con la finalidad de encontrar factores internos o

externos al proceso que impiden cumplir con la calidad de la pieza, en el tiempo solicitado. El análisis concentra la información relevante en la que se tiene que mejorar o implementar las mejoras planteadas, donde el supervisor, responsable de área y operadores del proceso tengan constante comunicación para lograr los objetivos planteados del negocio.

Objetivos (General y Específicos)

Objetivo general:

Incrementar la eficiencia en la línea de producción de preformado de un 90% a 93%, en la empresa Maquinado Roldan, dicha máquina, realiza el preformado con la máquina CNC 1100 operada por una persona, la actividad se realizará en un periodo de 5 meses. Lo anterior, mediante mejoras de solución como ayudas visuales, estandarización de operaciones (utilizando hojas ruta), marcas de garantía para el aseguramiento de la calidad, entre otras cosas.

Objetivos específicos:

1. Análisis inicial de la línea de producción.

Se espera realizar un análisis de la línea de producción para detectar fortalezas, debilidades, anomalías, recorriendo la línea de producción, analizando todos los elementos que la integran.

2. Identificación de la problemática que provoca piezas *NG* (pieza con error o pieza scrap).

Se espera analizar las causas registradas de la información de los problemas en específico, cuando surgen defectos en las piezas maquinadas con el operador involucrado, identificando la razón por la cual se generan retrabajos, o se incrementa el tiempo de elaboración y finalmente las causas de las piezas *scrap*. Con la información anterior definir e implementar acciones correctivas.

3. Implementar soluciones para evitar los defectos y fallas en el proceso.
Se implementan las mejoras inmediatas y correctivas para que no se sigan presentando los defectos encontrados, van de la mano con la capacitación al personal para la estandarización de los nuevos procedimientos planteados. En caso de requerir herramientas se pretende realizar la solicitud a gerencia general para la compra de las mismas evaluando diferentes proveedores.

4. Evaluar los resultados generados.
Se pretende evaluar los resultados obtenidos mediante encuestas realizadas directamente a los operadores, para confirmar si las medidas que se implementaron sí ofrecen los resultados esperados, de lo contrario se tiene que hacer mejoras a la estrategia.

5. Estandarizar el proceso de producción.
Para lograr la estandarización del proceso de producción, se pretende estandarizarlo mediante un documento que quede como evidencia y funcione para que los operadores puedan estar consultando, uno de estos documentos es la hora ruta, que podrá ofrecer al operador el conocimiento y capacitarlo, monitorearlo e incluso en cuestiones de dudas al proceso podrá consultar en un momento posterior.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

Marco Teórico (fundamentos teóricos).

El proyecto de “Incrementar la Eficiencia de la Línea de Producción”, se basa en aumentar la producción en la empresa, trabajando de forma más rápida y aprovechando el tiempo de inactividad.

Para encontrar factores que generan problemas se tiene que conocer el proceso y confirmar el flujo de las actividades y esto se pretende realizar, mediante algunas metodologías o herramientas que ya han sido creadas por algunos autores como lo son; el diagrama de flujo o recorrido, lluvia de ideas, diagrama de causa efecto Ishikawa, hoja ruta y 5´s además el desarrollo del proyecto se desarrolló a través, de la metodología PDCA, las cuales se explica a continuación.

Diagrama de flujo o recorrido

Es un plano del área de trabajo donde se indica la trayectoria seguida por el objeto o actividad que se estudia, para indicar lo que sucede al objeto o actividad a su paso por el proceso. Este diagrama es particularmente útil porque proporciona una vista global compacta y general de un proceso en existencia o propuesta. Es un auxiliar valioso en el trabajo de distribución de la planta. Su elaboración familiariza rápida y efectivamente al ingeniero con el proceso completo y el lugar donde se desarrolla cada actividad. Un estudio sistemático de todos los trabajos y movimientos sirve para proyectar cambios, ahorrar tiempo y espacio, utilizar herramientas adecuadas y colocar tanto las herramientas como los suministros en lugares apropiados, (Palacios Acero, 2016)

En el recorrido por las líneas de producción se toma nota de las posibles causas que intervienen en el proceso, sin descartar alguna por insignificante que parezca y para darle forma se utilizó la herramienta de Lluvia de Ideas.

Lluvia de ideas

La Lluvia de ideas es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resulto en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente; dando 18 oportunidades de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

Es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema de un problema determinado.

La lluvia de ideas es un método empleado en la conducción de una junta, útil para el logro de las metas y la planeación de temas, contramedidas y escenarios. Es el método básico entre muchos métodos de concepción y ampliamente practicado, solo o combinado con otros métodos. Entre las características de este método podemos señalar las siguientes:

- Se enuncian muchas ideas.
- Mientras más ideas se reúnan habrá más probabilidades de comprender el problema planteado.
- Más ideas fluyen en un grupo de discusión que si piensa solamente una persona.

Nota: Es importante tener en cuenta que las evaluaciones de las ideas producidas se deben realizar solo después de que estas se hayan agotado, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

Las sesiones de lluvia o tormenta de ideas son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad. Se recomienda que las sesiones de lluvia de ideas sean un proceso disciplinado a través de los siguientes pasos:

1. Definir con claridad y precisión el tema o problema sobre el que se aportan ideas. Esto permitirá que el resto de la sesión sólo esté enfocada a ese punto y no se dé pie a la divagación en otros temas.
2. Se nombra un moderador de la sesión, quien se encargará de coordinar la participación de los demás participantes.
3. Cada participante en la sesión debe hacer una lista por escrito de ideas sobre el tema (una lista de posibles causas si se analiza un problema). La razón de que esta lista sea por escrito y no de manera oral es que así todos los miembros del grupo participan y se logra concentrar más la atención de los participantes en el objetivo. Incluso, esta lista puede encargarse de manera previa a la sesión.
4. Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se turnan para leer una idea de su lista cada vez. A medida que se leen las ideas, éstas se presentan visualmente a fin de que todos las vean. El proceso continúa hasta que se hayan leído todas las ideas de todas las listas. Ninguna idea debe tratarse como absurda o imposible, aun cuando se considere que unas sean causas de otras; la crítica y la anticipación de juicios tienden a limitar la creatividad del grupo, que es el objetivo en esta etapa. En otras palabras, es importante distinguir dos procesos de pensamiento: primero pensar en las posibles causas y después seleccionar la más importante. Realizar ambos procesos al mismo tiempo entorpecerá a ambos. Por eso, en esta etapa sólo se permite el diálogo para

aclarar alguna idea señalada por un participante. Es preciso fomentar la informalidad y la risa instantánea, pero la burla debe prohibirse.

5. Una vez leídos todos los puntos, el moderador le pregunta a cada persona, por turnos, si tiene comentarios adicionales. Este proceso continúa hasta que se agoten las ideas. Ahora se tiene una lista básica de ideas acerca del problema o tema. Si el propósito era generar estas ideas, aquí termina la sesión; pero si se trata de profundizar aún más la búsqueda y encontrar las ideas principales, entonces se deberá hacer un análisis de las mismas con las siguientes actividades.
6. Agrupar las causas por su similitud y representarlas en un diagrama de Ishikawa, considerando que para cada grupo corresponderá una rama principal del diagrama, a la cual se le asigna un título representativo del tipo de causas en tal grupo. Este proceso de agrupación permitirá clarificar y estratificar las ideas, así como tener una mejor visión de conjunto y generar nuevas opciones.
7. Una vez realizado el DI se analiza si se ha omitido alguna idea o causa importante; para ello, se pregunta si hay alguna otra causa adicional en cada rama principal, y de ser así se agrega.
8. A continuación, se inicia una discusión abierta y respetuosa dirigida a centrar la atención en las causas principales. El objetivo es argumentar en favor de y no de descartar opciones. Las causas que reciban más mención o atención en la discusión se pueden señalar en el diagrama de Ishikawa resaltándolas de alguna manera.
9. Elegir las causas o ideas más importantes que el grupo ha destacado previamente. Para ello se tienen tres opciones: datos, consenso o por votación. Se recomienda esta última cuando no es posible recurrir a datos y en la sesión

participan personas de distintos niveles jerárquicos, o cuando hay alguien de opiniones dominantes. La votación puede ser del tipo (ver paso 5 de las recomendaciones presentadas antes para construir un diagrama de Ishikawa).

10. Se suman los votos y se eliminan las ideas que recibieron poca atención; ahora, la atención del grupo se centra en las ideas que recibieron más votos. Se hace una nueva discusión sobre éstas y después de ello una nueva votación para obtener las causas más importantes que el grupo se encargará de atender.

11. Si la sesión está encaminada a resolver un problema, se debe buscar que en las futuras reuniones o sesiones se llegue a las acciones concretas que es necesario realizar, para lo cual se puede utilizar de nuevo la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa. Es importante dar énfasis a las acciones para no caer en el error o vicio de muchas reuniones de trabajo, donde sólo se debaten los problemas, pero no se acuerdan acciones para solucionarlos, (Gutiérrez Pulido & De La Vará Salazar, 2009)

Una vez que se tiene las causas identificadas en el proceso de producción, está información se aprovecha para separar y clasificar mediante el diagrama de Causa Efecto.

Diagrama de causa efecto Ishikawa

Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

El Diagrama de Ishikawa es también conocido con el nombre de espina de pescado (por su forma), o también llamado diagrama causa-efecto (CE).

Esta es una herramienta que ayuda a estructurar la información ayudando a dar claridad, mediante un esquema gráfico, de las causas que producen un problema, pero en si no identifica la causa raíz.

Esta herramienta provee las siguientes funcionalidades básicas:

- Es una representación visual de aquellos factores que pueden contribuir a un efecto observado o fenómeno estudiado que está siendo examinado.
- La interrelación entre los posibles factores causales queda claramente especificada. Un factor causante puede aparecer repetidamente en diferentes partes del diagrama.
- Las interrelaciones se establecen generalmente en forma cualitativa e hipotética. Un diagrama CE es preparado como un preludio al desarrollo de la información requerida para establecer la causalidad empírica.

El diagrama causa efecto procura, a partir de los efectos (síntomas de los problemas), identificar todas las causas posibles que provocan esos efectos. La metodología se basa en diferentes categorías de problemas, cada una de las cuales se analiza según la incidencia de diferentes factores, (Palacios Acero, 2016).

El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa¹ es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. El uso del diagrama de Ishikawa (DI), con las tres herramientas que hemos visto en las secciones anteriores, ayudará a no dar por obvias las causas, sino que se trate de ver el problema desde diferentes perspectivas.

Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica. A continuación, veremos un ejemplo de cada uno.

Método de las 6 M

El método de las 6 M es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Como se vio en el capítulo 1, estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6 M. La pregunta básica para este tipo de construcción es: ¿qué aspecto de esta M se refleja en el problema bajo análisis? Más adelante se da una lista de posibles aspectos para cada una de las 6 M que pueden ser causas potenciales de problemas en manufactura.

Aspectos o factores a considerar en las 6 M

Mano de obra o gente

- Conocimiento (¿la gente conoce su trabajo?).
- Entrenamiento (¿los operadores están entrenados?).
- Habilidad (¿los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?).
- Capacidad (¿se espera que cualquier trabajador lleve a cabo su labor de manera eficiente?).
- ¿La gente está motivada? ¿Conoce la importancia de su trabajo por la calidad?

Métodos

- Estandarización (¿las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos de manera clara y adecuada o dependen del criterio de cada persona?).
- Excepciones (¿cuándo el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo existe un procedimiento alternativo definido claramente?).
- Definición de operaciones (¿están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue realizada de manera correcta?).

La contribución a la calidad por parte de esta rama es fundamental, ya que por un lado cuestiona si están definidos los métodos de trabajo, las operaciones y las responsabilidades; por el otro, en caso de que sí estén definidas, cuestiona si son adecuados.

Máquinas o equipos

- Capacidad (¿las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere?).
- Condiciones de operación (¿las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha realizado algún estudio que lo respalde?).
- ¿Hay diferencias? (hacer comparaciones entre máquinas, cadenas, estaciones, instalaciones, etc. ¿Se identificaron grandes diferencias?).
- Herramientas (¿hay cambios de herramientas periódicamente?, ¿son adecuados?).
- Ajustes (¿los criterios para ajustar las máquinas son claros y han sido determinados de forma adecuada?).
- Mantenimiento (¿hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?).

Material

- Variabilidad (¿se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?).
- Cambios (¿ha habido algún cambio reciente en los materiales?).
- Proveedores (¿cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y cómo influyen éstas?).
- Tipos (¿se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?).

Mediciones

- Disponibilidad (¿se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?).

- Definiciones (¿están definidas de manera operacional las características que son medidas?).
- Tamaño de la muestra (¿han sido medidas suficientes piezas?, ¿son representativas de tal forma que las decisiones tengan sustento?).
- Repetibilidad (¿se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?).
- Reproducibilidad (¿se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son adecuados?)
- Calibración o sesgo (¿existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?)

Esta rama destaca la importancia que tiene el sistema de medición para la calidad, ya que las mediciones a lo largo del proceso son la base para tomar decisiones y acciones; por lo tanto, debemos preguntarnos si estas mediciones son representativas y correctas, es decir, si en el contexto del problema que se está analizando, las mediciones son de calidad, y si los resultados de medición, las pruebas y la inspección son fiables.

Medio ambiente

- Ciclos (¿existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de condiciones del medio ambiente?).
- Temperatura (¿la temperatura ambiental influye en las operaciones?).

Ventajas del método 6 M

- Obliga a considerar una gran cantidad de elementos asociados con el problema.
- Es posible usarlo cuando el proceso no se conoce a detalle.
- Se concentra en el proceso y no en el producto.

Desventajas del método 6 M

- En una sola rama se identifican demasiadas causas potenciales.
- Se tiende a concentrar en pequeños detalles del proceso.

- No es ilustrativo para quienes desconocen el proceso

Método tipo flujo del proceso

Con el método flujo del proceso de construcción, la línea principal del diagrama de Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso de producción o de administración. Los factores que pueden afectar la característica de calidad se agregan en el orden que les corresponde, según el proceso. Para ir agregando, en el orden del proceso, las causas potenciales, se realiza la siguiente pregunta: ¿qué factor o situación en esta parte del proceso puede tener un efecto sobre el problema especificado? Este método permite explorar formas alternativas de trabajo, detectar cuellos de botella, descubrir problemas ocultos, etc. Algunas de las ventajas y desventajas del diagrama de Ishikawa, construido según el flujo del proceso, se presentan a continuación

Ventajas

- Obliga a preparar el diagrama de flujo del proceso.
- Se considera al proceso completo como una causa potencial del problema.
- Identifica procedimientos alternativos de trabajo.
- Hace posible descubrir otros problemas no considerados al inicio.
- Permite que las personas que desconocen el proceso se familiaricen con él, lo que facilita su uso.
- Se emplea para predecir problemas del proceso poniendo atención especial en las fuentes de variabilidad

Desventajas

- Es fácil no detectar las causas potenciales, puesto que las personas quizás estén muy familiarizadas con el proceso y todo se les haga normal.
- Es difícil usarlo por mucho tiempo, sobre todo en procesos complejos.
- Algunas causas potenciales pueden aparecer muchas veces.

Método de estratificación o enumeración de causas

La idea de este método de estratificación de construcción del diagrama de Ishikawa es ir directamente a las principales causas potenciales, pero sin agrupar de acuerdo a las 6 M. La selección de estas causas muchas veces se hace a través de una sesión de lluvia de ideas. Con el objetivo de atacar causas reales y no consecuencias o reflejos, es importante preguntarse un mínimo de cinco veces el porqué del problema, a fin de profundizar en la búsqueda de las causas. La construcción del diagrama de Ishikawa partirá de este análisis previo, con lo que el abanico de búsqueda será más reducido y es probable que los resultados sean más positivos. Esta manera de construir el diagrama de Ishikawa es natural cuando las categorías de las causas potenciales no necesariamente coinciden con las 6 M. El método de estratificación contrasta con el método 6 M, ya que en este último va de lo general a lo particular, mientras que en el primero se va directamente a las causas potenciales del problema. Algunas de las ventajas y desventajas del método de estratificación para construir un diagrama de Ishikawa se presentan a continuación.

Ventajas

- Proporciona un agrupamiento claro de las causas potenciales del problema, lo cual permite centrarse directamente en el análisis del problema.
- Este diagrama es menos complejo que los obtenidos con los otros procedimientos.

Desventajas

- Es posible dejar de contemplar algunas causas potenciales importantes.
- Puede ser difícil definir subdivisiones principales.
- Se requiere mayor conocimiento del producto o del proceso.
- Se requiere gran conocimiento de las causas potenciales.

Pasos para la construcción de un diagrama de Ishikawa:

1. Especificar el problema a analizar. Se recomienda que sea un problema importante y, de ser posible, que ya esté delimitado mediante la aplicación de herramientas como

Pareto y estratificación. También es importante que se tenga la cuantificación objetiva de la magnitud del problema.

2. Seleccionar el tipo de DI que se va a usar. Esta decisión se toma con base en las ventajas y desventajas que tiene cada método, ver Figura 8.

3. Buscar todas las probables causas, lo más concretas posible, que pueden tener algún efecto sobre el problema. En esta etapa no se debe discutir cuáles causas son más importantes; por el momento, el objetivo es generar las posibles causas. La estrategia para la búsqueda es diferente según el tipo de diagrama elegido, por lo que se debe proceder de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

Para el método 6 M: trazar el diagrama de acuerdo con la estructura base para este método e ir preguntándose y reflexionando acerca de cómo los diferentes factores o situaciones de cada M pueden afectar el problema bajo análisis.

Método flujo del proceso: construir un diagrama de flujo en el que se muestre la secuencia y el nombre de las principales operaciones del proceso que están antes del problema, e iniciando de atrás hacia delante. Es preciso preguntarse: ¿qué aspectos o factores en esta parte del proceso afectan al problema especificado?

Método enumeración de causas: mediante una lluvia de ideas generar una lista de las posibles causas y después agruparlas por afinidad. Es preciso representarlas en el diagrama, considerando que para cada grupo corresponderá una rama principal del diagrama; también, se asigna un título representativo del tipo de causas en tal grupo.

4. Una vez representadas las ideas obtenidas, es necesario preguntarse si faltan algunas otras causas aún no consideradas; si es así, es preciso agregarlas.

5. Decidir cuáles son las causas más importantes mediante diálogo y discusión respetuosa y con apoyo de datos, conocimientos, consenso o votación del tipo. En este tipo de votación cada participante asigna 5 puntos a la causa que considera más

importante, 3 a la que le sigue, y 1 a la tercera en importancia; después de la votación se suman los puntos, y el grupo deberá enfocarse en las causas que recibieron más puntos.

6. Decidir sobre cuáles causas se va a actuar. Para ello se toma en consideración el punto anterior y lo factible que resulta corregir cada una de las causas más importantes. Con respecto a las causas que no se decida actuar debido a que es imposible por distintas circunstancias, es importante reportarlas a la alta dirección.

7. Preparar un plan de acción para cada una de las causas a ser investigadas o corregidas, de tal forma que determine las acciones que se deben realizar; para ello se puede usar nuevamente el DI. Una vez determinadas las causas, se debe insistir en las acciones para no caer en sólo debatir los problemas y en no acordar acciones de solución, (Gutiérrez Pulido & De La Vará Salazar, 2009)

En la investigación se aplica el método PDCA, para darle seguimiento al o los problemas que impiden cumplir con los objetivos planteados en campo.

PDCA

El ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) es un proceso que, junto con el método clásico de resolución de problemas, permite la consecución de la mejora de la calidad en cualquier proceso de la organización. Supone una metodología para mejorar continuamente y su aplicación resulta muy útil en la gestión de los procesos.

Deming presentó el ciclo PDCA en los años 50 en Japón, aunque señaló que el creador de este concepto fue W. A. Shewhart, quien lo hizo público en 1939, por lo que también se lo denomina (ciclo de Shewhart) o (ciclo de Deming) indistintamente (Ishikawa, 1986). En Japón, el ciclo PDCA ha sido utilizado desde su inicio como una metodología de mejora continua y se aplica a todo tipo de situaciones (Imai, 1991). Está basado en la subdivisión del trabajo entre dirección, inspectores y operarios y consta de cuatro fases o etapas. La dirección empieza por estudiar la situación actual para formular un plan de

mejora. Después, los operarios se encargan de ejecutar el plan. Posteriormente, los inspectores revisan la ejecución para ver si se han alcanzado los objetivos planificados y, por último, la dirección analiza los resultados y estandariza el método para asegurar que la mejora es permanente, o, en el caso de que los resultados no hayan sido satisfactorios, desarrolla acciones correctoras.

Los operarios aplican el plan a su área de trabajo concreta, implantando el ciclo PDCA completo. La dirección y los inspectores comprueban si se ha producido la mejora deseada y, por último, la dirección hace correcciones si es necesario y normaliza el método exitoso con fines preventivos. Este proceso continúa, de manera que, siempre que aparezca una mejora, el método se normaliza y es analizado con nuevos planes para conseguir más mejoras.

Etapas PLAN 1.

Definir los objetivos

El primer paso es determinar los objetivos y metas a conseguir. Éstos deben ser claros y concisos. Objetivos como obtener buena calidad o reducir los costes o aumentar la rapidez en el servicio, son demasiado abstractos y, por tanto, no resultan muy útiles por sí mismos. Deberían concretarse y formularse atendiendo a fechas concretas, por ejemplo, de enero a marzo, reducir a la mitad el número de piezas defectuosas del trimestre anterior, o a partir de abril, conseguir una disminución de costes de un 5 %, o a partir de enero, atender dos llamadas telefónicas por minuto en vez de una. Los objetivos así definidos van a facilitar la observación de los resultados, es decir, el control.

Etapas DO 2.

Llevar a cabo la educación y la formación

Para poner en marcha el plan diseñado en la fase anterior, es necesario que las normas establecidas se comprendan y se sepan aplicar. En este paso se proporciona la educación y formación necesaria a todas las personas implicadas, siendo la formación de tres tipos: (1) en grupo; (2) de los superiores a los subordinados en el lugar de trabajo, y (3) individual mediante delegación de autoridad sobre su trabajo.

Etapa CHECK 3.

Comprobar los resultados

En este paso se comprueba si el trabajo se está llevando a cabo conforme a lo planificado en la primera etapa. En definitiva, se trata de comprobar los resultados y ver si las cosas han ido bien.

Etapa ACT 4.

Aplicar una acción

Por último, en esta etapa se pueden dar dos situaciones distintas:

Se ha alcanzado el objetivo.

Sucede cuando en la etapa Check, etapa anterior, se confirma lo establecido en la etapa Plan. En este caso, se debe considerar el éxito con prudencia y las actuaciones irán en la línea de normalizar los procedimientos y establecer las condiciones que permitan mantenerlo. Por tanto, hay que normalizar las acciones correctoras aplicadas sobre procesos, operaciones y procedimientos; ampliar formación y ampliar las medidas correctoras si fuera necesario; verificar si estas medidas se aplican correctamente y son eficaces y continuar operando de la manera establecida.

No se ha alcanzado el objetivo.

En este caso, una vez detectadas las posibles anomalías de los procesos y las causas que las producen, se debe proceder a su eliminación. Hay que comenzar un nuevo ciclo PDCA, empezando por la etapa Plan, (Camisión, Cruz, & González , 2006).

Una vez realizados los pasos anteriores se procede a la implementación del manual y definir el procedimiento de pasos ordenados que garanticen la efectividad de la actividad en la línea de producción.

Hoja ruta

La hoja de ruta es un documento en el que se especifican las **operaciones necesarias** para la fabricación de una pieza o bien una serie de ellas que sigan el mismo proceso, ver Figura 14. Las operaciones estarán colocadas en la secuencia en la que se realizarán. La hoja de ruta acompaña al material de una operación a otra.

En la hoja de ruta ver Figura 14, se indicará el número de orden de fabricación, la cantidad a producir, el número de operación que corresponde a cada una de las operaciones, la descripción de la operación correspondiente, la máquina o puesto de trabajo en la que se realiza la operación, la herramienta necesaria y el tiempo estándar necesario para realizar la operación.

En la empresa, áreas de trabajo, oficina, líneas de producción, es indispensable mantener orden, limpieza para que el entorno sea agradable, en este proceso todos los integrantes desde el operador hasta los altos mandos, contribuyen para mantener un lugar apto y realizar las actividades asignadas.

5 S (selección, orden y limpieza).

Surge a partir de la segunda guerra mundial, que fue sugerida por la Unión Japonesa de Científicos e ingenieros como parte de un movimiento de la mejora de la Calidad. El creador de dicha metodología fue Shigeo Shingo, nació en Toyota en los años 60 en un entorno industrial y con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

Las 5S se basan en cinco palabras japonesas que comienzan por la letra S y que definen las fases de implantación. La primera fase es *Seiri*, que consiste en clasificar los elementos o herramientas de trabajo a fin de mantener en el puesto lo estrictamente necesario. La siguiente S es *Seiton*, en la que lo necesario debe ser ordenado e identificado para facilitar su acceso y uso.

Una vez ordenados los elementos necesarios, el área de trabajo debe limpiarse, *Seiso*, para mantener un alto nivel de desempeño. En la cuarta etapa, *Seiketsu*, se eliminan las causas de la suciedad y el desorden y se elabora un procedimiento estándar de las tres primeras S.

Por último, y a fin de asegurar que todas las mejoras alcanzadas se mantengan en el tiempo y no se regrese a las prácticas anteriores, debe verificarse que los estándares se cumplen; es lo que se conoce como *Shitsuke*.

Las cinco “S” constituyen una de las estrategias que da soporte al proceso de mejora continua (*Kaizen*) utilizadas por la manufactura esbelta, su origen es paralelo al movimiento de la calidad total ocurrida en Japón, en la década de 1950, y su principal objetivo es lograr cambios en la actitud del empleado para con la administración de su trabajo, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

La estrategia de las cinco “S” se propone como metas específicas:

- Responder a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminar desperdicios producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etcétera.
- Reducir las pérdidas por incumplimiento de las especificaciones de calidad, tiempo de res puesta.
- Contribuir a incrementar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona que opera la maquinaria.
- Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y ajuste.
- Hacer uso de elementos de control visual como tarjetas y tableros para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo.
- Conservar el sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras.

- Facilitar cualquier tipo de programa de mejora continua: Kaizen, producción justo a tiempo, control total de calidad y mantenimiento productivo total.
- Disminuir las causas potenciales de accidentes y aumentar la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

Seiri.

La primera S es Seiri que consiste en separar lo que es necesario de lo que no lo es, pero también clasificar lo necesario por su naturaleza. De esta manera vamos a conseguir tener una planta donde únicamente encontremos los artículos y herramientas necesarias. Se van a eliminar todos los objetos que consideramos innecesarios y reubicaremos los elementos de uso poco frecuente, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

Seiton.

La frase que mejor define esta segunda S es el conocido principio de Henry Fayol (1916): “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Consiste en ordenar lo que anteriormente habíamos considerado como útil, facilitando así el acceso a los objetos más utilizados, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

Seiso.

El significado de esta S refleja lo que vamos a hacer, “limpieza”. Sin embargo, no sólo vamos a limpiar lo que ya está sucio, sino evitar que se ensucie de nuevo tomando medidas de higiene. Para ello, tenemos que descubrir las fuentes de suciedad de nuestra planta y solucionar el problema desde el origen, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

Seiketsu.

En esta etapa llevamos a cabo un proceso de estandarización que nos va a permitir mantener y conservar lo que ya hemos conseguido en las 3S anteriores. Para ello, hay que implantar una serie de estándares o procedimientos, de forma que se elimine la posibilidad de volver a la situación inicial, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

Shitsuke.

En esta etapa se refuerza lo que ya hemos realizado anteriormente, al predicar la autodisciplina para mantener lo ya logrado y al promover las auditorías, (Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega, 2020).

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

En el procedimiento, se utilizó la metodología PDCA, como guía en la implementación de solución en los problemas identificados en la línea de producción de preformado. Este ciclo PDCA se integra de 4 fases que se deben realizar de manera secuencial, el desarrollo del proyecto se llevó a cabo mediante estas fases y a continuación se presenta de manera concreta lo que se realizó en cada una de ellas.

Fase 1. *Plan* (planificar): La organización en la línea de producción de preformado cuenta con un área de oportunidad para hacer mejoras dentro de las funciones del proceso, es por ellos que se va realizar el proyecto.

Fase 2. *Do* (Hacer): Se realizó la investigación en la línea producción de las maquinas CNC, para la toma de datos, que son las posibles causas para analizar.

Fase 3. *Check* (Verificar): En esta fase se realiza el análisis de la línea de producción y se verifica que exista un proceso estandarizado desde herramientas a utilizar, identificación de anomalías, registro de las mismas, registro de procedimientos, revisión de equipos, etc., y durante la jornada realmente se espera validar que los operadores tengan dicha información.

Fase 4. *Act* (Actuar): Se realizará la validación de la implementación de mejoras que se hayan realizado de todas las herramientas, para evaluar si realmente las mejoras funcionaron o no, esperando que los resultados sean positivos.

Desarrollo de la metodología PDCA

Planear.

Análisis de la línea de producción

En la primera se analizó los factores que intervienen en el proceso de producción para identificar las fallas que existen actualmente.

A continuación, se presentan los datos registrados durante la investigación en las máquinas CNC:

- Nombre de la línea: proceso de maquinado.
- Número de operadores: 1 y tiene un horario de trabajo que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Horario de trabajo en Maquinados Roldán.

Horario de trabajo en Maquinados roldan					
Jornada de trabajo semanal					Turno
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Diurno
Entrada 8:00 a.m a 17:30 p.m					

- Equipo: Maquina CNC 1100:
 - Barrenar
 - Abrir caja
 - Preformar
 - Rimado
 - Suavizado
 - Machueliar

- Equipo de cómputo: es donde el operador verifica el diseño en el programa de *SolidWork*, ver Figura 4.



Figura 4. Equipo de cómputo.

- Herramienta de trabajo para preformado y barrenado, ver Figura 5.
 - a) Corona
 - b) Inserto
 - c) Rima
 - d) Broca
 - e) Machuelo
 - f) Inserto bola.

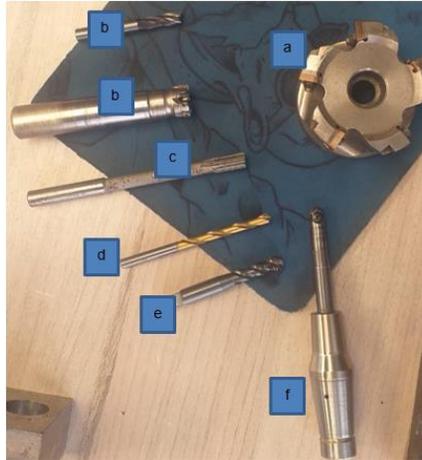


Figura 5. Herramientas de trabajo para el preformado y barrenado.

- Herramientas de medición
 - Calibrador o pie de rey.
 - Vernier
 - Micrómetro de mano digital
 - Micrómetro para profundidades
 - Calibrador de altura

- Materia prima
 - Metal Templado
 - Nylamid
 - Bronce
 - Aluminio

Procedimiento de producción

El procedimiento para realizar la producción de piezas asignadas a cada operador, cuenta con un responsable para entregar el diseño de la pieza a maquinar, el operador debe seguir los pasos que él conoce para realizar su actividad, en caso de duda se puede acercar con el responsable de área o con el supervisor y Gerente.

El operador posee el conocimiento para llevar a cabo el proceso de inicio a fin y el da el visto bueno para la entrega de pieza terminada en conjunto con el responsable de área.

En Maquinados Roldan la actividad que se realiza por el practicante es, analizar el proceso en conjunto con el responsable de área de proceso y el supervisor. Se está buscando detectar problemas para implementar mejoras en el proceso para incrementar la eficiencia en la línea de producción.

Condición actual, se han encontrado más problemas y se muestran en la imagen. En la Figura 6 se puede observar que hay piezas, materia y artículos innecesarios para realizar la operación, situación que al momento de realizar los pasos del proceso afectan los resultados y más trabajo para el operador.

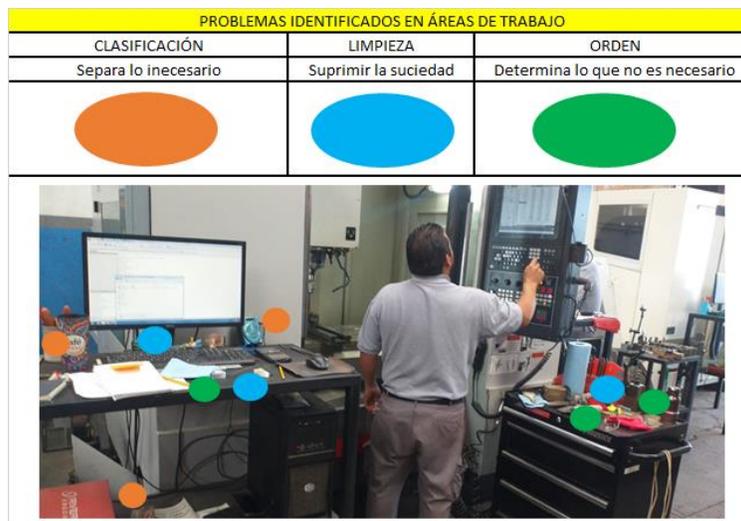


Figura 6. Problemas identificados en áreas de trabajo.

Lay out del área de trabajo para un operador

En la Figura 7, se observa el flujo que realiza el operador comienza por recibir la orden de la pieza a producir, paso dos tomas la materia prima, paso tres se traslada a la Máquina CNC asignada y paso cuatro entregas la pieza que realizó al almacén.

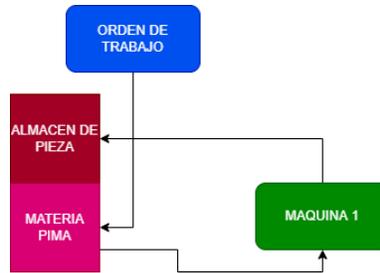


Figura 7. Lay out del área de trabajo CNC 1100.

En esta Tabla 2, se muestra las piezas realizadas en una semana y el tiempo aproximado de cada una por operador.

Tabla 2. Producción de una semana en Maquinados Roldán.

OPERADOR	MÁQUINA	PIEZAS	TIEMPO por pieza aprox.
OPERADOR 1 CARLOS	6	12	3 horas c/u Nota: apoya en los diseños.
OPERADOR 2 ALFREDO	4	10	5 horas c/u
OPERADOR 3 JOSÉ	7	10	5 horas c/u
OPERADOR 4 HECTOR	3	12	5 horas c/u
OPERADOR 5 ISRAEL	5	15	3 y 4 horas c/u

Causas y problemas

Durante la producción se genera piezas Ng, (pieza con error o pieza scrap), al investigar las causas son varias las que dan origen a que las piezas no salgan como lo solicita el cliente y se desechan.

1. Exceso de confianza
2. No revisan el programa
3. El origen no es colocado correctamente para inicio de actividad en CNC
4. Error de programación
5. El inserto truena durante la operación y daña la pieza
6. No revisan el desgaste los insertos a la inicial la operación
7. Distracción
8. No se concentra
9. No hay método establecido
10. No hay registro de revisión de equipos

Diagrama de Ishikawa

Para la clasificación de los problemas encontrados se muestra en la Figura 8, con un Diagrama de Ishikawa, que proporciona los datos de forma ordenada y clasificada en 5 M. (Mano de Obra, Materiales, Medio ambiente, Método y Maquinaria).

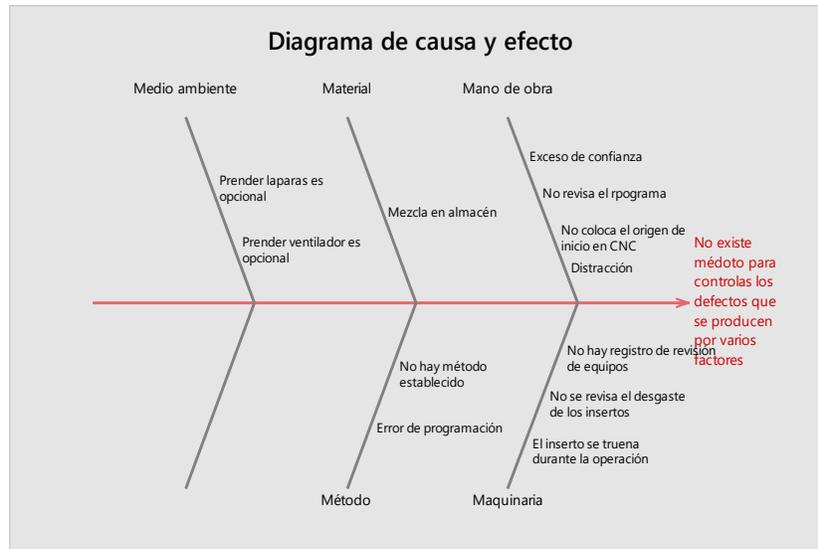


Figura 8. Diagrama de causa efecto y efecto. Fuente https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/media/generated-content/images/causeandeffect_def.png tomada de internet

Hacer

Implementar soluciones para evita defectos y fallas en el proceso

Formato de registro de producción por operador

En la producción hay una variación de tiempo para fabricar cada una de las piezas, por lo tanto, durante el desarrollo del proyecto se elaboró un formato de registro de producción diario (ver Figura 9 formato de registro de producción).

El formato tiene el objetivo de registrar el tiempo de elaboración para después tomarlo como referencia y consultar cuando se vuelva a producir una pieza similar, además contiene el registro del operador, la máquina en la que se elaboró el producto, el número de parte, el horario de inicio y el horario de termino, así como aquellas observaciones que se pudieron a ver dado durante el proceso, como anomalías, fallas entre otras cosas, todo esto ayuda a dar un seguimiento a cada una de las piezas producidas y a tener un registro que respalde la producción y pueda consultarse en un momento posterior.

MAQUINADOS ROLDÁN				
HOJA DE REGISTRO DE PRODUCCIÓN EN MAQUINADOS ROLDÁN				
Nombre del operador:		Firma:		FECHA:
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		

Figura 9. Formato de registro de producción diario.

5'S Criterios para la clasificación

En las líneas de producción se aplicaron los criterios de clasificación como se muestra en la Figura 10 , se platicó con los operadores sobre la importancia de ordenar el lugar de trabajo, clasificar los herramientas y material según el uso como baja frecuencia, media frecuencia, alta frecuencia y material de desecho, para mantener el área de trabajo en condiciones óptimas, tener a la mano las herramientas, equipo necesario y desechar los artículos que no son necesarios, para la función durante la operación.

Tabla 3. Criterios de clasificación.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN	
BAJA FRECUENCIA	6 A 12 MESES
MEDIA FRECUENCIA	1 VEZ AL MES
ALTA FRECUENCIA	1 VEZ A LA SEMANA
MATERIAL DE DESECHO	NO ES NECESARIO

Ejemplo de la mejora en Clasificación

En la Figura 10 se muestra la diferencia de antes y después, en la línea de producción el retirar los artículos que no se requieren para el proceso al operador le facilita encontrar las herramientas al instante y quedó establecido el orden de las herramientas de trabajo en el área.

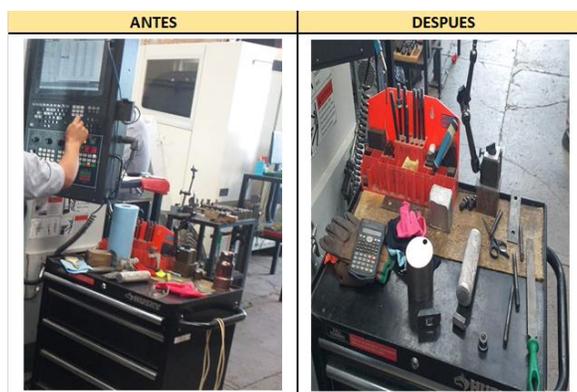


Figura 10. Mejora de antes y después de aplicar 5's.

Implementación de Hoja de registro por defectos

Se implementa el formato de Registro por Defectos, para tener un antecedente de los hechos en el proceso que se realizó, el número de parte, en que máquina se realizó, fecha, hora para valorar en que tiempo de la jornada se presentan los defectos.

Es de suma importancia elaborar un documento para que haya la evidencia de los problemas, realizar una investigación con el operador involucrado y proponer una contramedida que garantice que no se vuelva a repetir, se muestra en la Figura 11.

MAQUINADOS ROLDAN			
			
HOJA DE EVIDENCIA DE REGISTRO DE DEFECTOS O PIEZAS SCRAP			
PROCESO:		FECHA:	
		HORA:	
NUMERO DE PARTE:		OPERADOR:	
MÁQUINA:		FIRMA DEL OPERADOR:	
DEFECTO			
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS			
ANÁLISIS			
CONTRAMEDIDA			
RESPONSABLE		NOMBRE DEL SUPERVISOR	
TIEMPO EN DÍAS			FIRMA
SEGUIMIENTO,	BUENO		
OBSERVACIÓN Y	MEDIO		
RESULTADOS	MALO		

Figura 11. Hoja de evidencia de registro.

Formato de Reporte por defecto

Ejemplos de un reporte por defecto en el proceso de desbaste con material *Nylamid*, realizado como se muestra en la Figura 12.

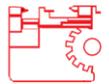
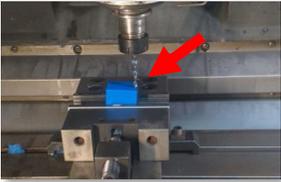
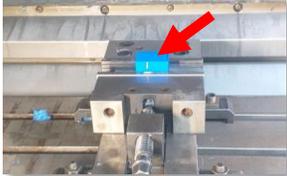
<div style="text-align: center;"> MAQUINADOS ROLDAN  </div>			
HOJA DE EVIDENCIA DE REGISTRO DE DEFECTOS O PIEZAS SCRAP			
PROCESO:	Desbaste	FECHA:	3 de octubre 2022
		HORA:	13:00 p.m
NUMERO DE PARTE:	PAD C05	OPERADOR:	Israel
MÁQUINA:	5	FIRMA DEL OPERADOR:	
DEFECTO			
Sujeción de material en prensa incorrecto			
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS			
No se realizo el apriete correcto del material con la prensa, y al contaco de la herramienta de desbaste mueve el material, generando la pieza scrap.			
ANÁLISIS			
El material de Nylamid es flexible, por ende se tiene que tener más cuidado para confirmar el apriete correcto y evitar movimiento al contacto con la herramienta de desbastando, no se cuenta con una hoja de proceso para el operador, el conocimiento de la actividad es práctico.			
CONTRAMEDIDA			
Confirmar el apriete correcto y colocar una marca de garantia en pieza.			
			
ANTES		DESPUÉS (OK)	
RESPONSABLE	Armando Aguilar Mtz.		
		NOMBRE DEL SUPERVISOR	
TIEMPO EN DÍAS	5		
SEGUIMIENTO, OBSERVACIÓN Y RESULTADOS	BUENO		
	MEDIO		
	MALO		
		FIRMA	

Figura 12. Reporte de defectos elaborado.

Ayuda visual

Una vez identificado el problema y realizado el reporte, se determinó colocar una ayuda visual como se muestra en la Figura 13, en la que el operador verifique los puntos críticos durante la elaboración de la pieza, en especial cuando trabaje con el material de *nylamid*, cabe mencionar que la contramedida implementada fue revisada durante 5 días, para confirmar que no vuelva a suceder el mismo problema, por lo que se obtuvo un buen resultado no se volvió a repetir.

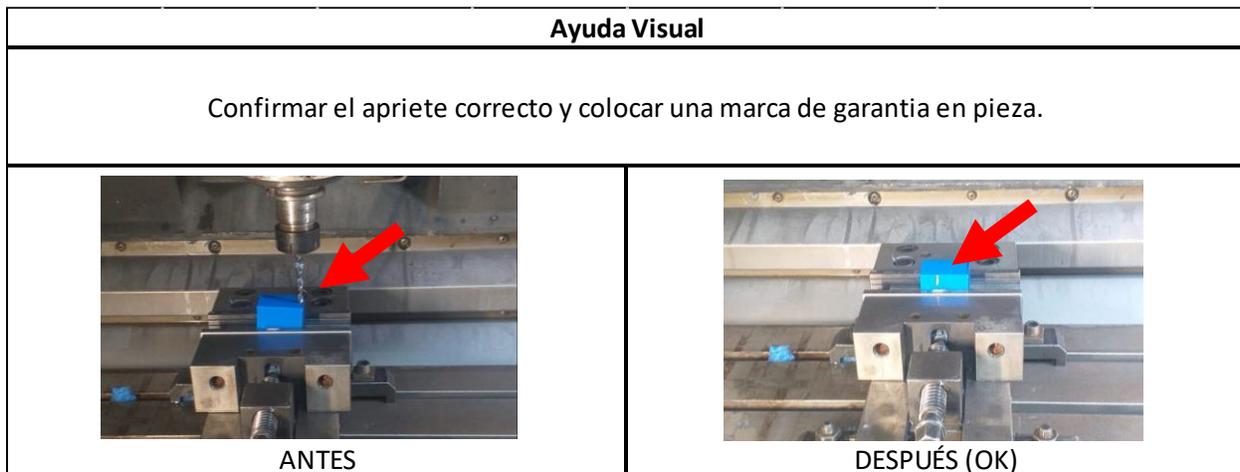


Figura 13. Ayuda visual, implementación de marcas de garantía.

Hoja Ruta

Se implementó una Hoja Ruta para elaboración de las piezas en Maquinados Roldán, después de las contramedidas realizadas en la línea de producción de preformado se definieron los pasos principales para el estándar de la operación, respetando las especificaciones del cliente, como el preformado, abrir caja, machueleado, suavizado o si tiene que enviarse a templado con proveedor externo, como se muestra en la ilustración 15, se platicó con los operadores los pasos que realizan par fabricación de piezas y se determinaron los pasos principales, cabe mencionar que en ocasiones las piezas llevan menos pasos, depende del plano de la orden de trabajo.

Procedimiento para el llenado de la Hoja Ruta, pasó por paso, respetando las siguientes indicaciones para el llenado correcto:

- a) Colocar el nombre de la empresa.
- b) Colocar el nombre de la parte a producir.
- c) Colocar el nombre del operador quien elabora la pieza.
- d) Colocar el nombre del producto que se va a procesar.
- e) Colocar el número de parte de la pieza a producir.
- f) Colocar la fecha actual del día de trabajo.

Hoja de asignación de número de cada paso para el proceso de la operación.

En la ver Tabla 4 se muestra y se anexa las actividades en cada paso, y se le coloca el número interno para un mejor control, con la experiencia que tiene el responsable de área le facilita el saber el avance del proceso de acuerdo a las especificaciones dadas en el plano, con estos pasos in ternos se monitorea la eficiencia del operador y garantía del trabajo que realiza.

Tabla 4. Hoja de asignación de pasos internos de Maquinados Roldán.

HOJA DE ASIGNACIÓN DE NÚMERO INTERNO DE LOS PASOS EN MAQUINADOS		
PREFORMADO, PERFORACIÓN Y SUAVIZADO		
NÚMERO	ACTIVIDAD	NO. INTERNO
1	Recibir diseño a producir.	P-01
2	Tomar material de acero o <i>nylamid</i> .	P-02
3	Trasladarse a máquina CNC.	P-03
4	Colocar material en la prensa.	P-04
5	Diseñar estrategia para iniciar la operación.	P-05
6	Escuadrar, alinear y sacar origen (pieza en prensa).	P-06
7	Iniciar barrenado y rimado.	P-07
8	Iniciar preformado.	P-08
9	Iniciar suavizado y acabado.	P-09
10	Iniciar machueleado y abrir cajas.	P-10
11	Realizar el calibrado en superficie especial. (Filo superficie abierta, calibrado superficie cerrada, formado).	P-11
12	Verificar la pieza.	P-12
13	Mandar a temple o recubrimiento (proceso externo).	P-13
14	Retoque final.	P-14
15	Fin de proceso.	P-15

En la investigación se encontró que no se cuenta con una Hoja de operación estándar o un método estandarizado, el conocimiento del operador mejora por la práctica día a día, se define en conjunto con el supervisor en la creación de un manual quedando de la siguiente forma:

Manual de Producción en Maquinados Roldan

Descripción de cada paso para el proceso de Maquinado

1. Recibir diseño a producir.

El responsable de área entrega la orden al operador de la pieza a producir con las especificaciones, la información en memoria USB para el software *solidwork*, ver Figura 15.



Figura 15. Recibir diseño a producir.

2. Tomar material de acero o *nylamid*.

En el almacén de materia prima, se encuentra el material para la pieza, el responsable de área le entrega al operador el material se revisa que esté en condiciones óptimas, ver Figura 16.



Figura 16. Tomar material de acero o nylamid.

3. Trasladarse a máquina CNC.

El operador se desplaza caminado hacia la máquina CNC asignada para llevar a cabo la operación con la orden de trabajo y el material, ver Figura 17.



Figura 17. Traslado a máquina CNC.

4. Colocar material en la prensa.

El operador coloca el material en la prensa de la máquina CNC, tiene que asegurarse con la llave de la prensa que el apriete este correcto para evitar movimientos al contacto con la herramienta de corte, ver Figura 18.



Figura 18. Colocar material en la prensa.

5. Diseñar estrategia para iniciar la operación.

El operador revisa el diseño en la computadora, como las piezas no son tan repetitivas, debe analizar el dibujo y definir de qué parte va iniciar su operación (careo, preformado, perforación o caja), ver Figura 19.



Figura 19. Diseñar estrategia para iniciar la operación.

6. Escuadrar, alinear y sacar origen (pieza en prensa).

El operador con ayuda de un instrumento llamado **Indicador**, se procede a escuadrar el material, alinear y sacar el origen, una vez realizada esta actividad ya se tiene listo el material en la prensa de la máquina CNC, ver Figura 20.



Figura 20. Escuadrar, alinear y sacar origen (pieza en prensa).

7. Iniciar barrenado y rimado.

El operador para hacer el barrenado y rimado en la máquina CNC, cuenta con una variedad de insertos para que el operador seleccione el correcto de acuerdo a las especificaciones de medida del diseño, ver Figura 21.



Figura 21. Iniciar barrenado y rimado.

8. Iniciar preformado.

El operador una vez que define por donde comenzar el preformado, selección de herramienta, genera el código con las indicaciones correspondientes y mientras está trabajando la máquina el operador observa que realice el proceso correctamente, ver Figura 22.



Figura 22. Iniciar preformado.

9. Iniciar suavizado y acabado.

El operador en esta etapa de avance, programan las indicaciones para terminar la pieza considerando que las especificaciones de tolerancia en la pieza son las correctas, ver Figura 23.



Figura 23. Iniciar suavizado y acabado.

10. Iniciar machueleado y abrir cajas.

El operador en el proceso de machueleado y abrir cajas, selecciona las herramientas requeridas, se realizan las indicaciones en *solidworks* para que se lleve el proceso de manera correcta y confirmar las medidas con micrómetro de mano digital, ver Figura 24.

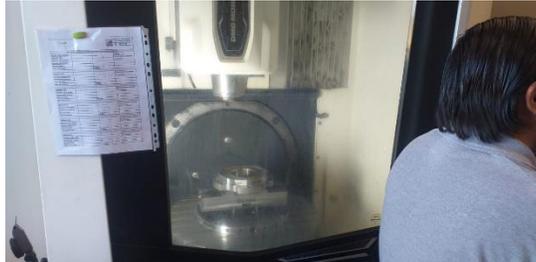


Figura 24. Iniciar machueleado y abrir cajas.

11. Realizar el calibrado en superficie especial (filo superficie abierta, calibrado superficie cerrada, formado).

El operador en este proceso de calibrado, realiza la comprobación con el indicador que se coloca en el usillo para revisar la pieza dependiendo el diseño, si es de corte se revisa el filo se muestra en la Figura 25, si es de superficie cerrada confirmar la circunferencia ver la Figura 26, y si es la confirmación es del preformado ver la Figura 27.



Figura 25. Realizar el calibrado en superficie (filo superficie abierta).



Figura 26. Realizar el calibrado en superficie especial (cerrado).



Figura 27. Realizar el calibrado en superficie especial (preformado).

Una vez que ya se realizaron los pasos anteriores el operador responsable de la operación confirma que las medidas de su pieza en físico contra diseño y estas sean las que el cliente solicita, ver Figura 28.

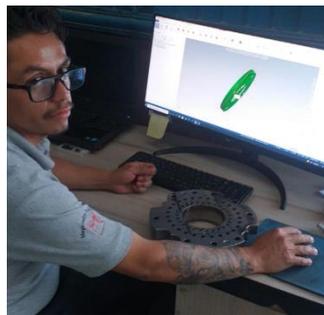


Figura 28. Verificar la pieza.

13. Mandar a temple (proceso externo).

La pieza que requiere que se le realice el temple, se envía al proveedor para que lo realice, ver Figura 29.



Figura 29. Mandar a temple (proceso externo).

14. Retoque final.

La pieza cunada llega del temple, en ocasiones sufre un poco de deformación por el tratamiento, se revisa medidas, las profundidades, las cajas etc., es por ello que se le da un retoque final. Se revisan las medidas con micrómetro de mano digital, ver Figura 30.

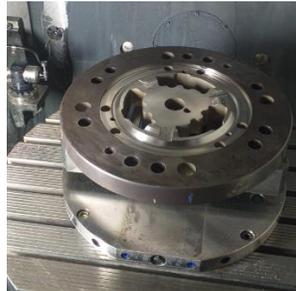


Figura 30. Retoque final.

15. Fin de proceso.

En esta parte se saca la pieza de la prensa de la máquina, se le revisan apariencia de todas las caras y se entrega al almacén, ver Figura 31.



Figura 31. Fin de proceso.

Verificar

Encuestas digitales

Para tener un control de los factores y problemas relacionados en la línea de producción se hizo una encuesta digital para que los operadores la realizaran, con estas respuestas se valida lo que se hizo como formato de registro de producción, ayuda visual y hoja ruta, la información es favorable sobre el funcionamiento de los formatos antes mencionados. Las respuestas se concentran en una base para la consulta, además de atender las necesidades que se presentan en tiempo real de la mejor forma. Es necesario que el compromiso del operador se vea reflejada en las respuestas de las preguntas que se elaboraron por el residente y aprobadas por el supervisor interno. Con ello se conoce el funcionamiento del equipo, herramienta y producción. Los resultados de la encuesta se presentan de la siguiente forma:

Lista de preguntas de la encuesta:

1. Nombre.
2. Selecciona la máquina CNC con la que trabajas.
3. Confirmar que tenga corriente eléctrica.
4. Confirmar nivel de aceite que se encuentre dentro del rango.
5. Confirmar nivel y concentración del refrigerante que se encuentre dentro del rango.
6. Confirmar la presión de aire que se encuentre dentro del rango.
7. Confirmar nivel de grasa que se encuentre dentro del rango.
8. Confirmar el PH en máquina corte con hilo CNC, que se encuentre dentro del parámetro.
9. Revisar las herramientas de la máquina en uso (insertos, brocas, etc.) cada vez que inicias el proceso de una nueva pieza.
10. Realiza el precalentamiento del husillo.
11. Reporte de anomalías durante la jornada de trabajo, en maquina CNC ¿Mencione cuál?

12. Reporte de anomalías durante la jornada de trabajo, en las herramientas de la máquina CNC ¿Mencione cuál?
13. Reporte de anomalías durante la jornada de trabajo, del material ¿Mencione cuál?
14. Seleccione la cantidad de piezas producidas y terminadas del día.
15. Mencione el número de parte de las piezas fabricadas.
16. Seleccione el número que indique las piezas NG fabricadas durante el día.
17. Mencione el número de parte.
18. Si la respuesta es Si hay piezas NG, mencione la causa.
19. Seleccione la casilla si quedo una pieza en proceso para el siguiente día.

Se tiene el registro de las personas que aplicaron la encuesta (pregunta 1) y en que máquina trabajaron (pregunta 2). En la Figura 32 se muestra la información de lo anterior.



Figura 32. Resultados de la pregunta 1 y 2.

El operador realiza la revisión inicial de la máquina CNC asignada que la maquina tenga corriente eléctrica (pregunta 3) y nivel de aceite (pregunta 4). En la Figura 33 se muestran los resultados.



Figura 33. Resultados de la pregunta 3 y 4.

El operador realiza la revisión inicial de la máquina CNC asignada, que la máquina este en el rango correcto del refrigerante (pregunta 5 y en la marca correcta de la presión del aire (pregunta 6). En la Figura 34 se muestran los resultados.

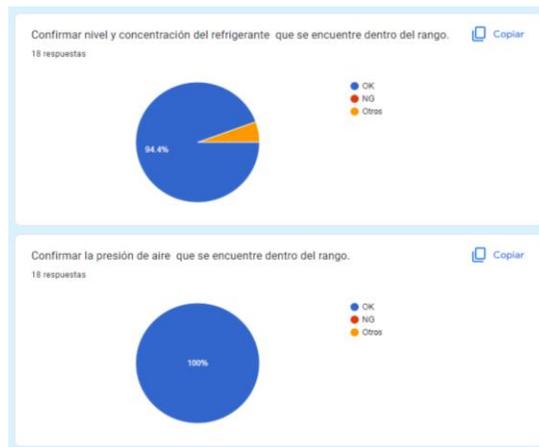


Figura 34. Resultados de la pregunta 5 y 6.

El operador realiza la revisión inicial de la máquina CNC asignada, que la máquina este en el rango correcto de la grasa (pregunta 7) y el PH del agua que se encuentre dentro de los parámetros que indica la máquina (pregunta 8). En la Figura 35 se muestran los resultados.

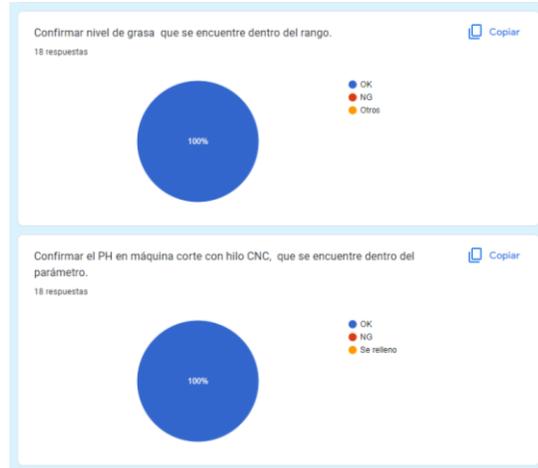


Figura 35. Resultados de la pregunta 7 y 8.

El operador realiza la revisión inicial de las herramientas como insertos, brocas, etc., que se encuentren en buenas condiciones para realizar el proceso de maquinado (pregunta 9) y de ser necesario el cambio de la broca por desgaste lo realiza, además tiene que realizar un precalentamiento del husillo (pregunta 10). En la Figura 36 se muestran los resultados.

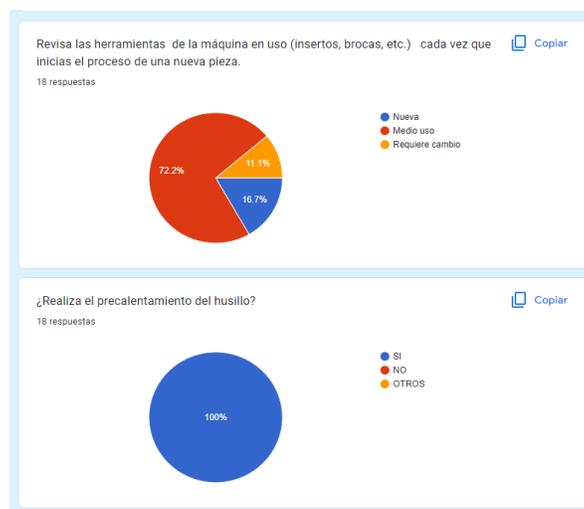


Figura 36. Resultados de la pregunta 9 y 10.

En esta pregunta se conoce las anomalías registradas durante la jornada de trabajo en el proceso de preformado, tanto por la maquina (pregunta 11) como por la herramienta de desbaste (pregunta 12). En la Figura 37 se muestran los resultados.

REPORTE DE ANOMALIAS DURANTE LA JORNADA DE TRABAJO, EN MÁQUINA CNC
¿Mencione cuál?
18 respuestas

No

Ninguno

Ninguna

Ninguno

Relleno de agua con refrigerante.

REPORTE DE ANOMALIAS DURANTE LA JORNADA DE TRABAJO, EN LAS HERRAMIENTA DE LA MÁQUINA CNC
¿Mencione cuál?
18 respuestas

No

Ok

Nada

Se quiebro la broca

Cambios por desgaste

Insertos dañados se reemplazan 2

Cambio

Figura 37. Resultados de la pregunta 11 y 12.

En esta parte se conoce las anomalías registradas durante la jornada de trabajo del material como metal o nylamid, (pregunta 13) y el registro de piezas terminadas por operador (pregunta 14). En la Figura 38 se muestran los resultados.

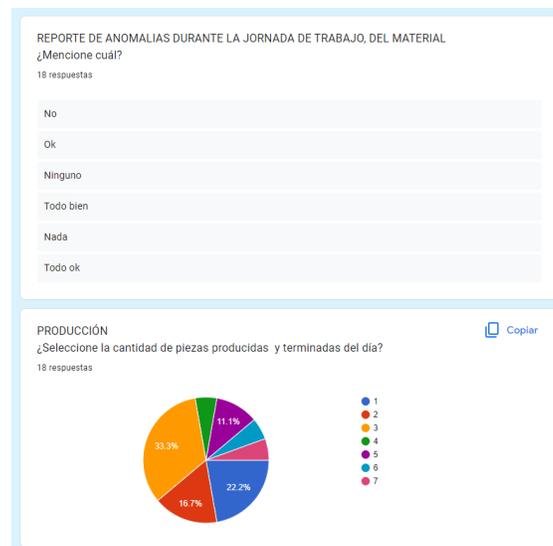


Figura 38. Resultados de la pregunta 13 y 14.

En esta se tiene el registro del número de parte que se fabricó (pregunta 15) y el registro de las piezas que se declaran Ng (piezas con defecto o scrap), (pregunta 16). En la Figura 39 se muestran los resultados.



Figura 39. Resultados de la pregunta 15 y 16.

El operador registra el número de parte que tiene defecto (pregunta 17) para conocer las razones, también se registra la causa que provoca el defecto (pregunta 18) y por último confirmar si dejó pieza en máquina CNC a medio proceso (pregunta 19). En la Figura 40 se menciona presentan los resultados de lo anterior.



Figura 40. Resultados de la pregunta 17, 18 y 19.

Actuar

Capacitación al personal

En la Figura 41, se tiene la evidencia de la capacitación a todo el personal sobre el llenado de los formatos que se implementaron, para tener el antecedente de los eventos relevantes y consultarlos cuando sea necesario. Las dudas que surgieron durante la plática por parte del operador, se le aclararon para que al momento de elaborarlo el contenido este completo.

Derivado de las actividades que se han realizado en la línea de preformado en la empresa de Maquinados Roldan, se determinó la estandarización con la Hoja Ruta, dicho documento es de mucha utilidad para garantizar el proceso de producción y el personal cuenta con el conocimiento de la misma, se les explicó lo importante que es seguir los pasos bajo un estándar que garantiza la calidad del trabajo de cada operador ante los compromisos que se tienen con los clientes.



Figura 41. Capacitación al personal.

Cronograma de actividades

Actividades por Quincena	Ago-1a	Ago-2a	Sept-1a	Sept-2a	Oct-1a	Oct-2a	Nov-1a	Nov-2a	Dic-1a
Conocer la línea de producción.									
Registrar la problemática que provoca piezas NG (pieza con error o pieza scrap).									
Encontrar soluciones para evitar los defectos.									
Evaluar los resultados.									
Estandarizar el proceso de producción.									
Reuniones de seguimiento con los asesores interno y externo.									
Elaboración y entrega del reporte final.									

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

Resultados

De acuerdo a todo lo que desarrollado en el proyecto, la metodología PDCA, ayudó en la guía de la implementación de herramientas de mejora, para contrarrestar las problemáticas identificadas, todo esto se logró iniciando partiendo de un análisis inicial del proceso de producción en la línea de preformado.

Durante las observaciones del proceso se encontraron causas o factores que no permiten que la calidad sea la requerida, es por ello que el responsable de área se le da la recomendación para que vigile las líneas de producción y platicar con el operador se este se encuentra realizando una actividad que no está dentro de su proceso, o está dejando de vigilar por el exceso de confianza el trabajo de la máquina CNC, por las indicaciones que se le dan.

En los defectos encontrados se realizó un reporte de registro, se llevó una investigación con el compañero involucrado, las causas de los defectos aportan información que se requieren para analizar las fallas, dar recomendaciones, colocar contramedidas, implementar herramientas de trabajo, capacitación del operador, etc.

En la etapa de encuestas digitales dirigida a los operadores, se desea conocer las condiciones en las que se encuentra la maquinaria, la herramienta de insertos y la calidad del material principalmente. Entre las preguntas se solicitó anotar anomalías, observaciones o recomendaciones para ser atendidas en el momento. Las solicitudes de los operadores tienen un proceso de revisión, hay correcciones de inmediato, correcciones que se dejan al final de la jornada o reposiciones de piezas que tardan varios días en llegar mientras se hace el proceso de compra.

Al personal operativo y responsable de área, se le capacito para realizar el llenado del formato de producción, mismo que se archiva para su consulta, el objetivo es conocer el tiempo que tarda de inicio a fin la pieza y anotar las observaciones que crea pertinentes, ejemplo si hubo falla en la máquina CNC, reposición de inserto, relleno de nivel de refrigerante, etc., estos datos se analizan y se determina si la inversión de tiempo en este tipo de casos es el correcto, si no se trabaja para disminuirlo en conjunto con el supervisor.

Al inicio del recorrido de la línea de producción se detectó materiales, herramienta o el mismo equipo desordenado, en todo lugar donde se realiza un trabajo, lo ideal es que se tenga un orden sobre los objetos que tienen que estar en cierta área, para esta mejora se le explico al personal la importancia de mantener 5's, cada uno en su área. Garantiza un buen ambiente, tienen las herramientas identificadas en el lugar correcto y no se pierde tiempo en buscarla. Se realizó la clasificación de los artículos que tiene que estar, tomando en cuenta los criterios de clasificación, es decir, lo que usas diario, lo que usas cada semana, lo que usas cada 6 meses y retirar los artículos que no se requieren para su proceso.

La Hoja ruta de MAQUINADOS ROLDAN es la que se establece para la elaboración del proceso de piezas maquinadas en la línea de preformado, la información que ahí se registra es la misma que se va guardar para generar el expediente interno, en el cual se pueda consultar cuando se requiera el tiempo promedio de fabricación. El operador se tiene que aprovechar al máximo durante la jornada para garantizar el programa de producción y entrega al cliente, con las especificaciones solicitadas.

Por último, se realizó un manual de proceso, mismo que sirve de consulta y para la capacitación del personal nuevo.

En esta Figura 42, se muestra el progreso de la mejora de 90% al 93% en la eficiencia de la línea de producción, logrando rebasar la meta propuesta quedando en un 95%, dando solución a los problemas que afectan directamente en la fabricación del producto.

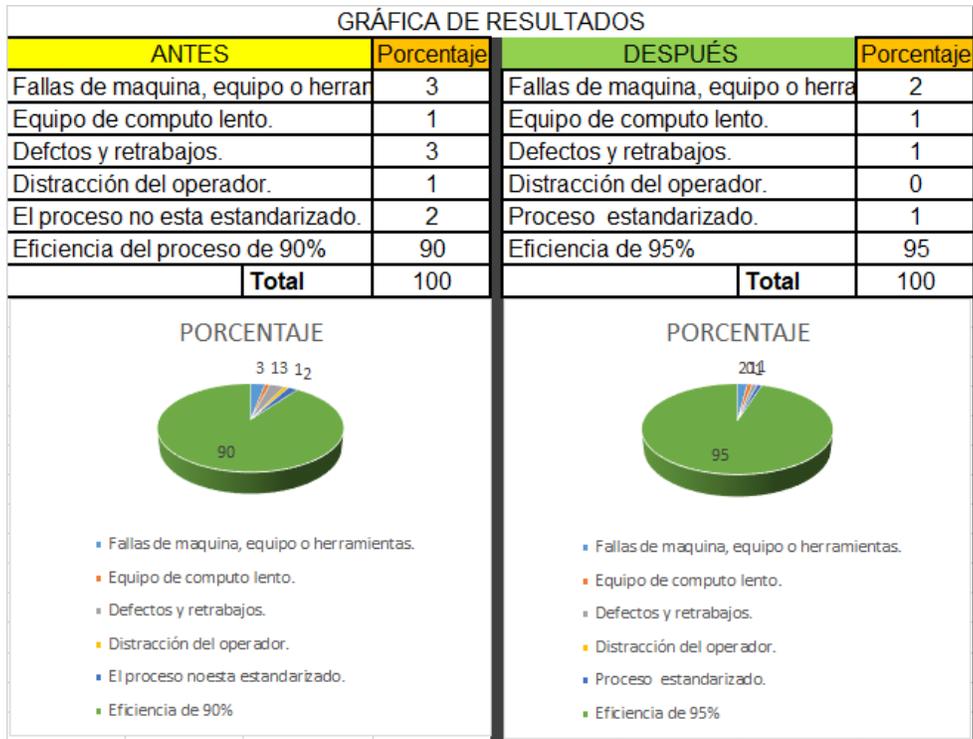


Figura 42. Gráfica de resultados.

A continuación, se muestra la tabla de resultados de manera concreta contrastando con los objetivos propuestos al inicio del proyecto:

Objetivo Propuesto	Resultado Esperado
Conocer la línea de producción.	Se conoce la línea de producción y cuenta con los elementos esenciales para el desarrollo de las actividades, ver Figura 3.
Detección de defectos. Implementación de reporte por defecto.	En la línea de producción se detectó varios problemas, que son factores que no garantizan la calidad del producto. Se realiza un reporte al operador involucrado para conocer las causas, se analiza y se da retroalimentación al operador para que no vuelva a suceder, ver Figura 12.
Encuesta a los operadores para conocer las condiciones generales de cada área de trabajo.	Se realizó la encuesta a 4 operadores, se identificaron los problemas principales gracias a esta encuesta. Y cuando el operador reporta fallas, en el equipo, herramienta o material se atienden en el momento por el supervisor.
Implementación de registro de producción diaria.	Se requiere conocer cuánto producto fabrican y en cuánto tiempo lo realizan, además de colocar observaciones en casos de ser necesario y se atienden directamente con el operador involucrado,

	ver Figura 9.
Implementación de 5's en el área del operador.	Se mantiene en orden el área del operador con las herramientas y equipo necesario, para evitar fallas o retrasos, ver Figura 10.
Estandarizar el proceso	Se implementó la Hoja ruta para la estandarización y control del proceso, se mejoró la calidad del trabajo en cada pieza maquinada y disminuyó el tiempo de fabricación, ver Figura 14.

Ilustraciones y Gráfica

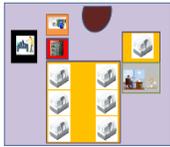


Figura 3



Figura 12

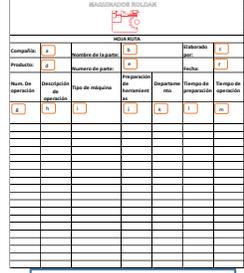


Figura 14



Tabla 3

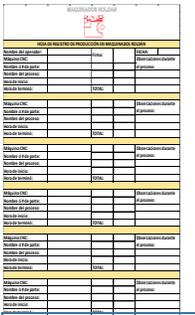


Figura 9

Uso de figuras

<u>Para mostrar</u>	<u>Utilice</u>
Recolección de ideas para mejoras.	Lluvia de ideas.
<i>Clasificación de problemas existentes.</i>	Diagrama de Ishikawa.
<i>Analizar el comportamiento de producción por operador.</i>	Gráfico de barras.
<i>Monitoreo del uso en máquina, material y herramientas.</i>	Gráfica de pastel.
<i>Estandarización del proceso de producción.</i>	Hoja ruta.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Conclusiones del Proyecto

Del diagnóstico se concluye que la empresa está en la disposición de mejorar el proceso de producción, y aprovechamiento del personal.

El tiempo de jornada tiene que ser medido, esto porque el diseño de cada pieza es diferente para cada operador en un mismo día.

- Se mejoró la comunicación del personal involucrado en la producción desde el operador hasta el gerente.
- Se comprobó que los registros en documentos son base para analizarlos eventos repetitivos, como tiempo, defectos, errores frecuentes para implementar contramedidas.
- Se confirmó que el trabajo estandarizado, genera buenos resultados en tiempo de fabricación, especificación del cliente y entregas a tiempo.

El personal de la empresa se involucró en las actividades, aportando ideas para la mejora de la operación.

La empresa estuvo en la mejor disposición para realizar cada una de las actividades planteadas. Y por consiguiente con el apoyo de todo el equipo se logró el objetivo planteado por el practicante sobre la mejora de la eficiencia de la línea de producción, asesorado por el supervisor interno y externo.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

- Diseñé, implementé, administré y mejoré sistemas integrados de abastecimiento, producción y distribución de organizaciones productoras de bienes y servicios, de forma sustentable y considerando las normas nacionales e internacionales.
- Conocí la estructura y funcionamiento básico para operar la maquinaria, herramientas, equipos e instrumentos de medición y control convencionales y de vanguardia.
- Integré, dirigí y mantuve equipos de trabajo inter y multidisciplinarios en ambientes cambiantes y multiculturales.
- Planeé y diseñé la localización y distribución de instalaciones para la producción de bienes y servicios.
- Actúe con sentido ético en su entorno laboral y social.
- Utilicé las tecnologías y sistemas de información de manera eficiente.
- Apliqué el trabajo colaborativo en equipos interdisciplinarios.
- Apliqué la habilidad de comunicación.
- Apliqué la capacidad de planeación, prospectiva y visión, nuevas alternativas.
- Apliqué la actitud de compromiso con la práctica de la ética y la toma de decisiones.

- Apliqué el desarrollar la capacidad de solucionar problemas con eficiencia, seguridad y economía.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

Fuentes de información

Bibliografía

- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2020). *Mejora continua de los procesos Herramientas y Técnicas* (Cuarta reimpresión ed.). Perú: FONDO EDITORIAL.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2020). *Mejora Continua de los Procesos Herramientas y Técnicas* (Cuarta reimpresión ed.). Perú: FONDO EDITORIAL.
- Camisión, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*. Madrid: PERSON Prentice Hall.
- Gutiérrez Pulido, H., & De La Vará Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (Segunda ed.). México: Mc Graw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., & De La Vará Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de la CALIDAD y Seis Sigma* (Segunda ed.). México: Mv Graw Hill.
- Palacios Acero, L. C. (2016). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos* (Segunda ed.). Bogotá: ECOE EDICIONES.
- Palacios Acero, L. C. (2016). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos* (Segunda ed.). Bogotá: ECOE EDICIONES.

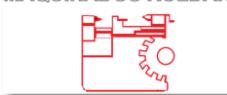
Referencias de internet:

- Palacios Acero, L. C. (2016). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos* (Segunda ed.). Bogotá: ECOE EDICIONES.
- https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/media/generated-content/images/causeandeffect_def.png tomada de internet.

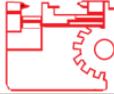
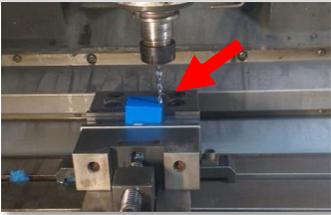
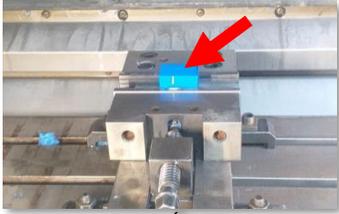
CAPÍTULO 9: ANEXOS

Anexos

Anexo 1. Hoja de registro de producción.

MAQUINADOS ROLDÁN				
				
HOJA DE REGISTRO DE PRODUCCIÓN EN MAQUINADOS ROLDÁN				
Nombre del operador:		Firma:		FECHA:
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		
Máquina CNC:				Observaciones durante el proceso:
Nombre ó # de parte:				
Nombre del proceso:				
Hora de inicio:				
Hora de terminó:		TOTAL:		

Anexo 2. Hoja de Registro por Defecto

MAQUINADOS ROLDAN			
			
HOJA DE EVIDENCIA DE REGISTRO DE DEFECTOS O PIEZAS SCRAP			
PROCESO:	Desbaste	FECHA:	3 de octubre 2022
		HORA:	13:00 p.m
NÚMERO DE PARTE:	PAD C05	OPERADOR:	Israel
MÁQUINA:	5	FIRMA DEL OPERADOR:	
DEFECTO			
Sujeción de material en prensa incorrecto			
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS			
No se realizó el apriete correcto del material con la prensa, y al contacto de la herramienta de desbaste mueve el material, generando la pieza scrap.			
ANÁLISIS			
El material de Nylamid es flexible, por ende se tiene que tener más cuidado para confirmar el apriete correcto y evitar movimiento al contacto con la herramienta de desbastando, no se cuenta con una hoja de proceso para el operador, el conocimiento de la actividad es práctico.			
CONTRAMEDIDA			
Confirmar el apriete correcto y colocar una marca de garantía en pieza.			
			
ANTES		DESPUÉS (OK)	
RESPONSABLE	Armando Aguilar Mtz.		
TIEMPO EN DÍAS		5	
SEGUIMIENTO, OBSERVACIÓN Y RESULTADOS	BUENO	FIRMA	
	MEDIO		
	MALO		
NOMBRE DEL SUPERVISOR			

