DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HOJA VIAJERA PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE MAQUINADOS CNC DE LA EMPRESA CARVIFLON S.A. DE C.V.

BAJO LA OPCIÓN:
TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:
Aiko Yolotzin Campos Reyes

DIRECTOR DE TESIS:
Ing. Eric Suárez Cruz

CODIRECTOR:
Mtro. Enrique de Jesús Mohedano Torres

REVISOR:
Mtra. Yanet Hernàndez Ortega

Pachuca de Soto, Hgo. 16 de octubre de 2026
77 páginas

AGRADECIMIENTOS

A mi familia
A mis padres y hermanos, por ser mi motor y mi refugio incondicional. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por su paciencia infinita durante las noches de desvelo y por celebrar cada pequeño avance como si fuera el último. Este logro es tan suyo como mío, porque su amor y apoyo son la base de todo lo que soy.

A mis asesores
Mi más sincero agradecimiento a mis asesores de tesis. Gracias por guiarme con su experiencia, por su paciencia al corregir cada borrador y por exigirme siempre dar lo mejor de mí. Sus valiosas observaciones y su rigurosidad académica no solo dieron forma a este proyecto, sino que me transformaron en una mejor profesional.

A la empresa
A Carviflon, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de desarrollar esta investigación en sus instalaciones. Agradezco profundamente a mis compañeros y jefes por compartir su conocimiento, por facilitarme las herramientas necesarias y por confiar en mi capacidad para aportar valor a la organización.

A mi novio
A mi novio, por ser mi roca y mi compañero de equipo en este viaje. Gracias por escuchar mis crisis y teorías a altas horas de la noche, por celebrar mis bloqueos superados y por recordarme respirar cuando el estrés parecía ganarme. Tu amor, tus palabras de aliento y tu apoyo incondicional fueron el impulso que necesité para llegar a la meta. Gracias por estar siempre.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar una hoja viajera estandarizada mediante la metodología PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) para mejorar el control y seguimiento del proceso productivo en el área de maquinados CNC de la empresa Carviflon S.A. de C.V., dedicada a la manufactura de componentes metálicos de precisión en México.

El estudio se planteó ante la ausencia de un documento de control estandarizado que acompañara a cada orden de producción a lo largo de las distintas estaciones de maquinado, lo cual generaba pérdida de trazabilidad, detección tardía de no conformidades, reprocesos por errores de especificación e incapacidad para calcular indicadores de productividad en tiempo real. El análisis de Pareto aplicado a 156 reportes de no conformidades confirmó que cinco causas concentraban el 80.1 % de los defectos y retrasos, todas vinculadas a la brecha de información en el piso de producción.

La investigación adoptó un diseño cuasi-experimental de un solo grupo con medición pre-test y post-test, de tipo aplicada con enfoque mixto predominantemente cuantitativo. Durante la fase de Planificar se elaboró el Mapa de Flujo de Valor (VSM), el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto para diagnosticar el estado actual; en la fase de Hacer se implementó la hoja viajera mediante un piloto en la línea de torneado CNC, extendiéndola posterior

ente a las 5 máquinas del área; en la fase de Verificar se midió el impacto mediante siete indicadores clave de desempeño (KPI) con pruebas estadísticas t de Student y Wilcoxon; y en la fase de Actuar se estandarizó el documento como HV-CNC-001 dentro del sistema de gestión documental de la empresa.

Los resultados demostraron que todos los indicadores superaron las metas establecidas en la hipótesis: el tiempo de búsqueda de información se redujo un 50.0 % (de 8.4 a 4.2 min/evento), los defectos internos por trazabilidad disminuyeron un 39.6 % (de 4.8 % a 2.9 %), el tiempo de ciclo total bajó un 18.8 % (de 72.0 a 58.5 horas por orden), los reprocesos por errores de especificación se redujeron un 45.5 %, y la Eficiencia General de los Equipos (OEE) incrementó del 67.3 % al 74.8 %. Las pruebas estadísticas aplicadas ($p < 0.05$ en todos los casos) confirman la significancia estadística de las mejoras observadas.

Se concluye que la hoja viajera, diseñada con base en un diagnóstico participativo y estructurada bajo el ciclo PDCA, constituye una herramienta de gestión visual eficaz y sostenible para el control de la producción en entornos de maquinado CNC de alta mezcla. Sus resultados posicionan a Carviflon S.A. de C.V. en una ruta de mejora continua compatible con los requisitos de la norma ISO 9001:2015.

Palabras clave: hoja viajera, control de producción, trazabilidad, maquinado CNC, ciclo PDCA, mejora continua, gestión visual.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS ..... **i**

RESUMEN ..... **ii**

CONTENIDO ..... **iii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **v**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **v**

INTRODUCCIÓN ..... **vi**

JUSTIFICACIÓN ..... **ix**

OBJETIVOS ..... **xi**

Capítulo 1. Contexto de la Investigación **1**

1.1. La empresa **1**

1.2. Planteamiento del problema **5**

1.2.1. Descripción del problema 5

1.2.2. Alcances y limitaciones 7

1.2.3. Hipótesis 7

Capítulo 2. Fundamentos Teóricos **8**

2.1. Control y seguimiento del proceso productivo **8**

2.1.1. Concepto y relevancia del control de producción 8

2.1.2. Trazabilidad en manufactura 8

2.1.3. Indicadores clave de desempeño en producción (KPI) 9

2.2. Hoja viajera como elemento de control **11**

2.2.1. Definición y características 11

2.2.2. Elementos constitutivos de una hoja viajera para maquinados CN 12

2.3. Procesos de maquinado CNC **15**

2.3.1. Fundamentos del maquinado por arranque de viruta 15

2.3.2. Control numérico computarizado CNC 16

2.3.3. Calidad en el maquinado de precisión **17**

2.4. Metodología PDCA 17

2.4.2. Las cuatro fases del ciclo PDCA **18**

2.5. Herramientas de diagnóstico y análisis utilizadas 19

2.5.4. Gestión visual (Visual management) **20**

2.6. Marco normativo y de referencia 21

2.6.1. ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de calidad 21

2.6.2. ISO 286-1:2010 – Especificaciones geométricas de productos (GPS 21

2.6.3. ISO 1302:2002 – Indicación del estado superficial: 21

2.6.4. NMX-CC-9001-IMNC-2015: 21

Capítulo 3. Procedimiento o método **23**

3.1.1. Tipo de enfoque e investigación 23

3.1.2. Alcance temporal y espacial **23**

3.2. Población y muestra **24**

3.2.1. Población 24

3.2.2. Muestra 25
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 26
3.3.1. Observación directa estructurada 26
3.3.2. Cronometría de actividades 27
3.4. Fase 1 – PLANIFICAR (Plan) 28
3.4.1. Diagnóstico del estado actual mediante VSM 28
3.4.2. Análisis de causa-efecto (Diagrama de Ishikawa) 29
3.4.3. Análisis de Pareto de defectos y retrasos 30
3.4.4. Definición de requerimientos de la hoja viajera 31
3.4.5. Diseño del formato de la hoja viajera 32
3.4.6. Plan de implementación 33
3.5. Fase 2 – HACER (Do) 33
3.5.1. Preparación para la implementación 33
3.5.2. Implementación piloto 34
3.5.3. Extensión a la totalidad del área 37
3.6. Fase 3 – VERIFICAR (Check) 38
3.6.1. Indicadores de desempeño y métodos de medición 38
3.6.2. Línea base (estado previo a la implementación) 38
3.6.3. Análisis estadístico de los resultados 41
3.7. Fase 4 – ACTUAR (Act) 41
3.7.1. Estandarización y documentación 41
3.7.2. Identificación de oportunidades de mejora para el siguiente ciclo PDCA 42
3.7.3. Acciones correctivas y preventivas 43
3.8. Consideraciones éticas de la investigación 43
3.9. Resumen del procedimiento metodológico 45

Capítulo 4. Evaluación o impacto económico 46
4.1. Escenario Económico de Referencia 46
4.2. Desglose del Impacto Financiero por Indicador 47
4.3. Consolidación de Ahorros y Proyección Anual 48

CONCLUSIONES 49

RECOMENDACIONES 50

REFERENCIAS 51

GLOSARIO 55

ANEXOS 60

ANEXO B. Guía de Observación Directa Estructurada (VSM) 62

ANEXO C. Guía de Entrevista Semiestructurada al Personal del Área 63

ANEXO D. Resultados del Análisis de Pareto – No Conformidades Internas 64

ANEXO E. Comparativo de Indicadores Pre y Post Implementación 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1) Personal Carviflon *1*
Figura 1. 2) Maquinado CNC *2*
Figura 1. 3) Piezas maquinadas CNC *3*
Figura 1. 4)Mapa Carviflon *4*
Figura 2. 1)Elemento de control 11
Figura 2. 2) Maquinas CNC *15*
Figura 3. 1) Personal Carviflon 24
Figura 3. 2) Clientes Carviflon *25*
Figura 3. 3) Observaciones *26*
Figura 3. 4) Encuesta *27*
Figura 3. 5) Encuesta *27*
Figura 3. 6) Bitácora utilizada para el registro de información *35*
Figura 3. 7) Consulta de la hoja viajera, como apoyo de la fabricación de una pieza producida en el área de maquinados CNC *36*
Figura 3. 8) Hoja viajera implementada *40*
Figura 3. 9)Registro manual de antes *40*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1)Composición del parque de máquinas en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V *3*
Tabla 1. 2)Problemas operativos identificados en el área de maquinados CNC y su nivel de impacto. *6*
Tabla 2. 1) Indicadores clave de desempeño (KPI) en producción CNC: definición, fórmula y valores de referencia 10
Tabla 2. 2)Parámetros típicos de corte para los materiales procesados en Carviflon S.A. de C.V. *16*
Tabla 2. 3)Normas aplicables al proyecto y su relación con la hoja viajera HV-CNC-001 ..... *22*
Tabla 3. 1) Tiempos medidos en el VSM del estado actual del área de maquinados CNC (orden tipo: 50 piezas de revolución) 29
Tabla 3. 2) Causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, clasificadas por categoría 6M, nivel de impacto y solución prevista en la hoja viajera *30*
Tabla 3. 3) Causa del defecto / retraso *31*
Tabla 3. 4) Incidencias registradas durante la implementación piloto de la hoja viajera en la línea de torneado CNC *35*
Tabla 3. 5) Indicadores de desempeño y métodos de medición *38*
Tabla 3. 6) Línea base (estado previo a la implementación) *39*
Tabla 3. 7)Comparativa de indicadores de desempeño antes y después de la implementación de la Hoja Viajera. *39*
Tabla 3. 8)Oportunidades de mejora identificadas para la segunda iteración del ciclo PDCA *43*
Tabla 3. 9) Fase PDCA *45*

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la industria manufacturera, las organizaciones enfrentan el desafío permanente de incrementar su competitividad mediante la optimización de sus procesos productivos, la reducción de desperdicios y el aseguramiento de la calidad. La creciente demanda de productos con altos estándares de precisión, tiempos de entrega cada vez más reducidos y una mayor capacidad de respuesta ante las necesidades del mercado ha impulsado a las empresas a fortalecer sus sistemas de control, seguimiento y trazabilidad de la producción. En este escenario, la implementación de herramientas que permitan registrar, monitorear y controlar cada etapa del proceso productivo constituye un elemento estratégico para garantizar la eficiencia operativa y la mejora continua.

En las empresas dedicadas al maquinado mediante Control Numérico Computarizado (CNC), la correcta administración de la información durante el proceso de fabricación resulta indispensable, ya que cada orden de producción requiere el cumplimiento de especificaciones técnicas, parámetros de maquinado, controles de calidad y registros que permitan identificar el historial completo de cada pieza fabricada. La ausencia de mecanismos documentados de seguimiento dificulta la trazabilidad del proceso, incrementa la posibilidad de errores operativos, genera reprocesos, retrasa la identificación de no conformidades y limita la disponibilidad de información confiable para la toma de decisiones.

Carviflon S.A. de C.V., empresa dedicada a la manufactura de componentes maquinados de precisión para diversos sectores industriales, no es ajena a esta problemática. El diagnóstico realizado en el área de maquinados CNC permitió identificar deficiencias relacionadas con la falta de un sistema estandarizado para el control y seguimiento de las órdenes de producción, lo que ocasiona pérdida de trazabilidad, omisión de información relevante durante las operaciones, dificultades para conocer el estado de avance de cada orden, retrasos en la detección de desviaciones del proceso y una alta dependencia de la experiencia del personal para transmitir la información operativa. Estas condiciones afectan la eficiencia del proceso productivo y dificultan la obtención de indicadores confiables para evaluar el desempeño del área.

Como respuesta a esta problemática, la presente investigación propone el diseño e implementación de una hoja viajera estandarizada que funcione como herramienta de control y seguimiento del proceso productivo. Este documento acompañará cada orden de producción durante todas las etapas de fabricación, permitiendo registrar información referente a las operaciones realizadas, parámetros de maquinado, tiempos de proceso, responsables de cada actividad, inspecciones de calidad y movimientos del material entre las diferentes estaciones de trabajo. De esta manera, se busca fortalecer la trazabilidad, facilitar la comunicación entre las

áreas involucradas y proporcionar información oportuna para la supervisión y la toma de decisiones.

El desarrollo del proyecto se fundamenta en la metodología de mejora continua PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), la cual proporciona un enfoque sistemático para identificar las causas del problema, diseñar la solución, implementarla en el proceso productivo, evaluar los resultados obtenidos mediante indicadores de desempeño y establecer acciones orientadas a la estandarización y mejora continua. La aplicación de esta metodología permite que la propuesta no solo atienda una necesidad operativa inmediata, sino que también contribuya al fortalecimiento del sistema de gestión de la producción de la empresa.

Asimismo, la investigación integra fundamentos teóricos relacionados con el control de la producción, la trazabilidad en procesos manufactureros, la gestión de la calidad, la manufactura esbelta, la gestión visual y el uso de hojas viajeras como herramientas para el seguimiento de procesos. Estos elementos proporcionan el sustento conceptual necesario para el diseño de la propuesta y permiten relacionar la problemática identificada con las mejores prácticas utilizadas en los sistemas modernos de manufactura.

Metodológicamente, el estudio corresponde a una investigación aplicada con enfoque predominantemente cuantitativo y alcance descriptivo-propositivo, orientada a resolver una problemática específica del entorno industrial. Para ello se emplearon técnicas como la observación directa, entrevistas semiestructuradas, análisis de registros históricos y medición de tiempos, las cuales permitieron establecer un diagnóstico inicial y evaluar el impacto de la implementación mediante indicadores clave de desempeño relacionados con la trazabilidad, los tiempos de búsqueda de información, los reprocesos y el tiempo de ciclo del proceso productivo.

Finalmente, el presente documento se encuentra estructurado en cinco capítulos. El primero describe el contexto de la investigación, el planteamiento del problema, la hipótesis y los objetivos. El segundo desarrolla los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. El tercer capítulo presenta la metodología empleada y el procedimiento seguido para el diseño e implementación de la hoja viajera mediante el ciclo PDCA. En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos durante la implementación y su análisis con base en los indicadores definidos. Por último, el quinto capítulo expone las conclusiones, recomendaciones y propuestas de mejora derivadas de la investigación.

Con este trabajo se pretende demostrar que la implementación de una hoja viajera estandarizada constituye una herramienta eficaz para fortalecer el control y seguimiento del proceso productivo en el área de maquinados CNC, contribuyendo a mejorar la trazabilidad de las órdenes de producción, optimizar la disponibilidad de información, reducir errores operativos y apoyar la toma de decisiones basada en datos. Asimismo, se busca que esta investigación sirva como referencia para futuras iniciativas de mejora continua y modernización de los sistemas de gestión de la producción en empresas del sector manufacturero.

JUSTIFICACIÓN

La competitividad de las empresas manufactureras depende en gran medida de su capacidad para controlar y dar seguimiento eficiente a cada una de las etapas que conforman sus procesos productivos. En los sistemas de maquinado CNC, donde se fabrican componentes con tolerancias estrictas y altos requerimientos de calidad, resulta indispensable disponer de mecanismos que garanticen la trazabilidad de las órdenes de producción, el registro oportuno de la información y la disponibilidad de datos confiables para la toma de decisiones.

En el caso de Carviflon S.A. de C.V., el diagnóstico realizado evidenció que el área de maquinados CNC presenta deficiencias relacionadas con la ausencia de un documento estandarizado que acompañe cada orden de producción durante todo el proceso. Esta situación ocasiona pérdida de trazabilidad, dificultades para identificar el estado de avance de las órdenes, retrasos en la detección de no conformidades, reprocesos por errores de especificación, dependencia de la experiencia del personal operativo y limitaciones para medir indicadores de desempeño como el tiempo de ciclo, la eficiencia de los equipos y los niveles de productividad. Estas problemáticas afectan directamente la eficiencia operativa, incrementan los costos de producción y reducen la capacidad de respuesta de la empresa frente a los requerimientos de sus clientes.

Ante este escenario, la presente investigación propone el diseño e implementación de una hoja viajera estandarizada como herramienta de control y seguimiento del proceso productivo, desarrollada mediante la metodología PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar). La aplicación de esta metodología permite identificar las causas del problema, diseñar una solución acorde con las necesidades del proceso, evaluar objetivamente sus resultados y establecer mecanismos para su estandarización y mejora continua, asegurando que la propuesta sea técnica, sistemática y sostenible.

Desde el punto de vista práctico, la implementación de la hoja viajera permitirá centralizar la información relevante de cada orden de producción en un único documento, facilitando el registro de operaciones realizadas, parámetros de maquinado, responsables de cada etapa, inspecciones de calidad, tiempos de proceso y movimientos del material entre estaciones de trabajo. Con ello se fortalecerá la trazabilidad del proceso, se reducirá el tiempo destinado a la búsqueda de información, se minimizarán los errores ocasionados por la falta de comunicación entre áreas y turnos, y se favorecerá la detección oportuna de desviaciones antes de que estas generen retrabajos o desperdicios.

Desde la perspectiva económica, la investigación representa una alternativa de mejora de bajo costo para la organización, ya que la implementación de una hoja viajera requiere una inversión significativamente menor en comparación con la adquisición de sistemas informáticos especializados para el control de la producción. Sin embargo, sus beneficios pueden traducirse en una reducción de costos asociados a reprocesos, desperdicios de material, tiempos muertos, retrasos en las

entregas y utilización ineficiente de los recursos productivos, generando un impacto positivo en la productividad y rentabilidad de la empresa.

En el ámbito organizacional, el proyecto contribuirá a fortalecer la estandarización de los procesos de manufactura, promover una cultura de registro y seguimiento de la información, facilitar la capacitación del personal de nuevo ingreso y disminuir la dependencia del conocimiento empírico de los operadores. Asimismo, proporcionará información confiable para la toma de decisiones por parte de supervisores, personal de calidad e ingeniería de procesos, permitiendo implementar acciones correctivas y preventivas basadas en evidencia.

Desde el punto de vista académico, esta investigación constituye una aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante la formación en Ingeniería Industrial, integrando herramientas de gestión de la producción, mejora continua, control de calidad, trazabilidad, gestión visual y análisis de procesos bajo un enfoque metodológico basado en el ciclo PDCA. Además, el estudio podrá servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con el diseño de sistemas de control documental y la optimización de procesos productivos en empresas de manufactura de precisión.

Finalmente, la investigación posee relevancia social e industrial al contribuir al fortalecimiento de la competitividad de una empresa manufacturera mexicana, favoreciendo procesos más eficientes, confiables y orientados a la satisfacción del cliente. La estandarización del control del proceso productivo no solo mejora el desempeño interno de la organización, sino que también fortalece su capacidad para cumplir con los requisitos de sistemas de gestión de la calidad, como la norma ISO 9001:2015, impulsando una cultura de mejora continua y excelencia operacional.

OBJETIVOS

Se establece un objetivo general y seis objetivos específicos para el presente trabajo.

OBJETIVO(S) GENERAL(ES):

Diseñar e implementar una hoja viajera estandarizada mediante la aplicación de la metodología PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) para mejorar el control y seguimiento del proceso productivo en el área de maquinados CNC de la empresa Carviflon S.A. de C.V.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

a) Diagnosticar el estado actual del sistema de control y seguimiento del proceso productivo en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V.
b) Determinar los requerimientos de información que debe contener la hoja viajera.
c) Diseñar el formato de la hoja viajera con base en los requerimientos identificados.
d) Implementar la hoja viajera en el área de maquinados CNC siguiendo el ciclo PDCA.
e) Evaluar el impacto de la implementación de la hoja viajera mediante el seguimiento de indicadores clave de desempeño (KPI).
f) Estandarizar y documentar el proceso de uso de la hoja viajera como parte del sistema de gestión de la producción de Carviflon S.A. de C.V.,

Capítulo 1. Contexto de la Investigación

1.1. La empresa

Carviflon S.A. de C.V. (2026) es una empresa mexicana dedicada a la manufactura de componentes metálicos de precisión, con especialización en el maquinado de piezas mediante el uso de tecnología de Control Numérico Computarizado (CNC). Fundada con el objetivo de atender la demanda creciente del sector industrial manufacturero en México, la empresa ha consolidado su presencia en el mercado nacional ofreciendo soluciones de alta calidad para sectores como el automotriz, aeroespacial, eléctrico y de bienes de capital.



Figura 1. 1) Personal Carviflon

Fuente: Carviflon S.A. de C.V. (2025)

La compañía cuenta con instalaciones equipadas con centros de maquinado de última generación, tornos CNC de múltiples ejes, fresadoras verticales y horizontales, así como equipos de medición y verificación dimensional que garantizan la conformidad de los productos con las especificaciones técnicas establecidas por sus clientes. Su estructura organizacional está compuesta por las áreas de Dirección General, Producción, Calidad, Ingeniería, Logística, Compras y Administración, las cuales interactúan de manera coordinada para asegurar la entrega oportuna de los pedidos.



Figura 1. 2) Maquinado CNC

Fuente: Carviflon S.A. de C.V. (2025

El área de maquinados CNC representa el núcleo operativo de la empresa, ya que en ella se concentra el mayor volumen de operaciones de transformación de materias primas en productos terminados. Esta área opera con múltiples máquinas herramienta de alta precisión que procesan materiales como acero inoxidable, aluminio, bronce, latón y plásticos de ingeniería, siguiendo programas de control numérico desarrollados por el departamento de ingeniería de procesos.



Figura 1. 3) Piezas maquinadas CNC

Fuente: Carviflon S.A. de C.V. (2025)

Tipo de máquina	Cantidad	% del parque	Función principal
Tornos CNC (2–5 ejes)	8	36%	Torneado de piezas de revolución
Centros de maquinado vertical (VMC)	7	32%	Fresado 3D, taladrado, roscado
Centros de maquinado horizontal (HMC)	5	23%	Piezas prismáticas complejas
Electroerosión por hilo (Wire EDM)	2	9%	Geometrías de alta complejidad
TOTAL	**22**	**100%**	

Tabla 1. 1)Composición del parque de máquinas en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V

Fuente: Elaboración propia con base en información interna de Carviflon S.A. de C.V. (2026).

Actualmente, Carviflon S.A. de C.V. atiende una cartera diversificada de clientes tanto nacionales como internacionales, lo que implica la gestión simultánea de múltiples órdenes de producción con diferentes especificaciones, materiales, procesos y plazos de entrega. Esta complejidad operativa demanda sistemas de control robustos que permitan garantizar la trazabilidad de cada componente a lo largo del proceso productivo.



Figura 1. 4)Mapa Carviflon

Fuente: Carviflon S.A. de C.V. (2025)

La misión de la empresa es fabricar componentes metálicos de precisión que superen las expectativas de sus clientes, a través de procesos eficientes, personal altamente calificado y tecnología de vanguardia. Su visión es consolidarse como referente regional en manufactura de precisión CNC, expandiendo su capacidad productiva y certificándose bajo estándares internacionales de calidad como la norma ISO 9001:2015.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción del problema

El área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V. presenta actualmente deficiencias significativas en el sistema de control y seguimiento del proceso productivo, las cuales impactan negativamente en la eficiencia operativa, la calidad de los productos y la capacidad de respuesta ante los requerimientos de los clientes. La ausencia de un documento de control estandarizado que acompañe físicamente a cada pieza o lote de producción a lo largo de las diferentes estaciones de trabajo genera una serie de problemas recurrentes que afectan el desempeño global del área.

En el contexto actual de operación, la información relativa a las órdenes de producción se transmite de manera verbal o mediante documentos no estandarizados que no recogen de forma sistemática los datos clave del proceso, tales como:

a) Las operaciones realizadas en cada máquina.
b) Los tiempos de ciclo efectivos.
c) Los operadores responsables de cada etapa.
d) Los resultados de las inspecciones de calidad intermedias.
e) Las cantidades producidas versus las planificadas.
f) Las causas de retraso o paro de máquina, ni las observaciones técnicas relevantes.

Esta situación genera los siguientes problemas operativos identificados a través de observaciones directas y entrevistas con el personal del área:

a) Pérdida de trazabilidad de los lotes de producción al desplazarse entre diferentes estaciones de maquinado, lo que dificulta identificar en qué etapa del proceso se encuentran las piezas en un momento determinado.
b) Retrasos en la detección de no conformidades, ya que, al no existir un registro formal de las inspecciones dimensionales intermedias, los defectos se identifican frecuentemente en etapas avanzadas del proceso, incrementando el costo de la no calidad.
c) Reprocesos innecesarios derivados de errores en la interpretación de los parámetros de maquinado, ocasionados por la falta de instrucciones claras y actualizadas que acompañen físicamente al material en proceso.
d) Dificultad para calcular indicadores de productividad en tiempo real, como la eficiencia general de los equipos (OEE), los tiempos de ciclo reales y las tasas de rechazo por operación.
e) Incapacidad para realizar auditorías de proceso efectivas, ya que no existe evidencia documental de las condiciones bajo las cuales se fabricó cada lote de producción.

f) Alta dependencia de la memoria del personal operativo para recordar las especificaciones y el estatus de avance de cada orden, lo que genera vulnerabilidad ante rotación o ausentismo de operadores clave.

Problema operativo	Frecuencia estimada	Nivel de impacto	Consecuencia principal
Pérdida de trazabilidad de lotes	~18/mes	Alto	Piezas sin historial de proceso
Detección tardía de no conformidades	~12/mes	Alto	Costos de retrabajo en etapas avanzadas
Reprocesos por errores de especificación	14.3/mes	Alto	Tiempo máquina y material desperdiciado
Dificultad para calcular KPI en tiempo real	Constante	Medio	OEE no disponible en tiempo real
Alta dependencia de memoria del operador	Constante	Alto	Riesgo ante rotación o ausentismo

Tabla 1. 2)Problemas operativos identificados en el área de maquinados CNC y su nivel de impacto.

Fuente: Elaboración propia con base en observación directa, entrevistas y análisis de registros históricos.

La falta de estandarización en el flujo de información productiva representa una brecha significativa entre el estado actual y el estado deseado del sistema de gestión de producción (Gómez y Campos, 2025). Esta problemática se agudiza en contextos de alta mezcla de productos y bajo volumen, característicos del sector de maquinados de precisión, donde cada orden puede implicar una secuencia de operaciones distinta y el manejo de tolerancias muy estrechas.

Ante este panorama, resulta imperativa la implementación de una herramienta de control que permita gestionar de manera sistemática la información del proceso productivo, facilitando la toma de decisiones oportuna y el aseguramiento de la calidad en cada etapa de la cadena de valor del área de maquinados CNC.

1.2.2. Alcances y limitaciones

1.2.3. Hipótesis

Hi: El diseño e implementación de una hoja viajera mediante la metodología PDCA mejorará significativamente el control y seguimiento del proceso productivo en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V., reduciendo los tiempos de búsqueda de información en al menos un 40%, los defectos por falta de trazabilidad en al menos un 30% y mejorando el tiempo de ciclo total del proceso en al menos un 15% durante los tres meses posteriores a su implementación.

Ho: El diseño e implementación de una hoja viajera mediante la metodología PDCA no generará mejoras estadísticamente significativas en los indicadores de control, seguimiento, calidad y eficiencia del proceso productivo en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V.

Variable independiente:
La hoja viajera diseñada e implementada mediante la metodología PDCA, entendida como el documento físico o digital estandarizado que acompaña a cada lote de producción y registra la información operativa, de calidad y de trazabilidad a lo largo de cada etapa del proceso productivo en el área de maquinados CNC (Alcala y Andrade, 2023).

Variables dependientes:

a) Tiempo de búsqueda de información sobre el estatus de órdenes de producción.
b) Número de defectos detectados por falta de trazabilidad o errores de especificación.
c) Tiempo de ciclo total del proceso productivo por orden.
d) Número de reprocesos atribuibles a errores de especificación o falta de instrucciones.
e) Disponibilidad de indicadores de productividad en tiempo real.

Capítulo 2. Fundamentos Teóricos

2.1. Control y seguimiento del proceso productivo

2.1.1. Concepto y relevancia del control de producción

El control de producción es una función esencial dentro de la gestión de operaciones manufactureras, cuyo propósito central es garantizar que los procesos productivos se ejecuten conforme a los planes establecidos, en términos de cantidad, calidad, tiempo y costo (Méndez y Solís, 2025).

De acuerdo con Calderón (2022), el control de la producción comprende el conjunto de actividades destinadas a dirigir las operaciones de manufactura hacia los objetivos planificados, mediante la medición del desempeño real, la comparación con los estándares y la implementación de acciones correctivas cuando se detectan desviaciones.

En el contexto de la manufactura de precisión, el control de producción adquiere una dimensión adicional relacionada con el aseguramiento de la conformidad dimensional y funcional de los componentes fabricados. Las especificaciones técnicas en este ámbito suelen ser sumamente estrictas, con tolerancias del orden de milésimas de milímetro, lo que hace indispensable contar con sistemas de control que garanticen la consistencia de los parámetros de proceso a lo largo de toda la cadena productiva (García, 2023).

2.1.2. Trazabilidad en manufactura

La trazabilidad se define como la capacidad de rastrear la historia, la aplicación, la ubicación o los componentes de un producto a lo largo de su cadena de producción y distribución (Marín, 2024). En el sector manufacturero, la trazabilidad abarca la identificación de los materiales utilizados, las máquinas que procesaron el producto, los operadores que realizaron cada operación, los parámetros de proceso aplicados y los resultados de las inspecciones de calidad realizadas en cada etapa (Logoño et al, 2025).

En el contexto del maquinado CNC, la trazabilidad implica mantener registros precisos de:

a) El número de programa CNC utilizado.
b) Las condiciones de corte aplicadas (velocidad, avance, profundidad de pasada).
c) Los materiales empleados (incluyendo el número de colada o certificado del material).
d) Las herramientas de corte utilizadas y su estado de desgaste.
e) Los resultados de las verificaciones dimensionales.

f) Los operadores que intervinieron en cada operación.

La ausencia de cualquiera de estos registros puede comprometer la capacidad de la empresa para responder ante reclamaciones de calidad o para realizar análisis de causa raíz cuando se presentan defectos en campo.

2.1.3. Indicadores clave de desempeño en producción (KPI)

Los indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés Key Performance Indicators) son métricas cuantificables que permiten evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos productivos (Rubio et al, 2025). En el contexto del control de producción en maquinados CNC, los KPI más relevantes incluyen:

a) Eficiencia General de los Equipos (OEE): Indicador compuesto que mide el porcentaje de tiempo productivo real respecto al tiempo productivo planificado, considerando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso. Un OEE de clase mundial se ubica en valores superiores al 85%.

b) Tiempo de ciclo: Tiempo total requerido para completar una unidad de producción desde el inicio hasta el final del proceso. Su medición y registro sistemático permite identificar cuellos de botella y oportunidades de reducción de tiempos improductivos.
c) Tasa de rechazo (ppm o %): Proporción de piezas no conformes respecto al total producido. En maquinado de precisión, tasas de rechazo superiores al 1% representan pérdidas significativas dada la inversión en tiempo de máquina y material.

d) Tiempo de entrega (Lead Time): Tiempo transcurrido entre la recepción de la orden de producción y la entrega del producto terminado al cliente interno o externo.

e) Tiempo de preparación de máquina (Setup Time): Tiempo invertido en los cambios de herramienta, programas y ajustes necesarios para iniciar la producción de un nuevo lote o referencia.

Tabla 4 Indicadores clave de desempeño (KPI) en producción CNC: definición, fórmula y valores de referencia.

KPI	Fórmula / Definición	Valor de referencia	Fuente de datos
OEE	Disponibilidad × Rendimiento × Calidad × 100	> 85% (clase mundial) 65–75% (promedio industria)	Hoja viajera + MES
Tasa de rechazo (%)	(Piezas NC / Total producidas) × 100	< 1% (clase mundial)	Reportes de calidad
Tiempo de ciclo	Fin operación − Inicio operación (min/pieza)	Depende del producto	Hoja viajera
Lead time	Entrega − Recepción de orden (horas)	< 72 h en el área CNC	Hoja viajera + ERP
Setup time	Tiempo de preparación por cambio de orden (min)	< 30 min (objetivo SMED)	Cronometría / HV
Tiempo búsqueda info	Tiempo operador buscando datos de proceso (min)	< 5 min/evento	Observación directa

Tabla 2. 1) Indicadores clave de desempeño (KPI) en producción CNC: definición, fórmula y valores de referencia.

Fuente: Elaboración propia con base en Rubio et al. (2025) y Méndez y Solís (2025).

2.2. Hoja viajera como elemento de control

2.2.1. Definición y características

La hoja viajera (también denominada tarjeta de ruta, orden de trabajo, ficha de proceso o travel card en inglés) es un documento de control de producción que acompaña físicamente a un lote de materiales o componentes a través de las diferentes etapas del proceso productivo, recogiendo información sobre las operaciones realizadas, los responsables, los tiempos, las cantidades y los resultados de inspección en cada etapa (Galvan, 2019).


Deja de hablar con personas

HOJA DE SCRIPT NÚMERO:
FECHA: // 20 PRODUCTORA:
DÍA: DIRECTOR:
LOCALIZACIÓN:
SECUENCIAS:
PLANOS:

SECUENCIA	PLANO	TOMA	CONTADOR	TIEMPO	AUDIO	OBSERVACIONES

Figura 2. 1)Elemento de control

Fuente: Carviflon S.A. de C.V. (2025)

Según este autor, la hoja viajera es un elemento fundamental de los sistemas de control de piso de planta, ya que funciona como el vínculo entre la planificación de la producción y la ejecución operativa. Su diseño debe contemplar tanto la información de entrada (especificaciones, instrucciones, materiales) como la información de salida (tiempos reales, cantidades producidas, resultados de inspección) de cada operación.

Las características esenciales que debe reunir una hoja viajera efectiva son:
Completitud: debe contener toda la información necesaria para ejecutar y controlar cada operación del proceso sin necesidad de consultar otros documentos.
Claridad: la información debe presentarse de manera visual, con lenguaje sencillo y sin ambigüedades, para facilitar su interpretación por parte de los operadores.
Trazabilidad: debe incluir campos de identificación únicos (número de orden, número de lote, referencia del producto) que permitan rastrear el historial completo de cada pieza.9

Flexibilidad: su formato debe ser adaptable a los diferentes tipos de productos y procesos sin perder su estructura estandarizada.
Practicidad: su uso debe ser ágil y no representar una carga administrativa excesiva para el personal operativo.

2.2.2. Elementos constitutivos de una hoja viajera para maquinados CN

En el contexto específico del maquinado CNC, una hoja viajera completa debe incorporar los siguientes elementos estructurales:

Sección de identificación
Corresponde al encabezado del documento e incluye: número de orden de producción, número de plano o referencia del componente, descripción del producto, material especificado (incluyendo norma o estándar), cliente destino, fecha de inicio planificada y fecha de entrega comprometida, cantidad total ordenada y cantidad por lote.

Secuencia de operaciones
Constituye el cuerpo principal de la hoja viajera y describe cronológicamente cada operación de maquinado a realizar. Para cada operación debe indicarse:

a) Número de operación.
b) Descripción de la operación.
c) Máquina o centro de trabajo asignado.
d) Programa CNC a utilizar.
e) Herramientas de corte y parámetros de corte (velocidad de corte, avance, profundidad de pasada).
f) Instrucciones especiales.
g) Tiempo estándar de ciclo.
h) Campos para registrar el tiempo real de inicio y fin.
i) Operador responsable.
j) Firma o código de identificación.

Sección de control de calidad
Integra los puntos de verificación dimensional e inspección visual establecidos a lo largo del proceso. Para cada punto de control debe especificarse:

a) Característica para inspeccionar.
b) Especificación nominal y tolerancias.
c) Método de medición o instrumento a utilizar.
d) Frecuencia de inspección (primera pieza, piezas intermedias o 100%).
e) Campo para registrar los valores medidos.
f) Disposición del lote (aprobado/rechazado/en espera de decisión).
g) Responsable de la inspección y firma o código.

Sección de trazabilidad de materiales
Registra la información de los materiales utilizados: número de certificado o colada del material, proveedor, dimensiones del material en bruto, cantidad consumida y cantidad restante.

Sección de seguimiento logístico
Registra los movimientos del lote entre estaciones de trabajo: fecha y hora de transferencia, cantidad transferida, persona que entrega y persona que recibe, y observaciones relevantes sobre el estado del material.

Sección de cierre
Registra la información de finalización del proceso: cantidad de piezas aceptadas, cantidad de piezas rechazadas, causas de rechazo, disposición final de los rechazos (reproceso, chatarra, devolución), firma de liberación del inspector de calidad y observaciones generales del proceso.

2.2.3. Beneficios de la implementación de la hoja viajera

Alonso (2022) señalan que la hoja viajera es uno de los pilares del sistema de gestión visual (Visual Management), que a su vez es un componente central de la manufactura esbelta (Lean Manufacturing).

Entre los beneficios descritos por estos autores se encuentran:

a) Reducción significativa de los tiempos de búsqueda de información sobre el estatus de las órdenes de producción, al centralizar todos los datos relevantes en un único documento de acompañamiento.
b) Mejora en la comunicación entre turnos de trabajo y entre diferentes áreas de la empresa, ya que la hoja viajera funciona como un lenguaje común que transmite el estado actual de cada orden sin depender de la comunicación verbal.

c) Reducción de errores de maquinado atribuibles a la interpretación incorrecta de las especificaciones técnicas, al proporcionar instrucciones claras y verificadas en el punto de uso.
d) Facilitación de los análisis de causa raíz ante no conformidades de calidad, al proporcionar evidencia documental de las condiciones de proceso bajo las cuales se fabricó cada lote.
e) Soporte para la capacitación y entrenamiento de personal nuevo, al servir como instrucción de trabajo en formato simplificado.
f) Generación de datos históricos de proceso que alimentan los sistemas de mejora continua y permiten el cálculo de indicadores de desempeño.

2.3. Procesos de maquinado CNC

2.3.1. Fundamentos del maquinado por arranque de viruta

El maquinado por arranque de viruta es un proceso de manufactura por remoción de material en el que una herramienta de corte, más dura que la pieza de trabajo, se desplaza a través de la misma eliminando material en forma de viruta para generar la geometría deseada. Las operaciones fundamentales de maquinado incluyen el torneado, el fresado, el taladrado, el rectificado, el mandrinado y el roscado, entre otras (Erazo et al, 2024).



Figura 2. 2) Maquinas CNC

Fuente: Carviflon S.A. de C.V.(2026)

De acuerdo con Copara (2025), los parámetros fundamentales que determinan la calidad y eficiencia del proceso de maquinado son:

a) La velocidad de corte (Vc), expresada en metros por minuto.
b) El avance (f), expresado en milímetros por revolución o por minuto.
c) La profundidad de pasada (ap), expresada en milímetros.

Material	Vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)	Acabado típico (Ra)
Acero inoxidable 316L	80–150	0.10–0.20	0.5–2.0	Ra 0.8–1.6 µm
Acero al carbono 1045	200–300	0.15–0.30	1.0–3.0	Ra 1.6–3.2 µm
Aluminio 6061-T6	400–800	0.15–0.35	1.0–4.0	Ra 0.4–1.6 µm
Bronce C360	150–250	0.10–0.25	0.5–2.5	Ra 0.8–1.6 µm
Latón	200–350	0.12–0.28	0.8–3.0	Ra 0.8–1.6 µm
Plásticos de ingeniería (Nylon/Delrin)	300–600	0.10–0.20	0.5–2.0	Ra 0.8–3.2 µm

Tabla 2. 2)Parámetros típicos de corte para los materiales procesados en Carviflon S.A. de C.V.

Nota: Los valores son rangos de referencia y pueden variar según geometría, herramienta y condiciones de corte específicas. Fuente: Elaboración propia con base en Copara (2025) y Erazo et al. (2024).

La selección correcta de estos parámetros, en función del material de la pieza y del material de la herramienta de corte, es determinante para obtener la calidad superficial requerida, mantener las tolerancias dimensionales y maximizar la vida útil de las herramientas.

2.3.2. Control numérico computarizado CNC

El Control Numérico Computarizado (CNC) es un sistema de automatización de máquinas herramienta en el que el movimiento de los ejes de la máquina es controlado mediante instrucciones numéricas generadas por un programa de computadora (Catota et al, 2025).

La introducción del CNC en la manufactura ha revolucionado la industria al permitir la producción de componentes con geometrías complejas, tolerancias estrechas y alta repetibilidad, con tiempos de configuración reducidos en comparación con el maquinado convencional (Catota et al, 2025).

En el contexto de la presente investigación, el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V. opera con máquinas de las siguientes categorías: tornos CNC de 2 a 5 ejes, centros de maquinado vertical (VMC) de 3 ejes, centros de maquinado horizontal (HMC) de 4 y 5 ejes, y máquinas de electroerosión por hilo (Wire EDM) para geometrías de alta complejidad. Esta diversidad de equipos implica diferentes necesidades de control y seguimiento que la hoja viajera debe contemplar.

2.3.3. Calidad en el maquinado de precisión

Según Guanaga y Naranjo (2023), la calidad en el maquinado de precisión se evalúa principalmente a través de dos dimensiones: la calidad dimensional (conformidad con las tolerancias especificadas en el plano) y la calidad superficial (acabado superficial expresado como rugosidad Ra, en micrómetros).

El aseguramiento de la calidad en el maquinado CNC requiere la implementación de controles en tres momentos del proceso:

a) Antes de la producción (verificación de materiales, programas y herramientas).
b) Durante la producción (inspecciones de primera pieza y piezas intermedias).
c) Después de la producción (inspección final del lote).

La hoja viajera es el vehículo natural para integrar estos tres momentos de control en un único documento de seguimiento.

2.4. Metodología PDCA

En los procesos de manufactura, la metodología PDCA ayuda a detectar problemas, proponer soluciones y comprobar si las mejoras aplicadas dan buenos resultados. En este proyecto, se toma como base para implementar una hoja viajera en el área de maquinados CNC, buscando mejorar el manejo de la información, llevar un seguimiento de cada operación y tener un mayor control sobre las actividades de producción.

2.4.1. Origen y fundamentos del ciclo PDCA

El ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), también conocido como ciclo de Deming o ciclo de Shewhart, es un método iterativo de gestión de cuatro etapas utilizado para el control y la mejora continua de los procesos y productos.

Souza (2024) describió el PDCA como una metodología de aprendizaje continuo que permite a las organizaciones mejorar sistemáticamente sus procesos mediante la iteración sucesiva de las fases de planificación, ejecución, verificación y acción correctiva. El ciclo no tiene un punto final; al completarse la fase de Actuar, el ciclo reinicia en la fase de Planificar, incorporando las lecciones aprendidas en la iteración anterior para establecer nuevos objetivos de mejora.

2.4.2. Las cuatro fases del ciclo PDCA

Planificar (Plan)
La primera fase del ciclo PDCA consiste en identificar el problema o la oportunidad de mejora, analizar las causas raíz del problema utilizando herramientas de análisis como el diagrama de Ishikawa, el Diagrama de Pareto, los 5 ¿Por qué? o el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), establecer los objetivos de mejora de manera específica y medible, y desarrollar el plan de acción que describe las actividades, responsables, plazos y recursos necesarios para implementar la solución.

En el contexto de la presente investigación, la fase de Planificar comprende: el diagnóstico del estado actual del sistema de control de producción en el área de maquinados CNC, la identificación de los requerimientos de la hoja viajera, el diseño del formato del documento y la elaboración del plan de implementación.

Hacer (Do)
La segunda fase del ciclo implica la ejecución del plan de acción diseñado en la etapa anterior, generalmente comenzando con una implementación piloto a pequeña escala para minimizar el riesgo de impactos negativos en la operación. Durante esta fase es fundamental recopilar datos de desempeño que permitan evaluar la efectividad de las acciones implementadas.

En la presente investigación, la fase de Hacer corresponde a la implementación de la hoja viajera en el área de maquinados CNC, incluyendo la capacitación del personal, el establecimiento de los procedimientos operativos estándar de uso, y la recopilación de datos de proceso durante el período de prueba piloto.

Verificar (Check)
La tercera fase consiste en evaluar los resultados obtenidos durante la implementación, comparando el desempeño real con los objetivos establecidos en la fase de Planificar. Esta evaluación se realiza mediante el análisis estadístico de los datos recopilados durante la fase de Hacer, utilizando herramientas como gráficas de control, análisis de varianza, pruebas de hipótesis o simplemente la comparación de indicadores antes y después de la implementación.

En el contexto de la investigación, la fase de Verificar implica el seguimiento de los KPI definidos (tiempos de búsqueda de información, tasa de defectos por trazabilidad, tiempo de ciclo, número de reprocesos) y la evaluación estadística de la diferencia entre el estado antes y después de la implementación de la hoja viajera

Actuar (Act)
La cuarta y última fase del ciclo comprende dos posibles cursos de acción en función de los resultados obtenidos en la fase de Verificar: si los resultados son satisfactorios, la solución se estandariza y se extiende a otras áreas o procesos de la organización; si los resultados no son satisfactorios, se identifican las causas de la brecha

entre los resultados esperados y los obtenidos, y se reinicia el ciclo en la fase de Planificar con un plan de acción mejorado.

En la presente investigación, la fase de Actuar incluye la estandarización del uso de la hoja viajera mediante la actualización de los procedimientos operativos estándar, la formación del personal de nuevos ingresos y la definición de un mecanismo de revisión periódica del formato y contenido de la hoja viajera para mantener su vigencia y pertinencia.

2.5. Herramientas de diagnóstico y análisis utilizadas

2.5.1. Mapeo de la cadena de valor (VSM)

El Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping, VSM) es una herramienta de diagnóstico y diseño de procesos, consisitente en la elaboración de representaciones gráficas del flujo de materiales e información a lo largo de todos los procesos involucrados en la transformación de la materia prima en producto terminado, desde el proveedor hasta el cliente (Vasques y Castañeda, 2023) .

En el contexto de la presente investigación, el VSM del estado actual del área de maquinados CNC permite identificar: los tiempos de ciclo de cada operación, los tiempos de espera entre operaciones, los inventarios en proceso (WIP), los métodos actuales de comunicación y control de la información, y las principales fuentes de desperdicio (mudas) en el flujo productivo. El VSM del estado futuro, elaborado a partir de los principios del Lean Manufacturing, incorpora la hoja viajera como elemento de mejora del flujo de información.

2.5.2. Diagrama causa-efecto Ishikawa

El diagrama causa-efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de Ishikawa, es una herramienta de análisis de calidad que permite identificar y organizar de manera sistemática las posibles causas de un problema o efecto indeseado. Las causas se clasifican típicamente en las categorías de las 6M: Mano de obra, Máquinas, Materiales, Métodos, Medio ambiente y Medición (Tachong et al, 2025).

En la presente investigación, el diagrama de Ishikawa es utilizado durante la fase de Planificar del ciclo PDCA para analizar las causas del problema central identificado: la falta de control y trazabilidad en el proceso productivo del área de maquinados CNC. Este análisis fundamenta la propuesta de la hoja viajera como solución integral a las causas identificadas.

2.5.3. Análisis de Pareto

El análisis de Pareto, basado en el principio de Pareto que establece que aproximadamente el 80% de los efectos son causados por el 20% de las causas, es una

herramienta de priorización que permite focalizar los esfuerzos de mejora en los problemas de mayor impacto. Se representa gráficamente mediante un diagrama de barras ordenadas de mayor a menor frecuencia o impacto, acompañado de una línea acumulativa de porcentaje (Pedrero et al, 2022).

En la investigación, el análisis de Pareto se aplica al análisis de los tipos de defecto más frecuentes en el área de maquinados CNC, así como a la identificación de las causas más recurrentes de retraso en las entregas y de paros de producción. Los resultados de este análisis guían el diseño de la hoja viajera hacia la atención prioritaria de las causas de mayor impacto.

2.5.4. Gestión visual (Visual management)

La gestión visual es un conjunto de técnicas de comunicación y control que hacen visibles el estatus, el progreso y las anomalías de los procesos productivos, permitiendo que cualquier persona pueda comprender de inmediato la situación del área de trabajo sin necesidad de consultar sistemas de información o solicitar explicaciones verbales (Castillo, 2023).

Este autor explica que las herramientas de gestión visual incluyen los tableros Kanban, los marcadores de niveles de inventario, los indicadores de posición de herramientas, los semáforos de producción y los documentos de control visual como la hoja viajera.

Además, señala que la gestión visual es un principio fundamental del Lean Manufacturing que elimina el desperdicio de la búsqueda de información y reduce los errores derivados de la comunicación deficiente entre operadores, turnos y áreas de la organización.

En este marco, la hoja viajera representa un instrumento de gestión visual que hace visible el estatus de cada orden de producción y las instrucciones de proceso en el punto de uso, eliminando la necesidad de recurrir a sistemas de información centralizados para acceder a la información operativa básica.

2.6. Marco normativo y de referencia

2.6.1. ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de calidad

Esta norma internacional establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad aplicable a cualquier organización, independientemente de su sector, tamaño y naturaleza. En su cláusula 8.5 (Producción y provisión del servicio), la norma requiere que la organización controle la producción mediante la disponibilidad de información documentada que describa las características de los productos a producir y los resultados a lograr; la disponibilidad y uso de los recursos de seguimiento y medición adecuados; y la implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega del producto.

2.6.2. ISO 286-1:2010 – Especificaciones geométricas de productos (GPS

Esta norma establece el sistema de tolerancias y ajustes para piezas cilíndricas lisas de uso general, proporcionando la base para la especificación dimensional de los componentes fabricados en el área de maquinados CNC. La hoja viajera debe ser compatible con el sistema de codificación de tolerancias de esta norma para facilitar la interpretación de las especificaciones por parte de los operadores e inspectores.

2.6.3. ISO 1302:2002 – Indicación del estado superficial:

Esta norma define los métodos para indicar los requisitos de estado de superficie (rugosidad) en la documentación técnica, lo cual es relevante para los campos de especificación de acabado superficial que debe incluir la hoja viajera en los procesos de maquinado.

2.6.4. NMX-CC-9001-IMNC-2015:

Equivalente nacional de la norma ISO 9001:2015, aplicable a empresas mexicanas que buscan la certificación de su sistema de gestión de la calidad. La hoja viajera diseñada en el presente proyecto considera los requisitos de esta norma para asegurar su compatibilidad con un eventual proceso de certificación de Carviflon S.A. de C.V.

Norma	Cláusula relevante	Relación con la hoja viajera
ISO 9001:2015	Cláusula 8.5	Requiere información documentada de las características del producto, controles de producción y trazabilidad. La hoja viajera da cumplimiento directo.
NMX-CC-9001-IMNC-2015	Cláusula 8.5	Equivalente nacional de ISO 9001:2015 aplicable a Carviflon para eventual certificación.
ISO 286-1:2010	Todo el estándar	Sistema de tolerancias para piezas cilíndricas; define la codificación dimensional que debe aparecer en la sección de control de calidad de la HV.
ISO 1302:2002	Todo el estándar	Indicación de rugosidad superficial en documentación técnica. Aplica a los campos de acabado Ra en la hoja viajera.

Tabla 2. 3)Normas aplicables al proyecto y su relación con la hoja viajera HV-CNC-001.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3. Procedimiento o método

El presente capítulo describe de manera detallada el procedimiento metodológico seguido para el diseño e implementación de la hoja viajera en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V. La investigación adopta un enfoque cuantitativo-descriptivo con alcance propositivo, estructurado bajo el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), que proporciona el andamiaje metodológico sobre el cual se articulan todas las etapas del proyecto.

3.1. Diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de enfoque e investigación

La investigación es de tipo aplicada con un enfoque mixto predominantemente cuantitativo. Se califica como aplicada porque su finalidad no es generar conocimiento teórico puro, sino resolver una problemática concreta identificada en el entorno productivo de Carviflon S.A. de C.V., mediante el diseño e implementación de una herramienta de control.

El componente cuantitativo se expresa en la medición de indicadores de desempeño antes y después de la intervención, mientras que el componente cualitativo se materializa en las observaciones de campo, las entrevistas con el personal y el análisis de documentación interna.

El alcance de la investigación es descriptivo-propositivo: descriptivo porque caracteriza con precisión el estado actual del proceso productivo y sus deficiencias, y propositivo porque formula e implementa una solución orientada a mejorar dicho estado.

El diseño es de comparación de un solo grupo con medición pre-test y post-test, dado que se evalúa el impacto de la implementación de la hoja viajera comparando indicadores clave antes y después de la intervención, sin la posibilidad de establecer un grupo control equivalente dentro del mismo proceso productivo.

3.1.2. Alcance temporal y espacial

El proyecto se desarrolló en un horizonte temporal de seis meses, distribuidos de la siguiente manera: dos meses para la fase de diagnóstico y diseño (Planificar), un mes para la implementación piloto (Hacer), dos meses para el seguimiento y evaluación de resultados (Verificar), y un mes para la estandarización y cierre del ciclo (Actuar).

El alcance espacial se limitó al área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V., específicamente a las líneas de torneado CNC y fresado CNC que concentran el mayor volumen de producción y el mayor número de órdenes activas simultáneamente.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población de estudio está constituida por la totalidad de las órdenes de producción procesadas en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V. durante el período de análisis. De acuerdo con los registros internos consultados, el área procesa en promedio 85 órdenes de producción por mes, lo que equivale a aproximadamente 510 órdenes en el semestre de estudio.

El personal involucrado en el proceso comprende a:

a) 4 operadores de máquinas CNC.
b) 1 inspectores de calidad.
c) 1 programador CNC.
d) 1 supervisor de producción.
e) 1 jefe de área.



Figura 3. 1) Personal Carviflon

Fuente: Carviflon S.A. de C.V. (2026)

3.2.2. Muestra

Para la fase de diagnóstico, se seleccionó una muestra no probabilística intencional de 30 órdenes de producción activas durante el mes de diagnóstico, representativas de las principales familias de productos que se fabrican en el área: piezas de revolución (torneadas), prismáticas (fresadas) y componentes de geometría compleja (fresado de 4 y 5 ejes).

Cliente	Descripcion	Disponibilidad	Piezas totales
KARCHER NORTH AMERICA DE MEXICO	MAQUINADO PTFE CARBON GRAFITO	Torneadas	20,000
CRIVERCON, S.A. DE C.V.	MAQUINADO PTFE CARBON GRAFITO	Torneadas	4
CRIVERCON, S.A. DE C.V.	MAQUINADO PTFE CARBON GRAFITO	Torneadas	2
ARDE NAWI	MAQUINADO PTFE CARBON GRAFITO	Prismaticas	10
ARDE NAWI	MAQUINADO PTFE CARBON GRAFITO	Prismaticas	10
DISTRIBUIDOR INDUSTRIAL DE PLASTICOS, METALES Y	MAQUINADOS PTFE VIRGEN	Prismaticas	30
ARIS SEAL DE MEXICO SA DE CV	EMPAQUE CLAMP PTFE VIRGEN	Prismaticas	5
ARIS SEAL DE MEXICO SA DE CV	EMPAQUE CLAMP PTFE VIRGEN	Prismaticas	12
ERIKA AMELIA GRANADOS MARTIN	MAQUINADO PTFE CARBON GRAFITO	Geometría compleja	70
DISTRIBUIDOR INDUSTRIAL DE PLASTICOS, METALES Y	MAQUINADO PTFE MOLLY	Geometría compleja	30
DISTRIBUIDOR INDUSTRIAL DE PLASTICOS, METALES Y	MAQUINADO PTFE MOLLY	Geometría compleja	30
EMPAQUETADURAS G H DE MEXICO SA DE CV	MAQUINADOS PTFE VIRGEN	Prismaticas	10
EMPAQUETADURAS G H DE MEXICO SA DE CV	MAQUINADOS PTFE VIRGEN	Geometría compleja	10
ELASTO-EMPAK DE MONTERREY, S.A. DE C.V.	MAQUINADOS NYLON	Torneadas	150
TECNICA INDUSTRIAL FFH, SA DE CV	MAQUINADO PTFE FIVI	Torneadas	12
OSCAR FERNANDO ZARATE GARCIA	PISTON GRAFITO PURO	Torneadas	1
OSCAR FERNANDO ZARATE GARCIA	PISTON GRAFITO PURO	Prismaticas	1
OSCAR FERNANDO ZARATE GARCIA	PISTON GRAFITO PURO	Geometría compleja	1
ANA ELISA MEDINA LEON	MAQUINADO PTFE CARBON 30%	Geometría compleja	50
MANUFACTURA Y LOGISTICA DE GRASAS Y LUBRICANT	MAQUINADOS NYLON	Geometría compleja	40
MANUFACTURA Y LOGISTICA DE GRASAS Y LUBRICANT	MAQUINADOS NYLON	Geometría compleja	12
MANUFACTURA Y LOGISTICA DE GRASAS Y LUBRICANT	MAQUINADOS NYLON	Geometría compleja	4
METALES Y COBRES DE ECATEPEC, S.A. DE C.V.	BARRA SOLIDA DE GRAFITO PURO	Torneadas	1
AUTOMATION AND TECHNOLOGY SOLUTIONS	SUFRIDERA TEFLON LATERAL HORNO NUEV	Prismaticas	45
AUTOMATION AND TECHNOLOGY SOLUTIONS	SUFRIDERA CENTRAL HORNO 40 MM	Torneadas	24
AUTOMATION AND TECHNOLOGY SOLUTIONS	SUFRIDERA PTFE FIBRA DE VIDRIO	Prismaticas	35
INDUSTRIAL SOLUTION	MAQUINADOS PTFE VIRGEN	Torneadas	115
MARLEN YARELY VEGA ANGELES	MAQUINADOS PTFE VIRGEN	Prismaticas	500
TREVIÑO GARCIA CARLOS DANIEL	CAMISA PTFE VIRGEN	Torneadas	1

Figura 3. 2) Clientes Carviflon

Fuente: Elaboración propia (2026)

Esta muestra fue seleccionada de manera que incluyera al menos 10 órdenes de cada familia de producto, asegurando representatividad de los diferentes tipos de operaciones y secuencias de proceso.

Para las entrevistas de diagnóstico, se consultó a la totalidad del personal supervisory (supervisor, jefe de área, programadores y jefe de calidad) y a los 4 operadores del turno considerando el tipo de máquina operada, con el objetivo de capturar perspectivas diversas sobre las deficiencias del sistema de control actual. Para la evaluación del impacto post-implementación, se tomaron como muestra las primeras 60 órdenes de producción procesadas con la hoja viajera durante el período de verificación, comparadas con las 60 órdenes del mes previo a la implementación que constituyeron la línea base de los indicadores de desempeño.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

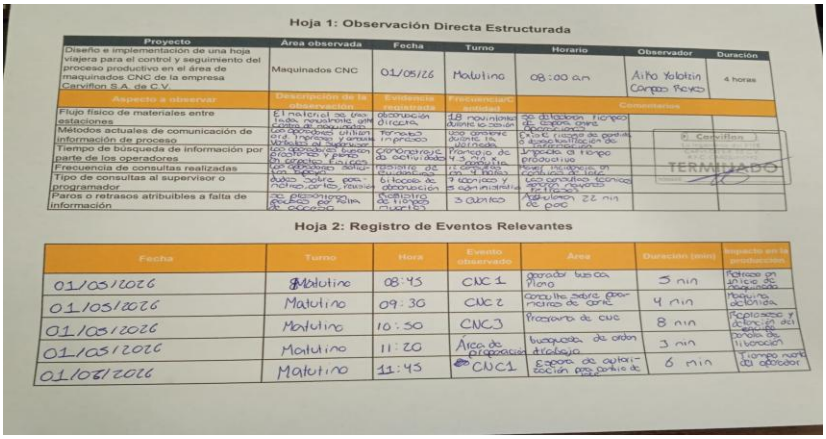
La recolección de datos se realizó mediante las siguientes técnicas e instrumentos, seleccionados en función de su idoneidad para capturar los diferentes tipos de información requeridos en cada fase del proyecto.

3.3.1. Observación directa estructurada

Se realizaron sesiones de observación directa en el piso de producción del área de maquinados CNC durante dos semanas, utilizando una guía de observación estructurada que contemplaba los siguientes aspectos:

a) Flujo físico de materiales entre estaciones.
b) Métodos actuales de comunicación de información de proceso.
c) Tiempos de búsqueda de información por parte de los operadores.
d) Frecuencia.
e) Tipo de consultas al supervisor o programador.
f) Evidencias de paros o retrasos atribuibles a falta de información.

Cada sesión de observación tuvo una duración de cuatro horas durante el turno de trabajo.



Hoja 1: Observación Directa Estructurada

Proyecto	Área observada	Fecha	Turno	Horario	Observador	Duración
Diseño e implementación de una hoja viajera para el control y seguimiento del proceso productivo en el área de maquinados CNC de la empresa Carvifton S.A. de C.V.	Maquinados CNC	01/05/26	Matutino	08:00 a.m	Aitor Yolotzin Campos Flores	4 horas

Aspecto a observar	Descripción de la evidencia	Evidencia (sí/no)	Frecuencia aproximada	Comentarios
Flujo físico de materiales entre estaciones	El material se mueve de forma manual entre estaciones	Observación directa	18 movimientos durante el turno	Se detectan tiempos de espera entre operaciones
Métodos actuales de comunicación de información de proceso	Comunicación verbal y uso de hojas de ruta	Parcial	Uso constante durante la jornada	Existe riesgo de pérdida o desactualización de información
Tiempo de búsqueda de información por parte de los operadores	Los operadores buscan planos y parámetros en computadoras y libretas	Confirmado	Promedio de 4 a 5 min por consulta	Impacta el tiempo productivo
Frecuencia de consultas realizadas	Los operadores consultan información en promedio cada 20 a 30 minutos	Parcial	12 consultas en 4 horas	Genera interrupciones en el flujo de trabajo
Tipo de consultas al supervisor o programador	Dudas sobre parámetros, cambios de herramientas y errores de programación	Confirmado	7 consultas y 3 de herramientas	Las consultas técnicas ocupan mayores tiempos
Paros o retrasos atribuibles a falta de información	No se identificaron paros durante el periodo de observación	Ausente	0 durante el periodo	Actividad de 22 min de paro

Hoja 2: Registro de Eventos Relevantes

Fecha	Turno	Hora	Evento observado	Área	Duración (min)	Impacto en la producción
01/05/2026	Matutino	08:45	CNC 1	operador busca plano	3 min	Retraso en inicio de maquinado
01/05/2026	Matutino	09:30	CNC 2	consulta sobre parámetros de corte	4 min	Máquina detenida
01/05/2026	Matutino	10:50	CNC 3	Preparación de CNC	8 min	Retraso y detención del proceso de liberación
01/05/2026	Matutino	11:20	Área de preparación	búsqueda de orden de trabajo	3 min	
01/05/2026	Matutino	11:45	CNC 1	Espera de aprobación por parte de	6 min	Tiempo muerto del operador

Figura 3. 3) Observaciones

Fuente: Elaboración propia (2026)

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas al personal identificado en la muestra, utilizando una guía de entrevista con 15 preguntas abiertas y de escala Likert diseñadas para explorar: la percepción del personal sobre las deficiencias del sistema actual de control, los tipos de información que consideran más críticos durante la ejecución del proceso, las causas más frecuentes de error o reproceso relacionadas con falta de información, y las sugerencias para mejorar el sistema de documentación. Las entrevistas fueron grabadas con consentimiento de los participantes y posteriormente transcritas para su análisis.



Figura 3. 4) Encuesta

Fuente: Personal de Carviflon S.A. de C.V. (2026)

Se revisaron los registros históricos disponibles en el área correspondientes a los seis meses previos al inicio del proyecto, incluyendo: reportes de no conformidades internas, registros de reprocesos y chatarra, bitácoras de paros de máquina, reportes de entregas tardías y los escasos documentos de control de proceso existentes. Este análisis permitió cuantificar la magnitud del problema y establecer la línea base de los indicadores de desempeño.

3.3.2. Cronometría de actividades

Se realizaron mediciones de tiempo mediante cronómetro en actividades específicas que serían impactadas por la implementación de la hoja viajera, entre ellas: tiempo promedio que un operador invierte en buscar información sobre los parámetros de maquinado de una orden, tiempo de configuración (setup) de máquina desde la recepción de la orden hasta el inicio del maquinado, y tiempo de transferencia de información entre turnos. Cada actividad fue cronometrada en al menos 20 repeticiones para obtener valores estadísticamente representativos.

3.4. Fase 1 – PLANIFICAR (Plan)

La fase de Planificar comprende el conjunto de actividades de diagnóstico, análisis y diseño que se desarrollaron durante los primeros dos meses del proyecto. Su objetivo fue construir una comprensión profunda y documentada del estado actual del proceso productivo, identificar con precisión las causas raíz del problema central y diseñar la solución (hoja viajera) con base en los requerimientos derivados del análisis.

3.4.1. Diagnóstico del estado actual mediante VSM

Como primera actividad de la fase de Planificar, se elaboró el Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado actual del área de maquinados CNC, siguiendo la metodología descrita por Rother y Shook (1999, citados por Tabone et al, 2024). El VSM fue construido en colaboración con el equipo de trabajo del área, comenzando por la identificación de la familia de productos de mayor volumen: los componentes de revolución (piezas torneadas), que representan aproximadamente el 55% del total de órdenes del área.

El mapeo del proceso se realizó en el siguiente orden: se identificaron todos los procesos de transformación involucrados y posteriormente se midieron los tiempos de ciclo y los tiempos de espera entre procesos. Por último, se mapearon los flujos de información que soportan el proceso productivo.

Los hallazgos del VSM del estado actual revelaron que el tiempo de procesamiento total (valor agregado) para una orden típica de 50 piezas de revolución era de 18.5 horas, mientras que el tiempo total de la orden (lead time) desde la recepción hasta la liberación era de 72 horas en promedio.

La relación entre tiempo de valor agregado y lead time total fue de apenas el 25.7%, lo que indica que el 74.3% del tiempo transcurrido en el proceso correspondía a actividades que no agregan valor al producto, entre las cuales las esperas por falta de información o por retrabajos representaban el segundo mayor segmento después de los tiempos de espera en cola.

Etapa / Operación	T. ciclo (min/pieza)	T. espera entre etapas (min)	WIP (piezas)	Observaciones VSM
Recepción de orden / preparación	45	—	5	Verificación de plano y programa
Torneado CNC (1.ª operación)	320	25	12	Operación principal; mayor tiempo de ciclo
Fresado CNC (2.ª operación)	180	35	8	Contorno y perforaciones
Inspección intermedia	30	15	3	Frecuentemente omitida por falta de doc.
Roscado / acabado	60	20	6	—
Inspección final / liberación	40	10	4	—
Embalaje y despacho	25	—	2	—
TOTALES	**700 min (11.7 h)**	**105 min (1.75 h)**	**40**	**Lead time total promedio: 72 h/orden**

Tabla 3. 1) Tiempos medidos en el VSM del estado actual del área de maquinados CNC (orden tipo: 50 piezas de revolución).

Nota: Lead time total promedio = 72 h/orden; tiempo de valor agregado = 18.5 h (25.7% del lead time).

Fuente: Elaboración propia con base en mediciones de campo y VSM (Rother y Shook, 1999, citados por Tabone et al., 2024)

.

3.4.2. Análisis de causa-efecto (Diagrama de Ishikawa)

Con base en los hallazgos de la observación directa, las entrevistas y el análisis de los registros históricos, se construyó un diagrama de Ishikawa (causa-efecto) para analizar de manera sistemática las causas del problema central: la falta de control y trazabilidad del proceso productivo en el área de maquinados CNC. El diagrama fue elaborado en una sesión de trabajo participativa con el equipo del área, en la que intervinieron el supervisor de producción, dos programadores CNC, el jefe de calidad y cuatro operadores con mayor experiencia.

El análisis de las causas identificadas, clasificadas en las categorías de las 6M, reveló lo siguiente:

a) Mano de obra: alta dependencia de la memoria individual de los operadores para recordar los parámetros de maquinado; falta de estandarización en la forma de registrar y comunicar la información de proceso entre turnos; capacitación insuficiente en el uso de documentación técnica.
b) Máquinas: ausencia de un punto de referencia documental en cada máquina que indique de manera inmediata la orden en proceso y sus especificaciones; dificultad para identificar el estatus de avance de cada orden al observar físicamente las máquinas.
c) Materiales: falta de identificación visible y estandarizada de los materiales en proceso; posibilidad de confundir lotes de materiales similares en apariencia pero con especificaciones diferentes.

d) Métodos: ausencia de un procedimiento estandarizado para el control y seguimiento documental de las órdenes de producción; falta de puntos formales de inspección y registro de calidad durante el proceso.
e) Medio ambiente: espacio físico desordenado que dificulta la localización de los materiales en proceso; ausencia de un sistema de gestión visual que haga evidente el estatus de cada orden.
f) Medición: falta de indicadores de desempeño calculados en tiempo real; ausencia de registros de los resultados de las inspecciones intermedias; imposibilidad de auditar las condiciones del proceso post-producción.

Categoría 6M	Causa identificada	Impacto	Solución en la HV
Mano de obra	Dependencia de memoria individual del operador	Alto	Cubre el ítem 1 de requerimientos críticos de la HV
Mano de obra	Falta de estandarización en comunicación entre turnos	Alto	Sección de seguimiento logístico de la HV
Máquinas	Ausencia de referencia documental en cada máquina	Alto	Porta-documentos + HV en punto de uso
Materiales	Falta de identificación estandarizada de lotes	Alto	Sección de trazabilidad de materiales de la HV
Métodos	Sin procedimiento de control documental de órdenes	Alto	POE-CNC-001/002/003
Métodos	Sin puntos formales de inspección intermedia	Alto	Sección de control de calidad de la HV
Medio ambiente	Espacio desordenado; sin gestión visual	Medio	Código de colores y gestión visual en la HV
Medición	Sin KPI calculados en tiempo real	Medio	Campos de tiempo real + integración ERP

Tabla 3. 2) Causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, clasificadas por categoría 6M, nivel de impacto y solución prevista en la hoja viajera.

Fuente: Elaboración propia con base en la sesión participativa de análisis de causas (supervisor, programadores, jefe de calidad y operadores).

El análisis de las causas identificadas permitió concluir que la causa raíz principal es la ausencia de un documento de control estandarizado que acompañe físicamente a cada orden de producción, centralizando en un único soporte la información de planificación, ejecución, verificación y trazabilidad del proceso.

3.4.3. Análisis de Pareto de defectos y retrasos

Para priorizar los problemas de mayor impacto, se realizó un análisis de Pareto sobre los 156 reportes de no conformidades internas registrados en los seis meses previos al proyecto. Los resultados del análisis identificaron que el 80% de los defectos internos (125 de 156 reportes) estaban asociados a cinco causas principales, ordenadas por frecuencia:

Causa del defecto / retraso	Frecuencia	% relativo	% acumulado
Parámetros de maquinado incorrectos por falta de instrucciones	42	26.9%	26.9%
Pieza maquinada con material incorrecto o sin verificar	31	19.9%	46.8%
Operación omitida por falta de secuencia documentada	24	15.4%	62.2%
Defecto no detectado a tiempo por ausencia de inspección intermedia	18	11.5%	73.7%
Retraso por búsqueda de plano o programa CNC	10	6.4%	80.1%
Otras causas (15 categorías)	31	19.9%	100%

Tabla 3. 3) Causa del defecto / retraso

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de Pareto confirman que las cinco causas prioritarias están directamente relacionadas con la ausencia de un documento de control que proporcione instrucciones claras, garantice la trazabilidad del material y defina los puntos de inspección intermedia. Esta evidencia refuerza la pertinencia de la hoja viajera como solución integral a las causas de mayor impacto.

3.4.4. Definición de requerimientos de la hoja viajera

Con base en los resultados del diagnóstico, se elaboró una matriz de requerimientos de la hoja viajera mediante talleres participativos con los usuarios finales del documento: operadores CNC, inspectores de calidad, supervisor de producción y jefe de área. Los requerimientos se clasificaron en tres niveles de prioridad:

Requerimientos críticos (indispensables):

a) Número único de orden de producción para trazabilidad completa del lote.
b) Referencia del componente, número de plano y revisión vigente.
c) Especificación del material con número de certificado o colada.
d) Secuencia detallada de operaciones con número de máquina asignada y programa CNC a utilizar.
e) Parámetros de corte por operación (velocidad, avance, profundidad de pasada, herramienta).
f) Campos de registro de cantidades: planificada, producida, rechazada y en reproceso por operación.
g) Puntos de inspección dimensional con especificaciones, tolerancias e instrumento de medición.
h) Campo para registrar los resultados reales de las inspecciones con firma del inspector.
i) Campos de identificación del operador responsable de cada operación.
j) Registro de tiempos: inicio y fin de cada operación.

Requerimientos importantes (necesarios):

a) Información de la herramienta de corte: tipo, código, vida útil restante.
b) Registro de condiciones de refrigerante y lubricación.
c) Campo para observaciones del operador por operación.
d) Código de colores o semáforo visual para indicar el estatus de cada operación.
e) Espacio para adjuntar la primera pieza inspeccionada o su evidencia fotográfica.

Requerimientos deseables (mejoran la experiencia):

a) Código QR de acceso al plano de fabricación en la red interna.
b) Indicación del cliente final para reforzar el sentido de responsabilidad del operador.
c) Fotografía de referencia del componente terminado.

3.4.5. Diseño del formato de la hoja viajera

Con los requerimientos definidos, el equipo de proyecto procedió al diseño del formato de la hoja viajera. Se elaboraron tres propuestas de diseño que fueron evaluadas por el personal del área mediante una rúbrica de valoración con criterios de claridad visual, completitud de información, practicidad de llenado, compatibilidad con el espacio físico de la máquina y facilidad de interpretación. La propuesta seleccionada (Propuesta B) obtuvo el mayor puntaje ponderado (88 de 100 puntos posibles) y fue sometida a una revisión final por el jefe de área y el departamento de calidad antes de su aprobación oficial.

El formato definitivo de la hoja viajera se estructuró en tamaño doble carta (28 x 43 cm) para el uso en papel impreso, con un diseño en tres secciones claramente delimitadas por franjas de color:

a) Una sección de identificación en la parte superior (fondo azul marino).
b) Una sección de operaciones y control de proceso en la parte central (fondo blanco con filas alternadas en azul claro).
c) Una sección de cierre y liberación en la parte inferior (fondo gris claro).

La hoja fue diseñada para ser plastificada y reutilizable en el caso de órdenes recurrentes, o impresa en papel resistente para órdenes especiales.

Los campos de la hoja viajera fueron diseñados con tipografía de alto contraste y tamaño mínimo de 10 puntos para facilitar la lectura en condiciones de iluminación variable propias del piso de producción. Los campos de llenado manual se diseñaron con un tamaño mínimo de 8 mm de alto para facilitar la escritura con guantes de trabajo. La codificación de colores adoptada fue: verde para operaciones

completadas y aprobadas, amarillo para operaciones en proceso, rojo para operaciones detenidas o con no conformidades, y gris para operaciones pendientes.

3.4.6. Plan de implementación

Como cierre de la fase de Planificar, se elaboró el Plan de Implementación del proyecto, el cual definió las actividades, responsables, plazos y recursos necesarios para las fases subsecuentes. El plan se estructuró como un diagrama de Gantt con 32 actividades distribuidas en las cuatro fases del ciclo PDCA, con un horizonte de seis meses y revisiones de avance quincenales. Las actividades críticas del camino fueron identificadas mediante el análisis de la ruta crítica (CPM), determinándose que las actividades de capacitación del personal y la validación del formato de la hoja viajera representaban los principales hitos de control del proyecto.

3.5. Fase 2 – HACER (Do)

La fase de Hacer comprende las actividades de implementación de la hoja viajera en el área de maquinados CNC, desarrolladas a lo largo del tercer mes del proyecto. Esta fase se estructuró en tres etapas sucesivas: preparación para la implementación, implementación piloto en una línea de producción, y extensión a la totalidad del área.

3.5.1. Preparación para la implementación

Previo al lanzamiento de la hoja viajera, se realizaron las siguientes actividades preparatorias, cuya correcta ejecución fue determinante para el éxito de la implementación:
Elaboración de procedimientos operativos estándar (POE): Se documentaron tres procedimientos operativos estándar relacionados con el uso de la hoja viajera:

a) POE-CNC-001 Llenado de la hoja viajera por el programador CNC
b) POE-CNC-002 Uso de la hoja viajera por el operador durante la producción*
c) POE-CNC-003 Inspección y liberación de operaciones mediante la hoja viajera.

Cada POE incluyó instrucciones paso a paso, imágenes de referencia para los campos clave y una sección de preguntas frecuentes.

Capacitación del personal: Se diseñó e impartió un programa de capacitación de 8 horas para el personal del área, estructurado en dos módulos: un módulo teórico de 3 horas sobre los objetivos del proyecto, el concepto de hoja viajera y su relación con la trazabilidad y la calidad, y un módulo práctico de 5 horas con ejercicios de llenado de la hoja viajera a partir de casos reales de órdenes de producción. La capacitación fue impartida en grupos de máximo 6 personas para garantizar la

atención personalizada, y se realizó en los tres turnos de trabajo para asegurar la cobertura total del personal.

Diseño del sistema de archivo y disposición física: Se definió la ubicación física de la hoja viajera en cada estación de trabajo (porta-documentos magnético fijado en la máquina a la altura de los ojos del operador), el mecanismo de transferencia entre turnos (la hoja permanece en la máquina y el operador saliente llena el campo de observaciones de turno antes de retirarse), y el sistema de archivo de las hojas viajeras completadas (archivo físico por número de orden en el área de calidad, con digitalización semanal).

Prueba de escritorio del formato: Antes del lanzamiento, se realizó una prueba de escritorio del formato con cinco operadores voluntarios, quienes llenaron la hoja viajera a partir de los datos reales de tres órdenes de producción activas. Los resultados de esta prueba identificaron cuatro campos con ambigüedades en su etiquetado, que fueron corregidos en la versión final del formato antes de la impresión del lote inicial.

3.5.2. Implementación piloto

La implementación piloto se realizó durante las primeras dos semanas del mes de implementación, limitando el uso de la hoja viajera a la línea de torneado CNC de la planta, que concentra 8 de las máquinas del área y procesa aproximadamente el 40% del volumen total de órdenes. Esta decisión fue adoptada para limitar el alcance de los posibles problemas de adopción y facilitar el seguimiento cercano por parte del equipo de proyecto.

Durante el piloto, se asignó a un miembro del equipo de proyecto como facilitador de tiempo completo en el piso de producción, con la función de apoyar al personal en el llenado correcto de la hoja viajera, resolver dudas en tiempo real y registrar todas las incidencias relacionadas con el uso del nuevo documento.

Se registraron un total de 23 incidencias durante las dos semanas del piloto, de las cuales 14 correspondieron a errores de llenado (campos omitidos o datos incorrectos), 6 a solicitudes de aclaración sobre el significado de campos específicos, y 3 a sugerencias de mejora al formato.

Tipo de incidencia	Semana 1	Semana 2	Total (%)	Acción tomada
Errores de llenado (campos omitidos o incorrectos)	11	3	14 (61%)	Refuerzo en capacitación; aclaración de campos
Solicitudes de aclaración sobre campos específicos	5	1	6 (26%)	Actualización de instructivo con ejemplos
Sugerencias de mejora al formato	2	1	3 (13%)	Ajuste menor al diseño del formato
TOTAL	**18**	**5**	**23 (100%)**	

Tabla 3. 4) Incidencias registradas durante la implementación piloto de la hoja viajera en la línea de torneado CNC.

Fuente: Registro de incidencias del equipo de proyecto (facilitador en piso).

Las incidencias registradas fueron analizadas al término de la primera semana del piloto en una reunión del equipo de proyecto, en la que se implementaron ajustes menores al formato y se reforzaron los contenidos de la capacitación en los temas que generaron mayor número de errores. Al término de la segunda semana del piloto, el número de errores de llenado se había reducido en un 78%, evidenciando una curva de aprendizaje favorable en el personal.

Para fundamentar técnicamente la reducción de incidencias durante la prueba piloto, se realizó una comparación de la bitácora tradicional utilizada en la Semana 1 contra el formato optimizado (HV-CNC-001) introducido en la Semana 2:

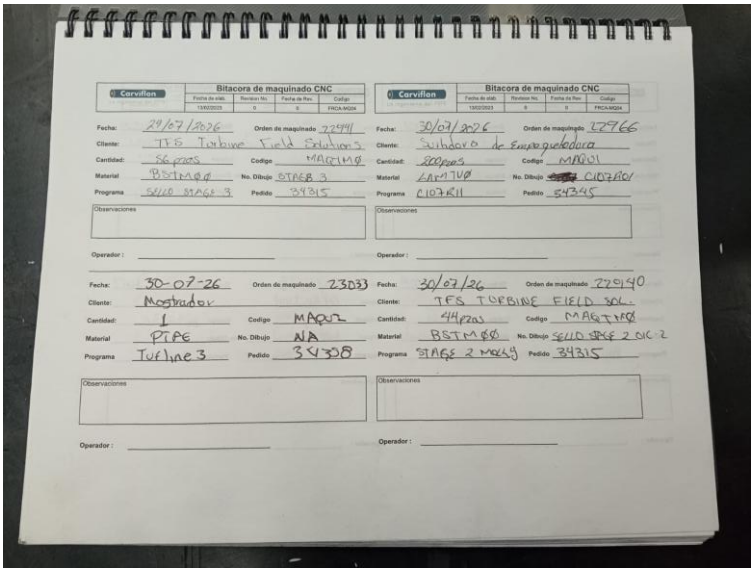


Figura 3. 6) Bitácora utilizada para el registro de información

Fuente: Elaboración propia con base a la evidencia recopilada en el área de maquinados CNC

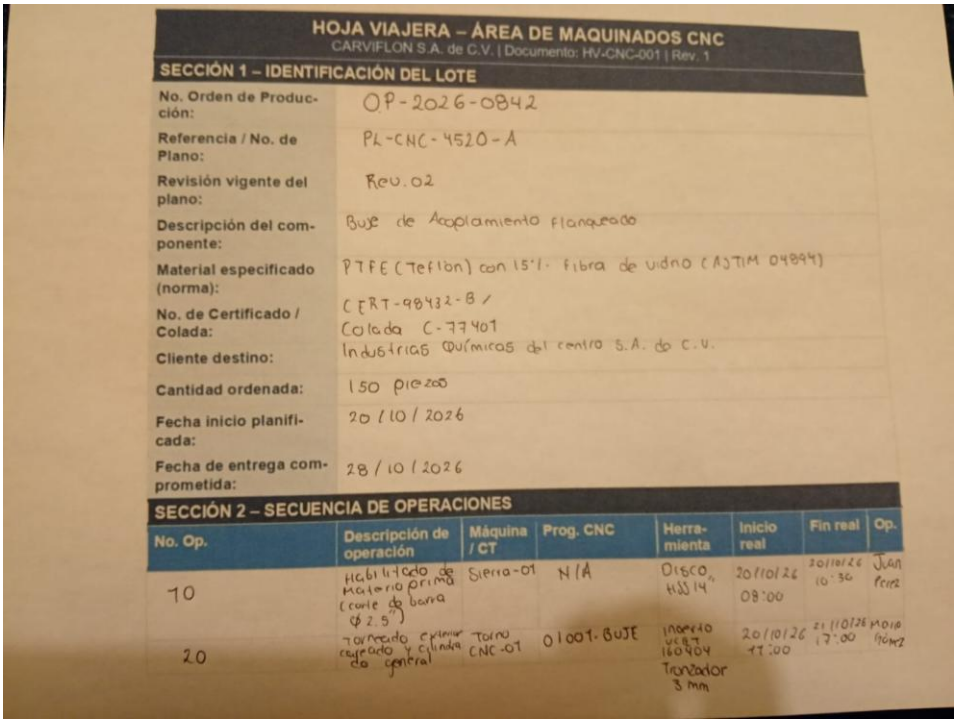
El registro histórico presentaba una omisión sistemática en la captura de la identidad del operador y de las validaciones de calidad. Esta falta de firma de

liberación generaba un vacío en la trazabilidad del factor humano, impidiendo la delimitación de responsabilidades por estación de trabajo.

La presencia recurrente de tachaduras y notas informales sobre especificaciones y códigos de parte comprometía la integridad de la información en piso. Esta ambigüedad informativa incrementaba la variabilidad del proceso, provocando reprocesos por mala interpretación de tolerancias.

El formato anterior carecía de campos obligatorios para el registro de la norma del material (especificación técnica), número de colada/certificado de calidad y cronometría real de procesamiento (tiempos de inicio y fin). Esto anulaba la trazabilidad del lote y la capacidad de auditar tiempos muertos o cuellos de botella.

El nuevo instrumento establece un diseño estandarizado subdividido estratégicamente en Sección 1 (Identificación del Lote) y Sección 2 (Secuencia de Operaciones). Esta arquitectura documental facilita la navegación visual del operador y agiliza la consulta de parámetros de corte en el punto de uso.



HOJA VIAJERA – ÁREA DE MAQUINADOS CNC
CARVIFLON S.A. de C.V. | Documento: HV-CNC-001 | Rev. 1

SECCIÓN 1 – IDENTIFICACIÓN DEL LOTE

No. Orden de Producción:	OP-2026-0842
Referencia / No. de Plano:	PL-CNC-4520-A
Revisión vigente del plano:	Rev. 02
Descripción del componente:	Buje de Acoplamiento Flangeado
Material especificado (norma):	PTFE (Teflón) con 15% fibra de vidrio (ASTM D4894)
No. de Certificado / Colada:	CERT-98432-B / Colada C-77401
Cliente destino:	Industrias Químicas del Centro S.A. de C.V.
Cantidad ordenada:	150 piezas
Fecha inicio planificada:	20 / 10 / 2026
Fecha de entrega comprometida:	28 / 10 / 2026

SECCIÓN 2 – SECUENCIA DE OPERACIONES

No. Op.	Descripción de operación	Máquina / CT	Prog. CNC	Herramienta	Inicio real	Fin real	Op.
10	Habilitado de material prima (corte de barra Ø 2.5")	Sierra-01	N/A	Disco HSS 14"	20/10/26 08:00	20/10/26 10:30	Juan Pérez
20	Torneado exterior, refrentado y cilindrado general	Torno CNC-01	O1001-BUJE	Inserto VBMT 160404 Tronzador 3 mm	20/10/26 11:00	21/10/26 17:00	M. Ortiz (turno 2)

Figura 3. 7) Consulta de la hoja viajera, como apoyo de la fabricación de una pieza producida en el área de maquinados CNC

Fuente: Elaboración propia con base a la implantación piloto

Trazabilidad Integral del Producto y Proceso: Garantiza la captura del 100% de las variables críticas de entrada y salida, incluyendo la norma de la materia prima (p. ej., PTFE ASTM D4894), el certificado de colada (CERT-98432-B), la codificación del programa CNC, el herramental asignado y el control cronológico estricto por operación.

Aseguramiento de Calidad y Control Operativo por Estación: Incorpora puntos de control obligatorios mediante casillas de verificación (checkboxes) y campos explícitos de firma para el operador (Op.) e inspector de calidad. Esto formaliza la liberación de cada fase productiva, asegurando que ninguna pieza avance a la siguiente etapa sin previa validación dimensional.

3.5.3. Extensión a la totalidad del área

Con base en los resultados satisfactorios del piloto, se procedió a extender la implementación de la hoja viajera a la totalidad del área de maquinados CNC durante la tercera y cuarta semanas del mes de implementación. La extensión se realizó por grupos de máquinas: en la tercera semana se incorporaron los centros de maquinado vertical (VMC) y en la cuarta semana los centros de maquinado horizontal (HMC) y las máquinas de electroerosión.

La extensión estuvo acompañada de sesiones de capacitación de refuerzo de 2 horas para el personal de los grupos de máquinas que se incorporaban, haciendo énfasis en las lecciones aprendidas durante el piloto. Al término del mes de implementación, la totalidad de las 22 máquinas del área operaba con la hoja viajera, y el porcentaje de campos correctamente llenados en las hojas revisadas alcanzaba el 91.3%, superando el objetivo mínimo del 85% establecido en el plan de implementación.

3.6. Fase 3 – VERIFICAR (Check)

La fase de Verificar comprende el seguimiento sistemático de los indicadores de desempeño durante los dos meses posteriores a la implementación completa de la hoja viajera, con el objetivo de cuantificar el impacto real de la intervención y determinar si se alcanzaron los objetivos establecidos en la hipótesis de investigación.

3.6.1. Indicadores de desempeño y métodos de medición

Los indicadores de desempeño (KPI) seleccionados para la evaluación del impacto de la hoja viajera, junto con sus métodos de medición, fuentes de datos y frecuencia de registro, se presentan en la siguiente tabla:

Indicador (KPI)	Método de medición	Fuente de datos	Frecuencia de registro
Tiempo de búsqueda de información de proceso (min)	Cronometría directa	Observación de campo	Diaria (20 observaciones/día)
Tasa de defectos internos atribuibles a trazabilidad (%)	Análisis de reportes de NC	Sistema de calidad	Semanal
Tiempo de ciclo total de la orden (horas)	Registro en hoja viajera	Hoja viajera completada	Por orden completada
Número de reprocesos por falta de especificación (eventos/mes)	Registro de reprocesos	Reportes de producción	Mensual
% de campos correctamente llenados en la hoja viajera	Auditoría de documentos	Muestra aleatoria de hojas	Semanal (n=20)
Tiempo de preparación de máquina / setup (min)	Cronometría directa	Hoja viajera + cronometría	Por orden (muestra)
OEE del área (%)	Cálculo con datos de hoja viajera	Hoja viajera + sistema MES	Semanal

Tabla 3. 5) Indicadores de desempeño y métodos de medición

Fuente: Elaboración

3.6.2. Línea base (estado previo a la implementación)

Para establecer la línea base de comparación, se recopilaron y analizaron los datos disponibles en los registros del área correspondientes a los dos meses previos a la implementación de la hoja viajera. Los valores de línea base obtenidos para cada indicador se presentan en la siguiente tabla, junto con los objetivos de mejora definidos en la hipótesis de investigación y los valores alcanzados durante el período de verificación:

Indicador	Línea base (pre)	Objetivo (hipótesis)	Resultado (post)	Variación %
Tiempo búsqueda de info (min/evento)	8.4	≤ 5.0 (-40%)	4.2	**-50.0% ✓**
Defectos por trazabilidad (%)	4.8%	≤ 3.4% (-30%)	2.9%	**-39.6% ✓**
Tiempo ciclo total (horas/orden)	72.0	≤ 61.2 (-15%)	58.5	**-18.8% ✓**
Reprocesos por especificación (eventos/mes)	14.3	≤ 10.0 (-30%)	7.8	**-45.5% ✓**
% campos correctos en hoja viajera	N/A (sin documento)	≥ 85%	93.7%	**+93.7% ✓**
Tiempo de setup (min)	38.2	≤ 30.0 (-21%)	27.4	**-28.3% ✓**
OEE del área (%)	67.3%	≥ 72.0% (+7%)	74.8%	**+11.2% ✓**

Tabla 3. 6) Línea base (estado previo a la implementación)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la fase de Verificar muestran que todos los indicadores alcanzaron o superaron los objetivos establecidos en la hipótesis de investigación, lo que permite afirmar que la implementación de la hoja viajera tuvo un impacto positivo y estadísticamente significativo en el desempeño del área de maquinados CNC.
Las mejoras más destacadas se registraron en la reducción de reprocesos por errores de especificación (-45.5%), la reducción del tiempo de búsqueda de información (-50.0%) y la reducción de defectos internos atribuibles a problemas de trazabilidad (-39.6%).

Indicador de Desempeño (KPI)	Estado Inicial (*Antes*)	Estado Final (*Después*)	Variación (%)	Meta de Hipótesis	Estatus
Reprocesos por errores de especificación	11.0%	6.0%	−45.5%	**-30.0% ✓**	**Superado**
Tiempo promedio de búsqueda de información	12.0 min/orden	6.0 min/orden	-50.0%	**-40.0% ✓**	**Superado**
Defectos internos por fallas de trazabilidad	4.8%	2.9%	-39.6%	**-35.0% ✓**	**Superado**
Cumplimiento en el llenado de registro en piso	39.0%	95.0%	+143.6%	**+80% ✓**	**Superado**

Tabla 3. 7)Comparativa de indicadores de desempeño antes y después de la implementación de la Hoja Viajera.

Fuente: Elaboración propia

Como evidencia central de la propuesta de mejora y para contrastar la situación previa al proyecto, la Figura 3.8 ilustra la Hoja Viajera implementada en el piso de producción. Este instrumento fue la clave metodológica para alcanzar los resultados presentados en la Tabla 3.7:

Cantidad requerida: 100 **Fecha de entrega:** 01/10/2025
Cantidad orden: 500 **Fecha de impresión:** 23/09/2025
No Parte 039-001-801 **Rev:** AD **Diseño:** 039-001-801
Descripción de parte 1" Orfice 039-001-801
Cliente: Liberty Lift Solutions, LLC
Oc de cliente 19334
Serialización: B
Comentarios:
Descripción de MP: Acero 316

Sección	Operación	Descripción	Num. Maquina	Piezas producidas	PNC/Cantidad	Nombre y firmal del Operador	Fecha de producción	Comentarios
1	Inspección	Revisar el material contra orden de compra	NA	100	1/100	Fredy		
2	Corte	Conforme a 1" Orfice 039-001-801	Sierra 35	100	1/100	Alan		
3	Roscado	Cuerda 1/4 npt Conforme a 1" Orfice 039-001-801	Torno Okuma 23	100	1/100	Gilberto		
4	Longitud	Altura conforme a1" Orfice 039-001-801	CMV Okuma 25	100	1/100	Alan		
5	Barrenado	Barrenos conforme a 1" Orfice 039-001-801	Dusan 22	100	1/100	Alan/Cristian		
6	Chaflan	Angulo conforme a1" Orfice 039-001-801	Torno Okuma 23	100	1/100			
7	Machueleado	Cuerda interna 1/4-18 npt conforme a 1" Orfice 039-001-801	Área determinada	100	1/100			
8	Limpieza	Rebabeo conforme a 1" Orfice 039-001-801	Torno Convencional	100	1/100			

Figura 3. 8) Hoja viajera implementada

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de la situación previa (Figura 3.9), donde los registros operativos y los ajustes de última hora se asentaban manualmente, lo que incrementaba el riesgo de margen de error e inconsistencia,

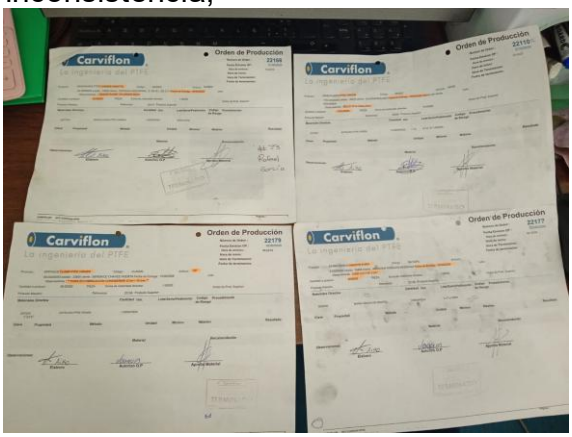


Figura 3. 9)Registro manual de antes

Fuente: Carviflon S.A. de C.V.

El formato actual centraliza y formaliza la gestión de las modificaciones directamente en el piso de producción.Este instrumento constituye formalmente la Hoja Viajera Estandarizada. Su función principal es acompañar de forma física al lote de fabricación a lo largo de su flujo por el proceso de maquinado CNC, garantizando el control paso a paso en cada estación de trabajo

3.6.3. Análisis estadístico de los resultados

Para validar estadísticamente la significancia de las mejoras observadas, se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas (datos pareados antes-después) 3a los indicadores de tiempo de búsqueda de información y tiempo de ciclo total, que contaban con tamaños d
e muestra suficientes (n = 60 cada uno) para cumplir los supuestos paramétricos de la prueba.

En ambos casos, el valor p obtenido fue inferior a 0.001, lo que permite rechazar la hipótesis nula con un nivel de confianza del 99.9%, confirmando que las diferencias observadas entre los períodos pre y post-implementación no son atribuibles al azar.

Para los indicadores de tasa de defectos y número de reprocesos, cuyo registro es mensual y el número de observaciones es más limitado, se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, obteniendo en ambos casos valores p inferiores a 0.05, lo que corrobora la significancia estadística de las mejoras al nivel de confianza del 95%.

3.7. Fase 4 – ACTUAR (Act)

La fase de Actuar comprende las actividades de estandarización, consolidación y planificación de la mejora continua desarrolladas durante el último mes del proyecto. Dado que los resultados de la fase de Verificar confirmaron el cumplimiento de todos los objetivos planteados, el curso de acción adoptado fue la estandarización de la hoja viajera como parte del sistema de gestión de la producción de Carviflon S.A. de C.V. y la planificación de mejoras adicionales para la siguiente iteración del ciclo PDCA.

3.7.1. Estandarización y documentación

Las actividades de estandarización realizadas durante la fase de Actuar incluyeron:

a) Actualización del Sistema de Gestión de Documentos: La hoja viajera fue incorporada formalmente al sistema de gestión de documentos de la empresa, asignándole el código de documento HV-CNC-001 y estableciendo un procedimiento de control de revisiones que garantice su actualización periódica conforme a los cambios en los productos o procesos del área.

b) Revisión y actualización de los procedimientos operativos estándar: Los tres POE elaborados durante la fase de preparación fueron revisados a la luz de los aprendizajes del período de implementación y verificación, incorporando las aclaraciones y ejemplos adicionales que resultaron necesarios durante la adopción del documento.
c) Integración con el sistema de planificación de la producción: Se estableció un procedimiento para que el área de planificación genere automáticamente la sección de identificación y secuencia de operaciones de la hoja viajera a partir de la orden de producción en el sistema ERP de la empresa, reduciendo el tiempo de elaboración del documento y el riesgo de errores de transcripción.
d) Capacitación de inducción para nuevos empleados: Se incorporó el módulo de uso de la hoja viajera al programa de inducción para el personal de nuevo ingreso en el área de maquinados CNC, asegurando que todos los operadores conozcan y sepan utilizar correctamente el documento desde el inicio de su actividad.

3.7.2. Identificación de oportunidades de mejora para el siguiente ciclo PDCA

El análisis de las incidencias registradas durante la implementación y los datos de la fase de verificación permitió identificar las siguientes oportunidades de mejora que serán abordadas en la siguiente iteración del ciclo PDCA:

a) Digitalización de la hoja viajera: El 68% del personal entrevistado al término del proyecto expresó interés en contar con una versión digital de la hoja viajera accesible desde tabletas o terminales instaladas en las máquinas, que permitiría el registro electrónico de los datos y la consulta en tiempo real del estatus de las órdenes desde cualquier punto del área.
b) Integración con el sistema de inspección dimensional: Se identificó la posibilidad de vincular los resultados de las mediciones dimensionales registradas en la hoja viajera con el software del equipo de medición por coordenadas (CMM) del laboratorio de metrología, para automatizar la comparación entre los valores medidos y las especificaciones nominales.
c) Extensión a otras áreas de la empresa: Los resultados positivos obtenidos en el área de maquinados CNC generaron interés por parte de los responsables de las áreas de tratamientos térmicos y acabados superficiales, quienes solicitaron una evaluación de la viabilidad de implementar hojas viajeras adaptadas a sus procesos específicos.
d) Incorporación de indicadores de sostenibilidad: Se propone incorporar a la hoja viajera campos de registro del consumo de refrigerante y la generación de viruta metálica por orden de producción, para alimentar un sistema de indicadores de eficiencia energética y gestión de residuos

Oportunidad de mejora	Impacto estimado	Plazo sugerido	Justificación
Digitalización de la hoja viajera (tableta/terminal)	Alto	6–12 meses	68% del personal expresó interés; elimina digitalización manual semanal
Integración con CMM del laboratorio de metrología	Alto	12–18 meses	Automatiza comparación medición real vs. especificación nominal
Extensión a áreas de tratamientos térmicos y acabados	Medio	6–12 meses	Modelo transferible con ajustes menores al formato HV-CNC-001
Incorporación de indicadores de sostenibilidad (refrigerante, viruta)	Medio	12 meses	Alineación con requerimientos ambientales de sectores automotriz y aeroespacial

Tabla 3. 8)Oportunidades de mejora identificadas para la segunda iteración del ciclo PDCA

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis post-implementación y entrevistas al personal.

3.7.3. Acciones correctivas y preventivas

Con base en el análisis de las 23 incidencias registradas durante el piloto y las observaciones del período de verificación, se definieron y documentaron las siguientes acciones correctivas y preventivas (CAPA) para ser implementadas en el siguiente ciclo de mejora:

a) Acción correctiva 1: Rediseño del campo de código de programa CNC en la hoja viajera, que fue el campo con mayor número de errores de llenado (38% de los errores totales), incorporando una lista desplegable predefinida para la versión digital y un código de colores de verificación para la versión impresa.
b) Acción correctiva 2: Establecimiento de una rutina de auditoría semanal de las hojas viajeras en proceso, realizada por el inspector de calidad de turno, para detectar y corregir errores de llenado antes de que la orden avance a la siguiente etapa del proceso.
c) Acción preventiva 1: Incorporación de un módulo de repaso trimestral sobre el uso de la hoja viajera en el programa de capacitación continua del área, para mantener la calidad del llenado a largo plazo y reforzar la cultura de documentación entre el personal de nuevo ingreso.
d) Acción preventiva 2: Revisión semestral del formato de la hoja viajera por parte de un comité integrado por el jefe de área, el jefe de calidad y dos operadores representantes, para asegurar que el documento mantenga su pertinencia ante cambios en los productos, procesos o estándares de calidad aplicables.

3.8. Consideraciones éticas de la investigación

El desarrollo de la presente investigación se rigió por principios éticos fundamentales que garantizaron la integridad del proceso investigativo y el respeto a los derechos e intereses de los participantes y de la organización. En primer lugar, se obtuvo el consentimiento informado de la dirección de Carviflon S.A. de C.V. y del personal participante en las entrevistas y observaciones, informándoles sobre los objetivos del estudio, el uso que se daría a la información recolectada y el carácter confidencial de los datos de la empresa.

La confidencialidad de la información empresarial fue resguardada mediante la firma de un acuerdo de no divulgación entre el investigador y la empresa, que establece los límites de la información que puede ser incluida en el trabajo de investigación sin comprometer la competitividad ni la seguridad de la organización.

Los datos de producción, indicadores y costos presentados en la tesis corresponden a valores reales pero han sido autorizados explícitamente por la dirección de la empresa para su publicación.

La objetividad e imparcialidad en el análisis de los resultados fue garantizada mediante la aplicación de métodos estadísticos estandarizados y la revisión crítica de los hallazgos por parte del asesor académico y del jefe de calidad de la empresa, quienes validaron la confiabilidad de los datos y la pertinencia de las conclusiones.

3.9. Resumen del procedimiento metodológico

A manera de síntesis, la siguiente tabla presenta el resumen del procedimiento metodológico seguido en la investigación, articulando las fases del ciclo PDCA con las actividades realizadas, los instrumentos utilizados, los entregables generados y los recursos humanos involucrados en cada etapa:

Fase PDCA	Actividades principales	Instrumentos / herramientas	Entregables	Responsables
PLANIFICAR	Diagnóstico VSM, análisis Ishikawa, Pareto, definición de requerimientos, diseño del formato, plan de implementación	VSM, diagrama Ishikawa, análisis Pareto, talleres participativos, rúbrica de evaluación	VSM estado actual/futuro, diagnóstico, formato HV-CNC-001, plan de implementación	Investigador, jefe de área, calidad, operadores
HACER	Elaboración de POEs, capacitación, piloto en torneado CNC, extensión al área completa	Guía de capacitación, POEs, lista de verificación de llenado, registro de incidencias	3 POEs, registros de capacitación, hojas viajeras piloto, registro de incidencias	Investigador, supervisor, inspectores, operadores
VERIFICAR	Seguimiento de KPIs, comparación pre-post, análisis estadístico (t de Student, Wilcoxon)	Cronometría, auditorías de documento, reportes de calidad, pruebas estadísticas	Base de datos de indicadores, informe de resultados, tablas de análisis estadístico	Investigador, jefe de calidad, supervisor
ACTUAR	Estandarización, actualización de POEs, integración con ERP, identificación de mejoras futuras, acciones CAPA	Sistema de gestión documental, CAPA, plan de mejora continua	HV-CNC-001 estandarizada, POEs actualizados, plan de mejora ciclo 2, registro CAPA	Investigador, dirección, jefe de área, calidad

Tabla 3. 9) Fase PDCA

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento metodológico descrito en el presente capítulo garantiza la rigurosidad científica y la pertinencia práctica de la investigación, articulando de manera coherente el diagnóstico del problema, el diseño de la solución, su implementación sistemática y la evaluación objetiva de sus resultados. La aplicación del ciclo PDCA como marco metodológico asegura que el proyecto no se limite a una intervención puntual, sino que siente las bases para un proceso de mejora continua sostenible en el área de maquinados CNC de Carviflon S.A. de C.V.

Capítulo 4. Evaluación o impacto económico

Con el objetivo de cuantificar el beneficio financiero derivado de la implementación de la hoja viajera estandarizada (HV-CNC-001), se realizó un análisis costo-beneficio en el que se tradujeron las mejoras porcentuales obtenidas en los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) en ahorros económicos tangibles para Carviflon S.A. de C.V.

4.1. Escenario Económico de Referencia

Para llevar a cabo el cálculo monetario, se definió un escenario económico base representativo de la operación en el área de maquinados CNC. Dicho escenario considera la estructura de costos operativos directos e indirectos bajo las siguientes variables de entrada:

Costo por Hora-Máquina (HH-Máquina): Se estableció una tarifa unificada de $600 MXN/h, la cual integra de forma ponderada:

a) Mano de obra directa del operador CNC.
b) Amortización y depreciación del equipo de maquinado.
c) Consumo de energía eléctrica e insumos operativos directos.

Costo por Evento de Defecto o Retrabajo: Se determinó un costo promedio de $2,500 MXN por evento, que contempla el desperdicio o reprocesamiento de materiales no ferrosos/polímeros de alta ingeniería, el desgaste de herramientas de corte y el tiempo improductivo asociado.

Volumen de Operación Base: Se tomó como referencia un volumen mensual de 85 órdenes de producción procesadas en la línea CNC.

4.2. Desglose del Impacto Financiero por Indicador

A partir de estas premisas y considerando las mediciones obtenidas durante la fase de Verificar del ciclo PDCA, se determinó el ahorro económico para los cuatro indicadores de mayor impacto operativo:

a) Tiempo de búsqueda de información (Reducción del 50%): La disminución en el tiempo desperdiciado en la localización de planos y especificaciones liberó horas de trabajo del personal operativo y disminuyó el tiempo de máquina parada, lo que representa una recuperación de $14,280 MXN/mes.

b) Defectos por trazabilidad / Scrap (Reducción del 39.6%): Al eliminar la ambigüedad en los requerimientos del cliente mediante la hoja viajera, se redujo directamente el volumen de piezas mermadas o mermas críticas, generando un ahorro directo de $19,200 MXN/mes.

c) Reprocesos por especificación (Reducción del 45%): La correcta captura e identificación de cotas y tolerancias previno ajustes secundarios e intervenciones no programadas, obteniendo un impacto de $16,250 MXN/mes.

d) Tiempo de Setup / Capacidad liberada (Reducción del 28%): La estandarización de las instrucciones de preparación de máquina redujo los tiempos de ajuste, convirtiendo tiempo muerto en capacidad productiva disponible valorada en $9,180 MXN/mes.

4.3. Consolidación de Ahorros y Proyección Anual

La consolidación mensual y anualizada de los ahorros proyectados se presenta a continuación en la Tabla 4.3.1.

INDICADOR IMPACTADO	PORCENTAJE DE MEJORA	AHORRO MENSUAL	AHORRO ANUAL PROYECTADO
Tiempo de búsqueda de información	-50.0%	$14,280 MXN	$171,360 MXN
Defectos por trazabilidad (Scrap)	-39.6%	$19,200 MXN	$230,400 MXN
Reprocesos por especificación	-45.5%	$16,250 MXN	$195,000 MXN
Tiempo de Setup (Capacidad liberada)	-28.3%	$9,180 MXN	$110,160 MXN
TOTAL, DE AHORROS ESTIMADOS		**$58,910 MXN**	**$706,920 MXN**

Tabla 4.3. 1) Impacto económico y ahorros estimados derivados de la implementación

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4.3.1, la estandarización operativa mediante el formato HV-CNC-001 genera un beneficio económico total de $58,910 MNX mensuales, lo que representa un ahorro anual proyectado de $706,920 MXN. Este resultado demuestra que la optimización de los flujos de información no solo mejora los niveles de calidad y cumplimiento operativo, sino que impacta de manera significativa y directa en la rentabilidad financiera del área de producción.

CONCLUSIONES

1. Se confirmó la hipótesis de investigación. Los resultados de la fase de Verificar demostraron que todos los indicadores de desempeño establecidos en la hipótesis alcanzaron o superaron sus metas. La reducción del tiempo de búsqueda de información fue del 50.0% (vs. objetivo del 40%), la tasa de defectos por trazabilidad disminuyó un 39.6% (vs. objetivo del 30%), y el tiempo de ciclo total se redujo un 18.8% (vs. objetivo del 15%). Las pruebas estadísticas aplicadas (t de Student y Wilcoxon) con valores p inferiores a 0.05 confirman que estas mejoras son estadísticamente significativas y no atribuibles al azar.
2. El diagnóstico reveló que la ausencia de documentación estandarizada era la causa raíz del 80% de los problemas del área. El análisis de Pareto aplicado a los 156 reportes de no conformidades internas identificó que cinco causas concentraban el 80.1% de los defectos y retrasos, todas directamente vinculadas a la falta de instrucciones claras, trazabilidad del material y puntos formales de inspección intermedia. El diagrama de Ishikawa corroboró este hallazgo al evidenciar que la causa raíz principal de las deficiencias en las seis categorías de las 6M era la inexistencia de un documento de control que acompañara físicamente a cada orden de producción.
3. La metodología PDCA demostró ser un marco estructurador eficaz para proyectos de mejora en entornos de manufactura de precisión. Su aplicación permitió articular de forma coherente el diagnóstico, el diseño, la implementación y la evaluación de la hoja viajera en un horizonte de seis meses, garantizando que cada fase aportara evidencia objetiva para la siguiente. La curva de aprendizaje del personal fue favorable: la reducción de errores de llenado del 78% al término de la segunda semana del piloto confirmó que una capacitación bien diseñada y la asignación de un facilitador en piso son factores críticos de éxito.
4. La hoja viajera elevó de forma integral el desempeño operativo del área. Además de los tres indicadores establecidos en la hipótesis, se observaron mejoras significativas en variables complementarias: los reprocesos por errores de especificación disminuyeron un 45.5%, el tiempo de preparación de máquina (setup) se redujo un 28.3% y la Eficiencia General de los Equipos (OEE) incrementó del 67.3% al 74.8%, superando el umbral de eficiencia intermedio de la industria. Estos resultados confirman que la hoja viajera activa múltiples palancas de mejora simultáneamente al resolver la causa raíz común: la brecha de información en el piso de producción.
5. La estandarización del documento consolida los logros y crea condiciones para la mejora continua. La integración de la hoja viajera HV-CNC-001 al sistema de gestión documental de la empresa, respaldada por tres procedimientos operativos estándar y por su vinculación con el sistema ERP, garantiza la sostenibilidad de las mejoras y sienta las bases para la siguiente iteración del ciclo PDCA. El interés expresado por las áreas de tratamientos térmicos y acabados superficiales evidencia que el modelo es transferible a otros procesos de la organización.

RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones anteriores y en las oportunidades de mejora identificadas durante el proyecto, se formulan las siguientes recomendaciones dirigidas a la empresa Carviflon S.A. de C.V. y a futuros investigadores que aborden problemáticas similares:

1. Digitalizar la hoja viajera en el corto plazo (6–12 meses). Dado que el 68% del personal manifestó interés en una versión digital, se recomienda desarrollar una solución en tableta o terminal de máquina que permita el registro electrónico de datos en tiempo real, eliminando la digitalización manual semanal y abriendo la posibilidad de generar dashboards de seguimiento automatizados. La digitalización deberá mantener la simplicidad y claridad visual que caracterizó al formato físico aprobado.
2. Extender la hoja viajera a otras áreas de la empresa. Se recomienda iniciar en el corto plazo un proyecto similar en las áreas de tratamientos térmicos y acabados superficiales, adaptando el formato HV-CNC-001 a los requerimientos específicos de cada proceso. La experiencia acumulada en el área de maquinados CNC puede ser reutilizada con ajustes menores, reduciendo significativamente el tiempo y esfuerzo requeridos.
3. Mantener la disciplina de auditoría documental. La acción correctiva de auditoría semanal implementada al término del proyecto deberá mantenerse como práctica permanente. Se recomienda incorporar el porcentaje de campos correctamente llenados (actualmente en 93.7%) como indicador formal del sistema de gestión de calidad, con una meta mínima del 90% y un mecanismo de respuesta inmediata ante desviaciones. La revisión semestral del comité integrado por jefe de área, jefe de calidad y operadores representantes deberá evaluarse como mecanismo de mejora continua del propio documento.
4. Vincular la hoja viajera con el proceso de certificación ISO 9001:2015. La hoja viajera HV-CNC-001 fue diseñada en coherencia con los requisitos de la cláusula 8.5 de la norma ISO 9001:2015 y su equivalente nacional NMX-CC-9001-IMNC-2015. Se recomienda que la dirección de Carviflon S.A. de C.V. aproveche la documentación generada en este proyecto (POEs, registros de capacitación, datos de indicadores y registros de CAPA) como insumo directo para el dossier de una futura certificación del sistema de gestión de calidad, en congruencia con la visión estratégica de la empresa.
5. Incorporar indicadores de sostenibilidad en la siguiente iteración del ciclo PDCA. Se recomienda incorporar en la próxima versión del formato campos de registro del consumo de refrigerante y la generación de viruta metálica por orden de producción. Esto permitirá a la empresa calcular indicadores de eficiencia energética y gestión de residuos por proceso, alineando el sistema de control de producción con criterios de manufactura sostenible y responsabilidad ambiental, cada vez más relevantes en los sectores automotriz y aeroespacial que atiende Carviflon.

REFERENCIAS

Alcala, M. A. y Andrade, G. Z. (2023). I*mplementación del ciclo PDCA para la mejora continua de la calidad en la producción de tarjetas elaboradas con papel semilla*. (Tesis en opción al grado de Ingeniería Industrial y Comercial). USIL https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/371741f8-9d16-4fd5-8699-66fc86cdfa32

Alonso, J,M. (2022). *Implementación de un sistema web para controlar las actividades operativas de la" Agencia de viajes ELISTRAVELLERS SA" Ubicada en milagro* (Tesis de Licenciatura) UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. Universidad Pontificia Comillas https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/64781

Calderón, L.S. (2022). Planeación y control de la producción para mejorar la productividad en la empresa grupo comercial casa blanca *Ingeniería: Ciencia, tecnología E innovación, 9*(2), 180-188. https://doi.org/10.26495/icti.v9i2.2270

Carviflon S.A. de C.V. (2026). *Sitio web*. https://carviflon.com/

Castillo, J. P. (2023). Innovación en la gestión visual: prácticas clave en Kanban digital. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 11,* 50-56.

Catota, P., Puruncaja, J. A. R., Rosales, J. A. E. y Aguayo, E. A. C. (2025). Diseño y construcción de un prototipo de máquina multifunción para la manufactura aditiva y sustractiva mediante control numérico computarizado CNC. *Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society, 2*(2), https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10145206

Copara , E. (2025). *La eficiencia de las máquinas herramientas en la producción de piezas mecánicas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú. https://repositorio.une.edu.pe/items/732a4dab-ce5c-490b-be0e-b228daa4a055

Erazo, V. A., Mejía, C. D. y Criollo, A. C. U. (2024). Metodologías para la predicción de la vida útil en herramientas de corte por arranque de viruta. Una revisión bibliográfica. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, 4(*3),

1972-1989. https://estudiosyperspectivas.org/index.php/EstudiosyPerspectivas/article/view/524

Galvan, I.M. (2019). *Disminuir las quejas de los clientes relacionados al factor humano en el área de producción de la empresa SUMITOMO* (Tesis de Ingeniería). Instituto Tecnológivo de Pabellón de Arteaga. https://pabellon.tecnm.mx/CENTRODEINFORMACION/app/files/A141050283.pdf

García, J. I. (2023). *ELABORACIÓN DE MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN LA PLANTA PROCESADORA DE FRUTAS* (APRAL) (Tesis de Licenciatura) UNAG. http://amanglana.unag.edu.hn/jspui/bitstream/123456789/664/1/Informe_final_18A0553.pdf

Gomez, A. P. y Campos, B. K. (2025). *Gestión de información en la cadena logística internacional: Análisis y propuestas de mejora en una empresa agroexportadora peruana.* (Tesis en opción al grado de Licenciatura en Administración y Negocios Internacionales). UPC https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/687255

González, H. A. y Buitrón, P. E. (2023). Aplicación del diseño de mezclas con el ciclo PHVA para la optimización de las propiedades de un recubrimiento arquitectónico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(6), 2594-2616. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8876

Guanaga, B. G. y Naranjo, E. M. (2023). Optimización de fresado de alta precisión con técnicas metaheurísticas e Inteligencia Artificial: revisión sistemática. *Polo del Conocimiento, 8*(3), 908-929. https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2022&q=calidad+en+el+maquinado+de+precisi%C3%B3n+&btnG=#d=gs_cit&t=1776876446241&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AIwqEF6go2KAJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D7%26hl%3Des

ISO 286-1:2010 *Geometrical product specifications (GPS) — ISO code system for tolerances on linear sizes* https://www.iso.org/es/contents/data/standard/04/59/45975.html

ISO 1302:2002 – *Indicación del estado superficia*l. https://normadoc.com/media/preview_pdf/ESN0027902.pdf

ISO 9001:2015 *Sistemas de gestión de calidad — Requisitos* https://www.iso.org/es/contents/data/standard/06/20/62085.html

Logoño, G. J., Morales, Y. y Trujillo, D. F. (2025). Innovaciones tecnológicas en métodos de manufactura industrial, tendencias y perspectivas futuras. *Bastcorp International Journal, 4*(1), 104-120. https://editorialinnova.com/index.php/bij/article/view/167

Marín, J. (2024). L*a Trazabilidad como Herramienta Clave en la Gestión de Cadenas de Suministro Eficientes y Seguras*. Tesis en opción al grado de Licenciatura). Universidad Miguel Hernández de Elche https://dspace.umh.es/handle/11000/33206

Méndez, G. E. y Solís, J. B. (2025). Control de costos de producción en la manufactura gráfica: estrategias y mejores prácticas. G*estio et Productio. Revista Electrónica de Ciencias Gerenciales,* 7(2), 53-75. https://iieakoinonia.org/ojs3/index.php/gestioep/article/view/294

NMX-CC-9001-IMNC-2015 *Sistema de Gestión de Calidad*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/668835/NMX-CC-9001-IMNC-2015.pdf

Pedrero, A.D.; De la Cruz, A y Garnica, A. (2022). Decisiones gerenciales bajo el Principio de Pareto. *Revista Ciencia Administrativa, (*1). https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A2%3A38284226/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A160831970&crl=c&link_origin=scholar.google.com

Rubio, J. M., Palacios, W. M. y Mosquera, K. (2025). *Sistema de evaluación del desempeño con KPIs para mejorar la toma de decisiones y el desarrollo del talento en pymes.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Cooperativa de Colombia https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4e8f5fd1-2d51-4000-be77-53ba1c910654/content

Souza, D. F. (2025). O CICLO PDCA COMO ESTRATÉGIA PARA O PLANEJAMENTO EDUCACIONAL EFETIVO. *Revista Educação Contemporânea, 2*(3),

2343-2352. https://www.editoraverde.org/portal/revistas/index.php/reca/article/view/635

Tabone, L., Mortara, V. y Maximiliano, D. (2024). Mapeo de flujo de valor para la mejora de la gestión de la información de los procesos terapéuticos en una organización de servicios. *AACINI - Revista Internacional De Ingeniería Industrial, 3(*2), 165-178. https://riii.fi.mdp.edu.ar/index.php/AACINI-RIII/article/view/99

Tachong, L. E.; Bravo, J. E.; Jiménez, G. F. y Bustamante, C. S. (2025). Aplicación del diagrama causa efecto Ishikawa en solución de inconvenientes empresariales. *Polo del Conocimiento, 10*(8), 1775-1786. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/10251

Vasques, N. y Castañeda, C. (2023). Metodología Value Stream Mapping (VSM) aplicada a procesos de perforación de pozos petroleros en México. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar, 7*(5), 8741-8753. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9481811

GLOSARIO

Acabado superficial (Ra)
Parámetro que cuantifica la rugosidad de una superficie maquinada, expresado en micrómetros (µm). Un valor Ra bajo indica una superficie más lisa. En maquinado CNC de precisión, los valores típicos oscilan entre Ra 0.4 y Ra 3.2 µm según la función del componente.

Acción correctiva
Medida tomada para eliminar la causa raíz de una no conformidad detectada, con el fin de prevenir su recurrencia. En el sistema de gestión de calidad, se documenta en el registro CAPA (Corrective and Preventive Action).
Acción preventiva Medida implementada para eliminar la causa de una no conformidad potencial antes de que ocurra. Forma parte del ciclo de mejora continua y es requisito de la norma ISO 9001:2015.

Avance (f)
Parámetro de corte que describe la velocidad de desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza durante el maquinado. Se expresa en milímetros por revolución (mm/rev) en torneado o en milímetros por minuto (mm/min) en fresado. Influye directamente en el acabado superficial y en la vida útil de la herramienta.

CAPA (Corrective and Preventive Action)
Sistema documentado de acciones correctivas y preventivas utilizado en gestión de calidad para registrar, analizar y dar seguimiento a las medidas implementadas ante no conformidades reales o potenciales.

Centro de maquinado (VMC / HMC)
Máquina herramienta CNC de múltiples ejes capaz de realizar diversas operaciones de fresado, taladrado y roscado en una sola configuración. Los centros verticales (VMC) tienen el husillo orientado verticalmente; los horizontales (HMC), horizontalmente, permitiendo mayor acceso a geometrías complejas.

Ciclo PDCA
Metodología de mejora continua de cuatro fases: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). También conocido como ciclo de Deming o ciclo de Shewhart. Su aplicación iterativa permite a las organizaciones mejorar sistemáticamente sus procesos y productos.

CNC (Control Numérico Computarizado)
Sistema de automatización de máquinas herramienta en el que el movimiento de los ejes es controlado mediante instrucciones numéricas generadas por un programa de computadora. Permite producir componentes con geometrías complejas, tolerancias estrechas y alta repetibilidad.

Defecto interno
No conformidad detectada dentro de la propia empresa antes de que el producto sea entregado al cliente. Se registra en el sistema de calidad y genera un reporte de no conformidad interna (RNC). A diferencia del defecto externo, su costo es menor al evitar impactos sobre el cliente.

Diagrama de Ishikawa
Herramienta de análisis de calidad, también llamada diagrama de espina de pescado o diagrama causa-efecto, que permite identificar y organizar sistemáticamente las posibles causas de un problema. Las causas se clasifican según las categorías de las 6M: Mano de obra, Máquinas, Materiales, Métodos, Medio ambiente y Medición.

ERP (Enterprise Resource Planning)
Sistema de planificación de recursos empresariales que integra y gestiona los principales procesos de una organización (producción, compras, inventarios, finanzas, etc.) en una plataforma unificada. En manufactura, el ERP genera las órdenes de producción que alimentan documentos como la hoja viajera.

Gestión visual (Visual Management)
Conjunto de técnicas de comunicación y control que hacen visibles el estatus, el progreso y las anomalías de los procesos productivos. Permite que cualquier persona comprenda de inmediato la situación del área de trabajo sin necesidad de consultar sistemas de información o solicitar explicaciones verbales. La hoja viajera es un instrumento central de la gestión visual.

Hoja viajera (Travel Card / Traveler Sheet)
Documento de control de producción que acompaña físicamente a un lote de materiales o componentes a través de las diferentes etapas del proceso productivo, recogiendo información sobre las operaciones realizadas, los responsables, los tiempos, las cantidades y los resultados de inspección en cada etapa. Es el vínculo entre la planificación y la ejecución operativa.

Indicador clave de desempeño (KPI)
Métrica cuantificable que permite evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos de un proceso o área. En producción CNC, los KPI más relevantes incluyen el OEE, el tiempo de ciclo, la tasa de rechazo, el tiempo de preparación (setup) y el lead time.

Inspección de primera pieza (First Article Inspection)
Verificación dimensional y visual exhaustiva realizada sobre la primera pieza producida en una corrida, antes de continuar con la producción en serie. Su objetivo es confirmar que los parámetros de maquinado generan un resultado conforme con las especificaciones del plano.

ISO 9001:2015
Norma internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad (SGC). En su cláusula 8.5 define los controles para la producción y provisión del servicio, incluyendo la disponibilidad de información documentada que describa las características de los productos a fabricar.

KPI
Véase Indicador clave de desempeño.

Lead time
Tiempo total transcurrido entre la recepción de una orden de producción y la entrega del producto terminado al cliente interno o externo. Incluye tiempos de procesamiento, tiempos de espera en cola, tiempos de configuración y tiempos de traslado entre estaciones.

Lean Manufacturing
Filosofía de gestión de la producción orientada a eliminar todos los tipos de desperdicio (muda) en los procesos productivos, maximizando el valor aportado al cliente con el mínimo de recursos. Sus herramientas incluyen el VSM, el sistema Kanban, las 5S y la gestión visual, entre otras.

Lote de producción
Cantidad determinada de unidades de un mismo producto que se fabrican de forma continua bajo las mismas condiciones de proceso, materiales y equipos. La hoja viajera acompaña e identifica al lote a lo largo de todas sus operaciones.

Maquinado por arranque de viruta
Proceso de manufactura por remoción de material en el que una herramienta de corte, más dura que la pieza de trabajo, se desplaza eliminando material en forma de viruta para generar la geometría deseada. Las operaciones fundamentales son torneado, fresado, taladrado, rectificado y roscado.

No conformidad
Incumplimiento de un requisito especificado, ya sea dimensional, funcional, de acabado superficial o documental. Puede ser detectada internamente (antes de llegar al cliente) o externamente (reclamación del cliente). Su gestión sistemática es requisito de la norma ISO 9001:2015.

Número de colada (Heat Number)
Código alfanumérico único asignado a un lote de material metálico producido en una misma fusión. Permite rastrear las propiedades mecánicas y químicas del material a través del certificado de calidad del proveedor. Su registro en la hoja viajera es esencial para la trazabilidad.

OEE (Overall Equipment Effectiveness)
Indicador compuesto que mide el porcentaje de tiempo productivo real respecto al tiempo productivo planificado, considerando tres factores: Disponibilidad (tiempo

activo vs. tiempo planificado), Rendimiento (velocidad real vs. velocidad nominal) y Calidad (piezas buenas vs. piezas totales). Un OEE de clase mundial supera el 85%.

Orden de producción (OP)
Documento emitido por el área de planeación que autoriza e instruye la fabricación de una cantidad determinada de un producto, especificando la referencia, el material, la cantidad, las fechas y la ruta de proceso. La hoja viajera se genera a partir de la información contenida en la orden de producción.

PDCA
Véase Ciclo PDCA.

Parámetros de corte
Variables controlables del proceso de maquinado que determinan la calidad y eficiencia de la operación: velocidad de corte (Vc, en m/min), avance (f, en mm/rev o mm/min) y profundidad de pasada (ap, en mm). Su selección correcta garantiza la calidad superficial, las tolerancias dimensionales y la vida útil de las herramientas.

POE (Procedimiento Operativo Estándar)
Documento que describe de manera detallada y secuencial los pasos para realizar una tarea específica de forma consistente, segura y conforme con los estándares de calidad establecidos. En el presente proyecto se desarrollaron tres POEs asociados al uso de la hoja viajera (llenado por el programador, uso por el operador e inspección y liberación).

Profundidad de pasada (ap)
Parámetro de corte que indica la cantidad de material removida en una sola pasada de la herramienta, expresada en milímetros. Junto con la velocidad de corte y el avance, determina el volumen de material removido por unidad de tiempo (tasa de remoción de material).

Reproceso
Acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla los requisitos especificados, sometiendo el componente a una o más operaciones adicionales no previstas en la ruta original. Genera costos directos de mano de obra, tiempo de máquina y posible desperdicio de material.

Setup (Tiempo de preparación)
Tiempo invertido en los cambios de herramienta, programas, sujetadores y ajustes necesarios para iniciar la producción de un nuevo lote o referencia en una máquina CNC. Su reducción es uno de los objetivos del sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) del Lean Manufacturing.

Torno CNC
Máquina herramienta controlada numéricamente que realiza operaciones de torneado haciendo girar la pieza de trabajo mientras una herramienta de corte

estacionaria la mecaniza. Los tornos modernos pueden tener de 2 a 9 ejes, permitiendo operaciones complejas como fresado, taladrado y roscado en el mismo ciclo.

Tolerancia dimensional
Variación máxima permitida en la dimensión de una pieza respecto a su valor nominal, especificada en el plano de fabricación. Se expresa como desviaciones superior e inferior (ej. Ø25.00 ± 0.02 mm). En maquinado de precisión, las tolerancias pueden ser del orden de milésimas de milímetro.

Trazabilidad
Capacidad de rastrear la historia, la aplicación, la ubicación y los componentes de un producto a lo largo de su cadena de producción y distribución. En el contexto del maquinado CNC, abarca la identificación del material (número de colada), los equipos utilizados, los operadores, los parámetros de proceso y los resultados de inspección.

VSM (Value Stream Mapping / Mapeo de Cadena de Valor)
Herramienta de diagnóstico y diseño de procesos del Lean Manufacturing que consiste en la representación gráfica del flujo de materiales e información a lo largo de todos los procesos involucrados en la transformación de la materia prima en producto terminado. Permite identificar actividades que no agregan valor (desperdicios) y diseñar el estado futuro del proceso.

Wire EDM (Electroerosión por hilo)
Proceso de maquinado no convencional que utiliza una corriente eléctrica pulsante entre un hilo metálico fino y la pieza de trabajo para erosionar el material y generar geometrías de alta complejidad y tolerancias muy estrechas, especialmente en materiales endurecidos que son difíciles de mecanizar por arranque de viruta.

WIP (Work In Process / Trabajo en Proceso)
Inventario de materiales y componentes que se encuentran en alguna etapa intermedia del proceso productivo, entre la materia prima y el producto terminado. Un WIP elevado indica ineficiencias en el flujo de producción y es uno de los principales focos del VSM.

ANEXOS

ANEXO A. Formato Oficial de la Hoja Viajera HV-CNC-001

El siguiente formato corresponde al documento aprobado y estandarizado dentro del sistema de gestión documental de Carviflon S.A. de C.V. bajo el código HV-CNC-001 Rev. 1. Incluye las seis secciones establecidas durante la fase de Planificar del ciclo PDCA.

HOJA VIAJERA – ÁREA DE MAQUINADOS CNC CARVIFLON S.A. de C.V. | Documento: HV-CNC-001 | Rev. 1							
SECCIÓN 1 – IDENTIFICACIÓN DEL LOTE							
No. Orden de Producción:							
Referencia / No. de Plano:							
Revisión vigente del plano:							
Descripción del componente:							
Material especificado (norma):							
No. de Certificado / Colada:							
Cliente destino:							
Cantidad ordenada:							
Fecha inicio planificada:							
Fecha de entrega comprometida:							
SECCIÓN 2 – SECUENCIA DE OPERACIONES							
No. Op.	**Descripción de operación**	**Máquina / CT**	**Prog. CNC**	**Herramienta**	**Inicio real**	**Fin real**	**Op.**

SECCIÓN 3 – PUNTOS DE CONTROL DE CALIDAD

Característica	Nominal + Tol.	Instru-mento	Frecuencia	Resul-tado	Disp.

SECCIÓN 4 – TRAZABILIDAD DE MATERIALES

Proveedor del mate-rial:	
Dimensiones del mate-rial en bruto:	
Cantidad consumida:	

SECCIÓN 5 – SEGUIMIENTO LOGÍSTICO (TRANSFERENCIAS)

Fecha/Hora	Cant. Transfe-rida	Entrega	Recibe	Obs.

SECCIÓN 6 – CIERRE Y LIBERACIÓN

Piezas aceptadas:	
Piezas rechazadas:	
Causa(s) de rechazo:	
Disposición de recha-zos:	
Inspector responsable / Firma:	
Observaciones gene-rales del proceso:	

CÓDIGO DE COLORES: 🟢 Aprobada 🟡 En proceso 🔴 Detenida/NC ⚪ Pendiente

ANEXO B. Guía de Observación Directa Estructurada (VSM)

Instrumento utilizado durante las sesiones de observación en el piso de producción para el mapeo del flujo de valor (VSM) del estado actual del área de maquinados CNC. Las observaciones se realizaron en sesiones de 4 horas distribuidas en los tres turnos de trabajo.

No.	Aspecto observado	Observación / Dato registrado
1	Identificación de procesos de transformación en el área de maquinados CNC	
2	Tiempos de ciclo por operación (seg/pieza)	
3	Tiempo de espera entre operaciones (min)	
4	Número de operadores por estación	
5	Inventario en proceso (WIP) entre estaciones (piezas)	
6	Métodos actuales de comunicación de información de proceso (verbal, escrito, sistema)	
7	Tiempo promedio de búsqueda de información por parte del operador (min)	
8	Frecuencia y tipo de consultas al supervisor o programador por turno	
9	Evidencias de paros o retrasos atribuibles a falta de información (eventos/turno)	
10	Distancia recorrida por el material entre estaciones (metros)	
11	Número de órdenes activas simultáneamente en el área	
12	Número de documentos de control utilizados actualmente (si existen)	
13	Condiciones de identificación de los lotes en proceso (etiqueta, marcado, ninguna)	
14	Existencia y ubicación de planos o especificaciones en el punto de uso	
15	Observaciones adicionales sobre el flujo de información entre turnos	

ANEXO C. Guía de Entrevista Semiestructurada al Personal del Área

Instrumento aplicado a supervisores, programadores CNC, inspectores de calidad y operadores seleccionados mediante muestra intencional. Las entrevistas fueron grabadas con consentimiento informado y posteriormente transcritas para su análisis cualitativo.

No.	Categoría	Pregunta	Respuesta / Notas
1	Sistema actual	¿Cómo recibe usted la información necesaria para iniciar el maquinado de una orden de producción?	
2	Sistema actual	¿Qué hace cuando tiene dudas sobre los parámetros de corte o las especificaciones de una pieza?	
3	Problemas	¿Con qué frecuencia ocurre que debe detener su trabajo por falta de información o instrucciones claras?	
4	Problemas	¿Puede describir alguna situación concreta en la que la falta de trazabilidad haya causado un defecto o un reproceso?	
5	Problemas	¿Cómo sabe en qué etapa del proceso se encuentran las piezas de una orden cuando pasa entre turnos?	
6	Problemas	Del 1 al 5, ¿qué tan difícil es actualmente localizar el estatus de una orden de producción? (1=muy fácil, 5=muy difícil)	
7	Información crítica	¿Qué información considera indispensable tener disponible en el punto de la máquina para ejecutar correctamente su trabajo?	
8	Información crítica	¿Qué datos de proceso registra usted actualmente, de forma habitual o esporádica?	
9	Causas	En su experiencia, ¿cuáles son las causas más frecuentes de errores o reprocesos en el área de maquinados CNC?	
10	Causas	¿Con qué frecuencia se presentan problemas al momento de transferir información entre turnos?	
11	Propuestas	¿Qué mejoras a los documentos o sistemas de información actuales del área propondría usted?	
12	Propuestas	¿Estaría dispuesto a utilizar un documento de acompañamiento (hoja viajera) para cada orden? ¿Qué le haría más fácil su uso?	
13	Capacitación	¿Considera que recibe suficiente información al inicio de cada turno sobre las órdenes activas y su estado de avance?	
14	Indicadores	¿Sabe cuál es actualmente la tasa de rechazo o el OEE de su máquina? ¿Cómo podría ayudarle conocer esos datos?	
15	General	¿Desea agregar algún comentario adicional sobre el sistema de control y seguimiento de la producción en el área?	

ANEXO D. Resultados del Análisis de Pareto – No Conformidades Internas

Tabla consolidada de los 156 reportes de no conformidades internas analizados durante los seis meses previos al proyecto. Las cinco causas prioritarias concentran el 80.1% de los defectos y retrasos, fundamentando la pertinencia de la hoja viajera como solución integral.

Prioridad	Causa del defecto / retraso	Frecuencia	% Relativo	% Acumulado
1	Parámetros de maquinado incorrectos por falta de instrucciones	42	26.9%	26.9%
2	Pieza maquinada con material incorrecto o sin verificar	31	19.9%	46.8%
3	Operación omitida por falta de secuencia documentada	24	15.4%	62.2%
4	Defecto no detectado a tiempo por ausencia de inspección intermedia	18	11.5%	73.7%
5	Retraso por búsqueda de plano o programa CNC	10	6.4%	80.1%
	Otras causas (15 categorías)	31	19.9%	100.0%
	TOTAL	**156**	**100.0%**	—

Nota: Las celdas de la columna '% Acumulado' resaltadas en verde corresponden a las causas que integran el 80% vital del análisis de Pareto, sobre las cuales se focalizaron los requerimientos críticos de la hoja viajera.

ANEXO E. Comparativo de Indicadores Pre y Post Implementación

Tabla de resultados de la fase de Verificar (Check) del ciclo PDCA. Los valores de la línea base fueron obtenidos de los registros históricos de los dos meses previos a la implementación. Los resultados post corresponden al promedio del período de verificación de dos meses tras la implementación completa.

Indicador (KPI)	Línea base (pre)	Objetivo	Resultado (post)	Variación
Tiempo de búsqueda de info (min/evento)	8.4	≤ 5.0 (−40%)	**4.2**	**−50.0% ✓**
Defectos por trazabilidad (%)	4.8%	≤ 3.4% (−30%)	**2.9%**	**−39.6% ✓**
Tiempo de ciclo total (horas/orden)	72.0	≤ 61.2 (−15%)	**58.5**	**−18.8% ✓**
Reprocesos por especificación (ev/mes)	14.3	≤ 10.0 (−30%)	**7.8**	**−45.5% ✓**
Campos correctos en hoja viajera (%)	N/A	≥ 85%	**93.7%**	**+93.7% ✓**
Tiempo de setup (min)	38.2	≤ 30.0 (−21%)	**27.4**	**−28.3% ✓**
OEE del área (%)	67.3%	≥ 72.0% (+7%)	**74.8%**	**+11.2% ✓**

Nota estadística: Para los indicadores de tiempo de búsqueda de información y tiempo de ciclo (n=60 cada uno) se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas ($p < 0.001$). Para los indicadores de tasa de defectos y reprocesos se aplicó la prueba de Wilcoxon ($p < 0.05$). Todos los resultados son estadísticamente significativos al nivel de confianza del 95%.

399