UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

LEÓN

ESTUDIOS CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL POR

DECRETO PRESIDENCIAL DEL 27 DE ABRIL DEL 1981

SISTEMA DE TRAZABALIDAD Y MARCADO LÁSER EN INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

ESTUDIO DE CASO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

PRESENTA

ANA LILIA PASTOR LEZAMA

DIRECTOR

DR. HÉCTOR PLASCENCIA MORA

LEÓN, GTO. 2026

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

A mi familia, por ser el fundamento de cada uno de mis logros, por su amor, apoyo incondicional y motivación constante a lo largo de este proceso. Gracias por impulsarme a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia, principios que han guiado mi formación personal y profesional.

A quienes han formado parte de mi camino, brindándome palabras de aliento, confianza y acompañamiento en cada etapa de este logro. Este trabajo también es reflejo de su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Iberoamericana, por proporcionarme una formación integral basada en la excelencia académica, el pensamiento crítico y la innovación, elementos esenciales para el desarrollo de este trabajo.

A mi asesor de tesis, por su acompañamiento, orientación y valiosas aportaciones durante el desarrollo de esta investigación, así como por su compromiso en la formación académica.

A la organización en la que me desempeño profesionalmente, por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto en un entorno real de manufactura, permitiéndome integrar el conocimiento académico con la práctica industrial.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. Objetivo del reporte. 2

III. Necesidad a resolver. 2

3.1 Identificación del mercado potencial. 3

Figura 1. 3

3.2 Especificaciones por cumplir. 3

IV. ESTADO DE LA TECNICA 4

4.1- Concepto de trazabilidad industrial 4

4.2 Tecnologías de trazabilidad en manufactura 5

4.3 Sistemas de datos en manufactura 5

Concepto de sistemas de datos flexibles 6

4.4 Integración de trazabilidad y sistemas de datos 7

4.5 Tipos de láser utilizados en la industria automotriz 8

4.6 Aplicaciones del marcado láser en la industria automotriz 9

4.7 Integración con sistemas de trazabilidad 10

4.8 Relación con sistemas de datos flexibles 10

V. Revisión tecnológica y análisis de patentes en sistemas de trazabilidad 11

5.1 Estado del arte 11

Tabla 1 12

5.2 Objetivo de la búsqueda patentométrica. 13

5.3 Algoritmo de búsqueda. 13

5.4 Resultado de la búsqueda del estado de la técnica. 13

5.5 Resultado de la búsqueda de invenciones. 14

5.6 Patente relacionada con el proyecto. 14

VI. Propuesta de valor 15

VII. Tecnología por utilizar 16

7.1 INNOVATION CANVAS 16
7.2 CANVAS. 17
VIII. TRL DE INICIO 21
TRL 1 – Observación de principios básicos 22
TRL 2 – Concepto tecnológico formulado. 23
TRL 3 – Prueba de concepto. 23
TRL 4 – Validación en entorno controlado 24
TRL 5 – Validación en entorno relevante. 25
TRL 6 – Demostración en entorno relevante. 25
TRL 7 – Demostración en entorno real. 26
TRL 8 – Sistema completo y calificado 27
TRL 9 – Sistema probado en operación real. 27
Tabla 2 28
IX Análisis de factibilidades 29
9.1 Resultados de la evaluación de factibilidad financiera 29
Imagen 2. 29
9.2 Entrevistas 30
Tabla 3 31
X. Conclusión 33
ANEXO 1 34
ANEXO 2. 35
ANEXO 3 36
Bibliografía 38

I. INTRODUCCIÓN

La planta de Transmisiones GF6, San Luis Potosí actualmente tiene crecientes exigencias en cuanto a calidad y seguridad del producto que realiza.

La planta por su antigüedad y capacidad no cuenta con un sistema de trazabilidad, el cual se ha convertido en un elemento crítico ya que sin este sistema no permite contar con un control de calidad en tiempo real, así como tampoco tiene la capacidad para solución y respuesta ante reporte de fallas y reclamos del cliente en un futuro de la pieza, motivo por el cual se visualiza que es necesario resolver este problema.

Por lo cual un sistema de trazabilidad robusto permite identificar, localizar y seguir cada componente o conjunto de construcción desde el origen de este hasta el producto final, así como pruebas de funcionalidad y durante su vida útil también puede seguir el monitoreo.

Actualmente en GF6 específicamente en cuarto limpio varias de sus líneas de ensamble aún dependen de sistemas de trazabilidad manuales, semiautomatizados o en el peor de los casos no cuentan con uno de ellos.

La trazabilidad de los productos y el control de los procesos productivos en la industria automotriz, se han consolidado como elementos estratégicos para garantizar la calidad, la eficiencia operativa y el cumplimiento de estándares técnicos y normativos. En particular, la implementación de sistemas de marcado láser ha adquirido relevancia como una solución tecnológica que permite la identificación permanente de componentes, el seguimiento de productos a lo largo de su ciclo de vida y la reducción de errores asociados a reprocesos, garantías y fallas de calidad.

No obstante, la adopción de este tipo de tecnologías requiere de un análisis financiero riguroso, ya que implica inversiones significativas en infraestructura, equipos especializados, adecuaciones técnicas y capital humano. En este contexto, resulta indispensable evaluar si los beneficios económicos esperados, tales como ahorros operativos, mejora en el control de garantías y eficiencia del proceso productivo, compensan la inversión inicial y los costos de operación asociados.

II. Objetivo del estudio de caso

Analizar integralmente la viabilidad técnica, operativa, tecnológica y financiera del proyecto de trazabilidad unitaria mediante marcado láser para las líneas de ensamble GF6, considerando el estado de la técnica, la revisión patentométrica, el nivel de madurez tecnológica (TRL), la factibilidad de integración con FACS y DELMIA, el modelo de innovación y la percepción de los usuarios y beneficiarios internos, con el propósito de sustentar la toma de decisiones sobre su implementación y evolución.

Objetivos específicos

1. Describir la problemática de trazabilidad en las líneas de ensamble GF6 y sus implicaciones en calidad, garantías, retrabajos y respuesta ante fallas.

2. Analizar las tecnologías disponibles de marcado láser, identificación 2D y sistemas de datos, así como su compatibilidad con la infraestructura FACS y DELMIA.

3. Identificar antecedentes tecnológicos y patentes relacionadas para delimitar el estado de la técnica y los elementos diferenciadores de la propuesta.

4. Determinar el TRL actual del proyecto y establecer una ruta de maduración tecnológica futura de TRL 5 a TRL 9, con actividades, recursos y criterios de validación.

5. Evaluar la factibilidad financiera mediante supuestos trazables, escenarios de ahorro y análisis de sensibilidad.

6. Recabar y analizar la opinión de los usuarios, beneficiarios y responsables internos de Producción, Calidad, Ingeniería, Automatización y Mantenimiento.

III. Necesidad a resolver.

Desarrollar e implementar un sistema de trazabilidad y marcado láser, para procesos y piezas criticas el área de ensamble en GF6, en el cual sea posible la identificación y seguimiento del proceso completo de construcción de cada una de estas piezas.

Este sistema deberá permitir identificar cada componente, su registro de construcción y mediante la impresión del QR, saber si fue liberado como pieza Ok, o NOK.

3.1 Identificación del mercado potencial.

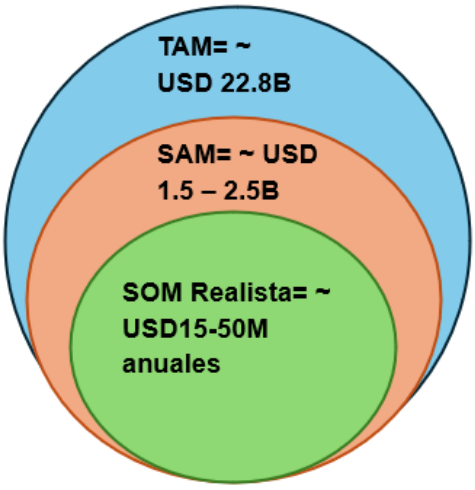
El mercado meta potencial, se refiera al área de ensamble para la planta de transmisiones GF6, las cuales actualmente cuentan con 7 diferentes líneas de ensamble de las cuales solo 4 cuentan con trazabilidad de sus componentes, esto representa un 55% de falta de trazabilidad. la falta de esta trazabilidad representa el top de garantías por semestre en el área con un total de 4 reclamos directos del cliente en agencias, reportando perdidas directas de consumo del producto.

Sin embargo, la ejecución de este sistema ligado a la trazabilidad aplicaría para la réplica a todas las plantas de GM, principalmente a plantas de transmisiones o motores, las cuales sus sistemas de rastreo principal se lleven a cabo mediante, DELMIA y FACS.

De igual forma, los sistemas de trazabilidad y monitoreo de construcción son aplicables para cualquier planta de ensamble automotriz.

Figura 1.

Imagen de TAM / SAM /SOM referente a la industria automotriz y marcado láser.



3.2 Especificaciones por cumplir.

1. Proceso adecuado al tiempo ciclo de cada operación.
2. Proceso que integre y se comunique con los sistemas de comunicación con los que actualmente se cuenta (FACS,Delmia).

3. Durabilidad permanente del marcado láser.
4. Especificaciones del QR impreso.

IV. Estado de la Técnica.

Las principales técnicas de identificación y el seguimiento de productos, mediante trazabilidad en la industria automotriz, basadas principalmente en los sistemas de datos flexibles usados en la industria, la trazabilidad ligada a estos sistemas y la técnica de marcado láser como identificación de piezas dentro de dicha industria.

4.1- Concepto de trazabilidad industrial

La trazabilidad industrial se define como la capacidad de seguir el historial, la aplicación o la ubicación de un producto o componente a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución. Este concepto es ampliamente utilizado en sectores donde la calidad y la seguridad del producto son críticas, como la industria automotriz, aeroespacial, farmacéutica y alimentaria (Fran Casino, 2019).

En términos generales, la trazabilidad puede clasificarse en tres tipos principales:

Trazabilidad hacia atrás (backward traceability)
Permite identificar el origen de los materiales o componentes utilizados en la fabricación de un producto.

Trazabilidad hacia adelante (forward traceability)
Permite rastrear el destino de un producto o lote dentro de la cadena de suministro.

Trazabilidad interna
Se refiere al seguimiento de los componentes y procesos dentro de la propia planta de producción.

En la industria automotriz, la trazabilidad interna resulta especialmente relevante debido a la complejidad de los procesos de ensamblaje. Un vehículo puede estar compuesto por más de 30,000 piezas, muchas de las cuales requieren ser identificadas individualmente durante el proceso de fabricación.

Para facilitar esta identificación, se utilizan tecnologías de marcado industrial como el código **Data Matrix**, que permite almacenar información sobre la pieza, el lote de producción o la estación de ensamblaje. Este tipo de código es ampliamente utilizado debido a su alta capacidad de almacenamiento de datos y su resistencia a condiciones industriales adversas (Fran Casino, 2019).

4.2 Tecnologías de trazabilidad en manufactura

Los sistemas de trazabilidad industrial se apoyan en diversas tecnologías de identificación automática que permiten registrar información sobre los productos y procesos a lo largo de la línea de producción.

Una de las tecnologías más utilizadas es la identificación mediante códigos de barras y códigos bidimensionales. Estos sistemas permiten almacenar información en formatos visuales que pueden ser leídos mediante dispositivos ópticos instalados en las estaciones de trabajo.

Otra tecnología ampliamente utilizada es la Radio Frequency Identification (RFID), que permite identificar objetos mediante señales de radiofrecuencia. A diferencia de los códigos ópticos, los sistemas RFID no requieren línea de visión directa, lo que facilita la identificación de múltiples objetos de forma simultánea.

Asimismo, los sistemas de visión artificial se han convertido en herramientas fundamentales para verificar la correcta lectura de códigos, detectar defectos en piezas y validar procesos de ensamblaje. Estos sistemas utilizan cámaras industriales y algoritmos de procesamiento de imágenes para analizar automáticamente el estado de los productos en la línea de producción.

La combinación de estas tecnologías permite implementar sistemas de trazabilidad altamente confiables que registran información en cada etapa del proceso productivo (Hugh Boyes, 2018).

4.3 Sistemas de datos en manufactura

Sistemas MES

Los sistemas de ejecución de manufactura (MES, por sus siglas en inglés) constituyen uno de los componentes centrales en la gestión de datos dentro de las plantas industriales. Estos sistemas actúan como un enlace entre los sistemas de control de planta y los sistemas empresariales de planificación de recursos (Lu, 2017).

Un ejemplo representativo de estas plataformas es **Siemens Opcenter**, que permite supervisar y controlar los procesos de producción en tiempo real (Kagermann, 2013).

Entre las funciones principales de los sistemas MES se encuentran:

- monitoreo de la producción en tiempo real
- gestión de órdenes de producción
- control de calidad
- registro de eventos de fabricación
- gestión de trazabilidad

El MES recopila información proveniente de diferentes dispositivos industriales, como sensores, PLC y sistemas de visión artificial, y la organiza en bases de datos que permiten analizar el desempeño del proceso productivo.

Concepto de sistemas de datos flexibles

Los sistemas de datos flexibles se refieren a arquitecturas de información capaces de integrar y gestionar grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples fuentes industriales. Estos sistemas están diseñados para adaptarse a cambios en los procesos productivos y facilitar la interoperabilidad entre diferentes tecnologías.

Una de las tecnologías que habilita este tipo de arquitecturas es el Industrial Internet of Things, que permite conectar dispositivos industriales a redes digitales para recopilar y compartir información en tiempo real (Fran Casino, 2019).

Las principales características de los sistemas de datos flexibles incluyen:

- integración de múltiples fuentes de datos
- capacidad de procesamiento en tiempo real
- escalabilidad para manejar grandes volúmenes de información
- interoperabilidad entre diferentes sistemas industriales

Estos sistemas permiten a las empresas obtener una visión integral de sus operaciones y mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

4.4 Integración de trazabilidad y sistemas de datos

La integración de los sistemas de trazabilidad con las arquitecturas de datos industriales permite registrar información detallada sobre cada etapa del proceso productivo. Esta integración se logra mediante la conexión de dispositivos de identificación, sensores y sistemas de control con plataformas de gestión de datos.

En este contexto, los sistemas MES desempeñan un papel fundamental al centralizar la información proveniente de la línea de producción y asociarla con las órdenes de fabricación.

Además, la integración con sistemas empresariales como SAP ERP permite conectar la información de producción con procesos de planificación, logística y gestión de inventarios.

La disponibilidad de datos en tiempo real facilita la identificación de problemas de calidad, la optimización de los procesos productivos y la mejora de la eficiencia operativa (Lee, 2015).

Marcado láser

El marcado láser se basa en la interacción entre la energía del láser y la superficie del material. Dependiendo del tipo de material y de los parámetros del proceso, el láser puede producir diferentes efectos físicos en la superficie.

Los principales mecanismos de marcado incluyen:

Grabado láser

El láser elimina material de la superficie mediante vaporización, creando una marca profunda y permanente.

Recocido (annealing)

El calor del láser provoca un cambio de color en el material sin remover material. Este método se utiliza principalmente en metales como acero inoxidable.

Espumado

Se produce en plásticos cuando el láser genera pequeñas burbujas en la superficie, creando un contraste visual.

Carbonización

El láser provoca cambios químicos en ciertos materiales orgánicos, generando marcas oscuras en plásticos o polímeros.

La selección del método depende del material, la profundidad requerida y las condiciones de operación del componente (Ready, 2001).

4.5 Tipos de láser utilizados en la industria automotriz

Existen diferentes tecnologías de láser utilizadas para el marcado industrial (Steen, 2010).

Láser de fibra

Los láseres de fibra son actualmente los más utilizados en aplicaciones industriales debido a su alta eficiencia energética, precisión y bajo mantenimiento.

Características:

- alta velocidad de marcado
- larga vida útil
- adecuado para metales

Fabricantes de sistemas de marcado láser incluyen empresas como:

- TRUMPF
- Coherent Corp.

Estos sistemas se utilizan comúnmente para marcar componentes metálicos como motores, transmisiones y chasis.

Láser CO_2

Los láseres de CO_2 se utilizan principalmente para marcar materiales no metálicos, como plásticos, vidrio o materiales orgánicos.

Aplicaciones:

- componentes plásticos del interior del vehículo
- etiquetas permanentes
- piezas moldeadas

Láser UV

Los láseres ultravioletas se utilizan cuando se requiere un marcado de alta precisión en materiales sensibles al calor.

Aplicaciones:

- microcomponentes electrónicos
- circuitos impresos
- sensores automotrices

4.6 Aplicaciones del marcado láser en la industria automotriz

El marcado láser se utiliza en múltiples etapas del proceso de fabricación de vehículos.

Identificación de componentes

Cada pieza puede ser marcada con un código único que permite rastrear su historial de producción.

Ejemplos:

- bloques de motor
- transmisiones
- componentes electrónicos
- sistemas de frenos

Serialización de piezas

El marcado láser permite asignar números de serie únicos a cada componente, lo que facilita el control de calidad y la trazabilidad.

Marcado de códigos 2D

Los códigos **Data Matrix** permiten almacenar información como:

- número de lote
- fecha de producción

- estación de ensamblaje
- identificador del proveedor

4.7 Integración con sistemas de trazabilidad

El marcado láser forma parte de un sistema de trazabilidad más amplio que incluye tecnologías de captura de datos, almacenamiento de información y análisis de procesos.

Una vez marcado el componente, el código puede ser leído mediante cámaras industriales instaladas en la línea de producción. Estas cámaras envían la información a sistemas de control y plataformas de gestión de producción.

Los datos capturados se integran posteriormente en sistemas MES como Siemens Opcenter, que registran el historial de fabricación de cada componente.

Además, la información puede integrarse con sistemas empresariales como SAP ERP, permitiendo vincular los datos de producción con procesos logísticos y de gestión de inventarios (Ion, 2005).

4.8 Relación con sistemas de datos flexibles

El marcado láser genera datos que pueden integrarse dentro de arquitecturas de información industrial basadas en el Industrial Internet of Things.

En estas arquitecturas, cada lectura de un código marcado con láser genera un evento de datos que se registra en la base de datos de producción. Estos eventos pueden incluir:

- identificación de la pieza
- estación de producción
- parámetros de proceso
- resultados de inspección

La integración de estos datos dentro de plataformas digitales permite construir registros completos del proceso de fabricación, lo que facilita el análisis de calidad y la optimización de procesos (Ion, 2005).

V. Revisión tecnológica y análisis de patentes en sistemas de trazabilidad

Se analiza el estado del arte del marcado laser y la trazabilidad en la industria automotriz, destacando su papel en la industria.

Las principales tecnologías permiten asignar un ID único a cada componente mediante códigos como DMC y QR, creando una huella digital que asegura el seguimiento del producto durante todo su ciclo de vida, incluso en procesos industriales exigentes.

Además, mediante una búsqueda patentométrica en Patentscope, se identificaron tendencias actuales como:

- Integración de datos de producción en tiempo real.
- Uso de machine learning para predicción y mejora de procesos.
- Sistemas inteligentes de trazabilidad completa.

En conjunto, estas tecnologías apuntan a fábricas más conectadas, eficientes y con control total de procesos.

5.1 Estado del arte

En esta sección tenemos los resultados de los estudios que se han tenido respecto al uso del láser y trazabilidad en la industria, también las patentes relacionadas con estas tecnologías, como pueden ser máquinas y técnicas relacionadas no solo en la industria automotriz, si no alrededor de la industria en general en la cual estas tecnologías y técnicas han sido útiles.

En la tabla 1, se listan algunas publicaciones de artículos relacionados a las aplicaciones de marcado laser en la industria automotriz, los cuales pueden servir de referencia para la búsqueda de aplicaciones y patentes de este tema, y así poder elegir y analizar las patentes con relación a la invención del proyecto, de trazabilidad en la planta GF6.

Tabla 1.

Tabla comparativa de artículos relacionados con la tecnología del proyecto.

Autor / Fuente	Tipo de documento	Enfoque principal	Tecnología de marcado	Aporte a la trazabilidad automotriz
Panasonic Industry – Whitepaper de Trazabilidad (PANASONIC, 2023)	Whitepaper industrial	Trazabilidad como habilitador de Industria 4.0 y smart factory	Marcado láser con códigos DMC y QR	Introduce el concepto de ID único por componente para trazabilidad de punta a punta (lote, parámetros, correcciones), con ejemplos en inyectores, airbags y cinturones
Laserax – Automotive Laser Direct Part Marking Environment (LASERAX)	Documento técnico / aplicación	Implementación de **DPM con Data Matrix** en ambientes severos (shot blasting, fundición)	Láser de alta potencia para marcado profundo y protegido	Aporta soluciones para legibilidad del código durante todo el ciclo de vida, incluso después de procesos agresivos, clave para trazabilidad real
KEYENCE – Laser Marking in the Automotive Industry (KEYENCE, 2026)	Artículo técnico-industrial	Uso del marcado láser para **cumplimiento normativo y genealogía de partes**	Láser de fibra y CO_2	Presenta el concepto de “huella digital” del componente, trazable desde producción hasta fin de vida del vehículo

5.2 Objetivo de la búsqueda patentométrica.

El objetivo de esta búsqueda es el encontrar los avances tecnológicos más actuales en el área del marcado láser y la trazabilidad, el poder compararlas con las opciones comerciales y de desarrollo que más nos convengan aplicar en el área seleccionada para su desarrollo en donde se llevara a cabo el proyecto.

Las opciones de búsqueda se realizaron la plataforma, patentscope.

La cual es un sistema que permite realizar la búsqueda de más de 107 millones de patentes a nivel mundial, ya que se encuentra entrelazada la búsqueda con la PCT y OMPI.

5.3 Algoritmo de búsqueda.

Se realizó la búsqueda del estado de la técnica, logrando identificar conceptos que intenten resolver de una manera similar al problema técnico que actualmente se tiene en el presente objetivo anterior mencionado, dicha búsqueda fue realizada a partir de algoritmos y palabras clave que describieran mejor la invención de interés.

5.4 Resultado de la búsqueda del estado de la técnica.

Se realizó una búsqueda generalizada para conocer las principales invenciones relacionadas con el concepto tecnológico de la invención.

Las palabras clave para iniciar la búsqueda fueron las siguientes:

- “trazabilidad”
- “Sistemas flexibles de datos”
- “FACS,FSM”
- “marcado láser”
- “trazabilidad y marcado láser”

Las clasificaciones internacionales de patente que mejor describen los alcances de la invención son los siguientes:

- G05B19/02: electric.
- G05B19/418 : Total factory control, i.e. centrally controlling a plurality of machines, e.g. direct or distributed numerical control [DNC], flexible manufacturing systems [FMS], integrated manufacturing systems [IMS] or computer integrated manufacturing [CIM]
- G05B19/4183: characterized by data acquisition, e.g. workpiece identification

- B28B15/00: General arrangement or layout of plant; Industrial outlines or plant installations
- B28B17/0063: Control arrangements
- B28B17/0081: Process control

5.5 Resultado de la búsqueda de invenciones.

El resultado de la búsqueda llevada a cabo fueron las siguientes:

- Cpc=GO5B19/41875low AND cpc=GO5B19/4183low

5.6 Patente relacionada con el proyecto.

Al finalizar la búsqueda de las patentes relacionadas al proyecto se tiene el siguiente resultado:

W0 2025/238536 A1

La invención trata de un método para crear una base de datos y la infraestructura de servidor para una línea de producción continua de productos cerámicos decorados (baldosas/losas).

La base de datos integra parámetros de ajuste (configuraciones de máquina), parámetros de entrada (incluidos sensores en línea y datos offline) y parámetros de desempeño, todo sincronizado temporalmente. Esa base alimenta una unidad de supervisión con modelo entrenado (ML) y/o modelo físico simplificado para estimar valores de desempeño, generar alertas predictivas, proponer recetas de operación y, opcionalmente, ajustar en lazo cerrado.

También contempla un identificador único por producto/lote y un chatbot/NLP para consulta operativa en lenguaje natural.

Elementos destacados:

Sincronización temporal de parámetros de ajuste/entrada/desempeño (online y offline) en una memoria no volátil.

Estimación predictiva de desempeño (modelo ML y/o físico), generación de señales de alarma por umbral y sugerencias/ajustes de recetas en tiempo real.

Trazabilidad por código único (código de barras/QR/RFID) por producto para correlacionar mediciones en distintos puntos/tiempos.

Chatbot/NLP conectado a la base de datos para explicar estado, sugerir acciones, diagnosticar anomalías y proponer eficiencia energética/mantenimiento predictivo.

(Italia Patente nº WO 2025/238536 A1, 2025)

VI. Propuesta de valor.

La aportación innovadora de este estudio de caso no consiste en desarrollar una nueva tecnología de marcado láser o de trazabilidad, ya que ambas se encuentran disponibles y son utilizadas en la industria. La contribución se ubica en la forma de seleccionar, integrar, adaptar y validar tecnologías existentes dentro del contexto productivo específico de las líneas de ensamble GF6.

Las características técnicas de la solución propuesta son las siguientes:

• Marcado láser permanente mediante código 2D, conforme con los requerimientos del proceso.

• Lectura automática y asociación unitaria entre la pieza, la estación, los parámetros de proceso y el resultado OK/NOK.

• Integración progresiva con FACS, DELMIA, PLC, lectores y base de datos de trazabilidad.

• Validación de calidad del marcado, comunicación, repetibilidad, estabilidad y tiempo ciclo.

Valor generado para la organización:

La propuesta genera valor al proporcionar información confiable y oportuna para delimitar problemas de calidad, reducir los tiempos de investigación, disminuir la exposición económica ante garantías y eventos de no calidad, y mejorar la toma de decisiones y la mejora continua. Por ello, el valor no se limita a incorporar un equipo láser, sino a convertir los datos de fabricación en evidencia útil para la operación.

VII. Tecnología por utilizar

La tecnología de grabado láser ya se encuentra actualmente en el mercado de la industria automotriz, así como las tecnologías de datos flexibles para esta planta en específico, como lo es Delmia y FACS.

Sin embargo, actualmente en la planta los sistemas se encuentran en procesos separados, no están enlazados uno con otro o el proceso de marcado no depende del estatus y del seguimiento mediante Delmia y FACS,

De igual forma, la impresión láser a utilizar se ha elegido la impresión 2D, esto debido a los estándares que se presentan dentro de la compañía.

7.1 INNOVATION CANVAS

Llevando a cabo el desarrollo del Innovation Canvas, se detectaron los principales desafíos al presentar el proyecto, los cuales se resumen en la integración de la implementación, la selección adecuada de la tecnología, así como las adecuaciones necesarias al proceso e infraestructura para llevarlo a cabo.

La solución propuesta consiste en la investigación, se establece un enfoque basado en la evaluación técnica, validación de compatibilidad entre los sistemas, así como la selección de tecnologías y equipos alineados con la infraestructura existente. Este proceso es ejecutado con la coordinación de un equipo multidisciplinario, responsable de realizar pruebas de integración y supervisar la implementación, así, garantizar la correcta interconexión entre los sistemas y la operatividad de la planta.

Por otro lado, las adecuaciones necesarias para llevar a cabo estas instalaciones se revisaron de acuerdo con el plan de acción para llevar a como dicha integración, tomando en cuenta el tiempo que en el cual se plantea la integración y el contar con todos los recursos tanto de hardware como las personas adecuadas para la ejecución (Horkan, 2025).

De acuerdo con el Innovation canvas (Anexo 1), los principales retos y acciones a tomar para llevar a cabo el proyecto son los siguientes:

Retos:

- Integración de FACS y Delmia.

- Estabilidad del marcado (Calidad del marcado)
- Gestión del sistema en grandes volúmenes de datos.

Acciones de mitigación:

- Trabajar de la mano con los especialistas de integración de los sistemas FACS y DELMIA
- Pruebas para mantener la estabilidad del marcado antes de liberar el proyecto
- Correcto desarrollo de toda la integración para la permanencia del proyecto.

7.2 CANVAS PARA UNA INNOVACIÓN DE PROCESO INTERNA

De acuerdo con el Canvas del proyecto de Trazabilidad y Marcado Láser (Anexo 2), la solución es técnicamente viable para las líneas de ensamble GF6 y está alineada con las necesidades de la planta. Por tratarse principalmente de una innovación de proceso interna, el modelo se interpreta desde la perspectiva de usuarios, beneficiarios y stakeholders internos, no como un modelo comercial dirigido a clientes externos.

El proyecto también puede generar una capacidad replicable en otras plantas de GM con arquitecturas similares; sin embargo, en este estudio de caso el alcance principal corresponde a GF6.

La identificación de usuarios y beneficiarios internos permite reconocer las necesidades, barreras, propuestas de solución y métricas de éxito de la implementación.

1. Usuarios y beneficiarios internos (antes “Segmento de Clientes”):

- • Producción de GF6, como usuario operativo del sistema y beneficiario de la evidencia de proceso.
- • Calidad e Ingeniería de Manufactura, como usuarios de la información y responsables de análisis, validación y mejora.

2. Propuesta de valor para la organización:

- • Trazabilidad unitaria completa para identificar y delimitar el alcance de una desviación.
- • Marcado láser permanente y legible como vínculo físico con el historial digital de la pieza.

- • Integración con sistemas existentes para disponer de información oportuna sin duplicar registros.
- • Evidencia digital de parámetros de fabricación, estación, operador, fecha y resultado OK/NOK.
- • Reducción del tiempo de investigación y de la exposición económica ante garantías, campañas y eventos de no calidad.
- • Soporte para la toma de decisiones, el análisis de fallas y la mejora continua.

3. Relación con los usuarios internos:

- Soporte técnico interno (ingeniería / mantenimiento).
- Paneles de monitoreo y reportes automáticos.
- Gestión de incidencias basada en datos.
- Retroalimentación continua Producción ↔ Calidad ↔ Ingeniería.

4.-Canales:

- Línea de ensamble GF6 (marcado directo en pieza).
- MES / Sistema de Producción.
- Dashboards de calidad y producción

5.-Actividades Clave:

- Marcado láser unitario en transmisión / subconjunto.
- Lectura automática en estaciones críticas.
- Asociación pieza–proceso (parámetros, torque, OK/NOK).
- Gestión de base de datos de trazabilidad.
- Monitoreo de calidad y rendimiento.
- Mantenimiento del sistema láser y lectores.
- Análisis de datos para mejora continua.
- Pruebas piloto de cada actividad antes mencionada.

6.-Recursos Clave:

- Sistema de marcado láser industrial (fibra / CO_2 según material).
- Lectores industriales de códigos.
- PLC y sensores de estaciones GF6.

- Software de trazabilidad / MES.
- Base de datos industrial (SQL / historian).
- Infraestructura IT / red industrial.

7. Socios y áreas colaboradoras:

- Proveedor de marcado láser.
- Integrador de automatización / MES.
- Proveedor de visión industrial.
- Área de IT corporativo.
- Responsables internos de Producción, Calidad e Ingeniería, quienes validarán la factibilidad técnica, operativa y económica.

8.-Estructura de Costo:

- Equipos de marcado láser.
- Lectores y cámaras industriales.
- Integración PLC / MES.
- Mantenimiento de equipos.
- Licencias de software.
- Capacitación.
- Paro de línea durante implementación.
- Gestión de cambios de proceso.

9.-Beneficios:

- Reducción de garantías
- Tiempo de investigación de fallas.
- Bases de datos para búsqueda de información
- Reducción de Scrap por alguna campaña
- Certeza de un proceso controlado.

7.3 APORTACIÓN DE LA AUTORA EN LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN

La participación directa de la autora se concentró en conducir el análisis y articular los elementos técnicos, organizacionales y financieros necesarios para evaluar la oportunidad de innovación en GF6.

• Identificación de la oportunidad y delimitación del problema de trazabilidad en las líneas de ensamble GF6.

• Definición de los requerimientos del proceso y de los criterios de calidad, comunicación, tiempo ciclo y trazabilidad.

• Realización de vigilancia tecnológica y análisis de patentes para conocer alternativas, tendencias y antecedentes.

• Comparación y selección conceptual de tecnologías de marcado, lectura 2D, integración de datos y equipos compatibles con la planta.

• Diseño de la lógica de integración entre el marcado láser, FACS, DELMIA y los sistemas de control y registro.

• Coordinación de la consulta con Producción, Calidad, Ingeniería, Automatización y otros actores involucrados.

• Evaluación del nivel TRL, definición de la ruta de maduración y estructuración de los supuestos de factibilidad financiera.

• Análisis de resultados, identificación de riesgos y formulación de recomendaciones para la implementación y el escalamiento.

VIII. TRL ACTUAL Y RUTA PROPUESTA DE MADURACIÓN TECNOLÓGICA

Con base en la evidencia disponible al cierre de este estudio, el proyecto se encuentra actualmente en TRL 4: validación en entorno controlado. Las actividades descritas para TRL 5, TRL 6, TRL 7, TRL 8 y TRL 9 corresponden a una ruta de maduración tecnológica propuesta y no deben interpretarse como actividades ya ejecutadas.

La operación en la que se plantea instalar el dispositivo de marcado láser cuenta con el sistema de datos flexibles FACS utilizado en la planta y con la selección preliminar de un equipo que, por capacidad y tiempo de ciclo, cumple los requerimientos establecidos.

El proyecto no requiere desarrollar una tecnología fundamentalmente nueva; consiste en integrar, unificar y validar tecnologías existentes, particularmente la conectividad entre FACS, DELMIA y la impresora láser, para generar un código 2D asociado con la información de construcción de cada pieza.

- TRL 1 – Principios básicos observados

En esta etapa se realiza el análisis inicial del problema, identificando las posibles soluciones más convenientes. También se recopilan los datos clave para evaluar el costo-beneficio de la idea propuesta.

- TRL 2 – Concepto tecnológico formulado

Se realiza la búsqueda de información de sistemas de marcado laser y trazabilidades compatibles en GM, así como las bases de datos utilizadas.

- TRL 3 – Prueba de concepto

De acuerdo con la búsqueda realizada en el nivel anterior, se seleccionaron las tecnologías a probar, se realizan pruebas de marcado en la pieza y de comunicación con el PLC y los sistemas de trazabilidad de GM.

- TRL 4 – Validación en entorno controlado (nivel actual)

Se desarrolla y valida el prototipo para evaluar la adaptabilidad del equipo a la máquina actual y definir alternativas de instalación y marcado láser.

- TRL 5 – Validación en entorno relevante (ruta propuesta)

Se propone instalar un piloto en un entorno relevante, validar la lectura automática, asociar la pieza con el estatus del proceso y evaluar la repetibilidad y estabilidad.

- TRL 6 – Demostración en entorno relevante (ruta propuesta)

Se propone ejecutar las primeras corridas controladas en planta e integrar progresivamente el sistema con FACS y DELMIA.

- TRL 7 – Demostración en entorno real (ruta propuesta)

Se propone realizar corridas en condiciones reales, validar la integración de las piezas con otros componentes y ajustar el sistema con base en el desempeño observado.

- TRL 8 – Sistema completo y calificado (ruta propuesta)

Se propone ejecutar PPAP, Run@Rate, estudio de capacidad, documentación, capacitación y validaciones requeridas para la liberación del proceso.

- TRL 9 – Sistema probado en operación real (meta futura)

La meta es contar con el sistema de marcado láser y trazabilidad operando de manera estable y sostenida en las áreas definidas del CL GF6.

La siguiente descripción distingue las actividades ya realizadas o asociadas con la validación en TRL 4 de las actividades requeridas para avanzar hacia TRL 5–9. En consecuencia, los recursos y tecnologías de TRL 5–9 se presentan como requerimientos de implementación y no como evidencia de ejecución concluida.

TRL 1 – Observación de principios básicos

Actividades

- Identificación de la problemática:
  Falta de trazabilidad unitaria completa y dependencia de registros no integrados.
- Análisis de tecnologías existentes (marcado láser, QR/DataMatrix, MES).

Recurso humano

- Ingeniero de Manufactura.

- Ingeniero de Calidad.
- Líder de proyecto (Manufacturing / Ingeniería).

Tecnología requerida

- Documentación normativa.
- Información de proveedores (sin pruebas aún).

TRL 2 – Concepto tecnológico formulado.

Actividades

- Definición del concepto de trazabilidad:
- Selección conceptual del marcado láser 2D.
- Definición de interacción FACS – DELMIA – sistema de marcado.
- Construcción de la **propuesta de valor** (Innovation Canvas).

Recurso humano

- Ingeniería de Manufactura.
- Calidad de proceso.
- Proveedor láser (consultoría conceptual).

Tecnología requerida

- Diagramas de arquitectura.
- Modelos conceptuales de flujo de datos.
- Software de diseño / simulación básica.

TRL 3 – Prueba de concepto.

Actividades

- Simulación de flujo de datos de trazabilidad.

- Generación de códigos QR/DataMatrix con datos simulados.
- Pruebas iniciales de grabado en muestras.

Recurso humano

- Ingeniero de Automatización.
- Ingeniero de Calidad.
- Proveedor del sistema láser.
- Ingeniero de procesos (validación).

Tecnología requerida

- Equipo láser en modo laboratorio o demo.
- Software de marcado básico.
- Lectores manuales o de prueba.

TRL 4 – Validación en entorno controlado

Actividades

- Pruebas de marcado con material real.
- Evaluación de calidad, contraste y permanencia del grabado.
- Pruebas de comunicación entre láser y sistema de datos flexible.
- Pruebas offline de integración FACS / DELMIA.

Recurso humano

- Ingeniería de Manufactura.
- Automatización.
- Calidad.
- Proveedor láser.

Tecnología requerida

- Láser industrial seleccionado.
- PC industrial.
- Software de marcado.
- Entorno FACS/DELMIA de prueba.

TRL 5 – Validación en entorno relevante (ruta propuesta)

Actividades propuestas

- Instalación piloto fuera de la línea crítica.
- Lectura automática del código.
- Asociación pieza–estatus del proceso.
- Análisis de repetibilidad y estabilidad.

Recursos humanos requeridos

- Ingeniero de Procesos.
- Técnico de Mantenimiento.
- Calidad de proceso.

Tecnología requerida

- Estación piloto.
- PLC de prueba.
- Base de datos local.

TRL 6 – Demostración en entorno relevante (ruta propuesta)

Actividades propuestas

- Integración directa con FACS y DELMIA.
- Bloqueo de proceso ante falla de marcado/lectura.
- Validación de tiempo ciclo.

- Generación de historial real por pieza.

Recursos humanos requeridos

- Líder de Manufactura.
- Calidad.
- Supervisión de producción.

Tecnología requerida

- Láser integrado a estación productiva.
- Interfaces PLC–MES.
- Base de datos industrial inicial.

TRL 7 – Demostración en entorno real (ruta propuesta)

Actividades propuestas

- Producción de lotes reales.
- Auditorías internas usando trazabilidad.
- Monitoreo de fallas reales.
- Ajustes por condiciones ambientales.

Recursos humanos requeridos

- Calidad planta.
- Ingeniería industrial.
- Mantenimiento preventivo.

Tecnología requerida

- Infraestructura IT estable.
- Dashboards operativos.
- Backups y control de accesos.

TRL 8 – Sistema completo y calificado (ruta propuesta)

Actividades propuestas

- Validación PPAP / Run@Rate.
- Documentación estándar (SOP, WI).
- Capacitación formal.
- Liberación oficial del proceso.

Recursos humanos requeridos

- Calidad corporativa.
- Producción.
- Ingeniería de procesos.
- Capacitación técnica.

Tecnología requerida

- Sistema MES completo.
- Reportes automáticos.
- Control de versiones y usuarios.

TRL 9 – Sistema probado en operación real (meta futura)

Actividades propuestas

- Operación autónoma del sistema.
- Uso de datos para mejora continua.
- Replicación a otras líneas.

Recursos humanos requeridos

- Ingeniería avanzada.
- Planeación estratégica.

Tecnología requerida

- Base de datos histórica consolidada.
- Integración ERP / PLM.

Dado que el proyecto integra y valida tecnologías existentes, la evaluación del TRL se centra en el grado de implementación, confiabilidad e integración dentro del entorno productivo. Para evitar confusiones, la inversión se presenta como estimada por etapa: la etapa TRL 3–4 corresponde a la inversión inicial de $1,960,000 MXN; las etapas TRL 5–7 y TRL 8–9 representan costos futuros estimados de $260,000 MXN y $100,000 MXN, respectivamente.

La Tabla 2 resume las actividades clave y la inversión estimada por etapa de maduración tecnológica.

Tabla 2.

Niveles de TRL , actividades clave e inversión realizada.

Nivel / etapa TRL	Actividades clave y condición	Inversión estimada
TRL 3–4 (actual)	Prueba de concepto, selección tecnológica, pruebas de grabado y lectura 2D, validación en entorno controlado.	$1,960,000.00 MXN
TRL 5–7 (ruta futura)	Piloto, integración con FACS y DELMIA, instalación en línea, asociación pieza–proceso y producción de prueba.	$260,000.00 MXN
TRL 8–9 (ruta futura)	PPAP, Run@Rate, documentación, capacitación, liberación, operación estable y preparación para escalamiento.	$100,000.00 MXN

IX. Análisis de factibilidades

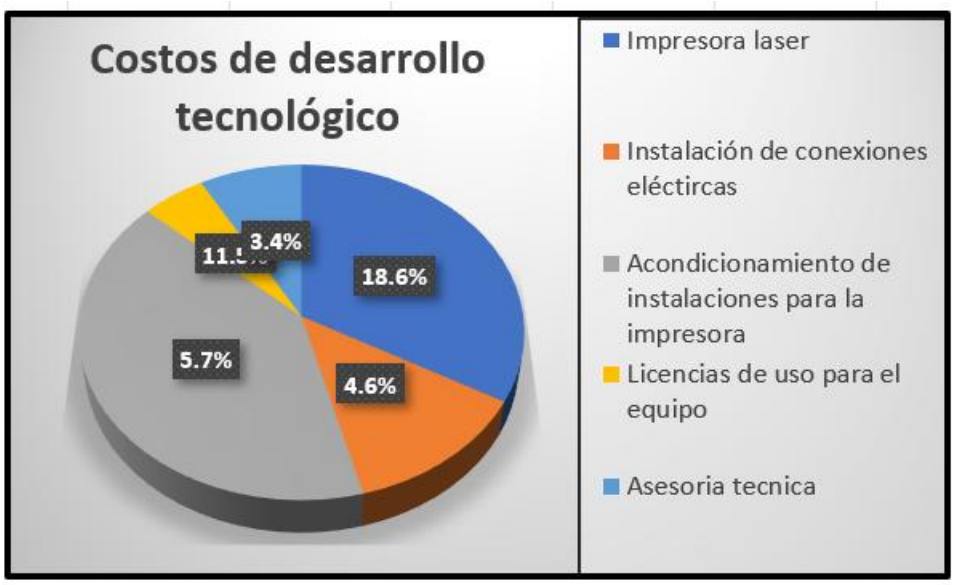
9.1 Resultados de la evaluación de factibilidad financiera

El análisis financiero se presenta como una proyección a cinco años y no como evidencia de ahorros ya realizados. Su utilidad depende de que cada supuesto sea contrastado con registros históricos de GF6 y con cotizaciones o estimaciones documentadas de implementación, operación y mantenimiento.

La inversión inicial estimada es de $1,960,000 MXN e incluye principalmente la impresora láser, adecuaciones de instalación, instalación eléctrica, licencias y asesoría técnica. El costo total estimado del proyecto es de $2,320,000 MXN, integrado de la siguiente manera: $1,960,000 MXN de inversión inicial + $260,000 MXN para las etapas de integración y demostración TRL 5–7 + $100,000 MXN para calificación, estandarización y operación inicial TRL 8–9. Esta suma permite conciliar el costo total reportado con las etapas de la ruta propuesta.

Imagen 2.

Gráfica de pastel que muestra la distribución de los gastos de inversión.



En el escenario conservador, el ahorro anual inicial proyectado es de $817,500 MXN. Esta cifra debe documentarse como la suma de beneficios evitados por: a) reducción de retrabajos y scrap; b) disminución del tiempo de investigación de fallas; c) reducción de la exposición a garantías,

campañas y reclamos; y d) disminución de paros o tiempos improductivos. La fuente de cada componente debe indicar periodo base, costo unitario, volumen afectado y porcentaje de reducción esperado. El crecimiento anual del 15% es un supuesto de modelación para representar una adopción y captura gradual de beneficios; no debe presentarse como tendencia histórica si no existe evidencia que lo respalde. Con una tasa de descuento del 10%, el VAN reportado es de $1,032,621.80 MXN y la TIR de 26.6%, sujetos a la validación de esos supuestos.

En el escenario ambicioso, el ahorro anual inicial proyectado es de $1,642,500 MXN, calculado bajo una mayor captura de los beneficios anteriores y/o una aplicación más amplia del sistema. El VAN reportado es de $2,376,920.51 MXN y la TIR aproximada es de 78.9%, utilizando una tasa de descuento del 30%. La tasa del 30% debe identificarse expresamente como escenario de estrés o sensibilidad; no es directamente comparable con la tasa base del 10%. Para sostener ambas tasas, el documento deberá citar la fuente de la tasa base —por ejemplo, TMAR, WACC o criterio financiero autorizado— y explicar que el 30% se utiliza para probar la robustez del proyecto ante mayor riesgo.

Por lo tanto, los indicadores financieros deben interpretarse como resultados proyectados. La conclusión de viabilidad será más sólida cuando se anexen los registros de calidad, garantías, retrabajos, scrap, horas de investigación, paros y cotizaciones que permitan reproducir los ahorros de $817,500 y $1,642,500 MXN.

9.2 Entrevistas

Para evaluar el proyecto desde la perspectiva de los usuarios, beneficiarios y responsables de implementación, se entrevistó a un grupo de interés de la planta GPS con experiencia directa en Manufactura, Calidad, Controles o Automatización y Producción.

La entrevista se enfocó en evaluar la viabilidad, relevancia e implementabilidad del sistema de trazabilidad y marcado láser.

En la Tabla 3 se enlistan los participantes seleccionados y sus áreas de especialización.

Tabla 3.

Relación y rol de personas que se entrevistaron.

Rol	Área de especialización
Ingeniero de Manufactura	Ensamble de transmisiones y control de procesos
Ingeniero de Calidad	Gestión de garantías.
Especialista en FACS /DELMIA	Integración FACS, DELMIA, PLC y sistemas de datos
Jefe de Producción	Operación de líneas automotrices.

Las preguntas seleccionadas para el grupo de interés fueron las siguientes:

- ¿Considera que la falta de trazabilidad unitaria representa un riesgo operativo y económico para la planta?
- ¿La propuesta de valor del proyecto (trazabilidad unitaria + marcado láser permanente) es relevante para la operación GF6?
- ¿La integración del sistema de marcado láser con FACS y DELMIA es técnicamente viable?
- ¿Los beneficios económicos estimados justifican la inversión inicial del proyecto?

Para las cuales, las respuestas se concluyen en lo siguiente.

Pregunta 1:

Los expertos coincidieron en que la ausencia de un sistema de trazabilidad robusto incrementa significativamente el riesgo financiero, especialmente en escenarios de garantías, campañas de calidad y reclamos de cliente.

Se destacó que, sin identificación unitaria, los costos asociados a retiros de producto tienden a multiplicarse al no poder aislar fallas específicas.

Pregunta 2:

Consideran que la propuesta de valor es altamente viable, ya que el marcado láser permanente asociado a la información de proceso en tiempo real permite asegurar:

- Evidencia objetiva de calidad
- Control del proceso
- Reducción del tiempo de análisis de fallas
- Trazabilidad completa del historial del producto

Pregunta 3:
Desde una perspectiva técnica, los entrevistados afirmaron que la integración es viable y congruente con la arquitectura de datos actual, siempre que exista una correcta definición de interfaces, pruebas piloto y validación en entorno controlado. También consideraron adecuado y realista que el proyecto se ubique actualmente en TRL 4 y que TRL 5–9 se maneje como una ruta futura.

Pregunta 4:
Los entrevistados consideraron que, de acuerdo con los costos actuales de garantías, retrabajos y tiempos improductivos, los ahorros proyectados podrían ser alcanzables a mediano plazo; no obstante, recomendaron validar las cifras con registros históricos. También señalaron que el arrendamiento podría facilitar la adopción inicial, si se mantiene como alternativa de implementación.

9.3 Limitaciones, alcance y potencial de escalamiento

El alcance principal del estudio corresponde al caso de innovación interna para las líneas de ensamble de la planta GF6. La posible réplica en otras líneas o instalaciones de GM se considera una oportunidad posterior y dependerá de la compatibilidad de sus procesos, sistemas, requerimientos y justificación económica.

Una limitación del estudio es que, mientras el sistema no se encuentre completamente implementado y liberado, la validación de los beneficios se sustenta parcialmente en estimaciones financieras, escenarios de sensibilidad y la opinión de especialistas. Por lo tanto, los ahorros, la reducción de garantías, la disminución de retrabajos y la mejora en los tiempos de investigación deben presentarse como beneficios proyectados, no como resultados comprobados.

La comprobación posterior deberá realizarse mediante una línea base y mediciones antes-después que incluyan, entre otros, eventos de no calidad, scrap, retrabajos, horas de investigación, paros, garantías, legibilidad del marcado, tasa de lectura y disponibilidad del sistema.

X. Conclusión

A partir del análisis técnico, tecnológico, operativo, financiero y de las entrevistas realizadas al grupo de interés, se concluye que el proyecto de trazabilidad unitaria mediante marcado láser presenta viabilidad potencial y está alineado con las necesidades de la línea de ensamble de transmisiones GF6. Esta conclusión se refiere a la factibilidad de la propuesta y no implica que la solución haya alcanzado TRL 9.

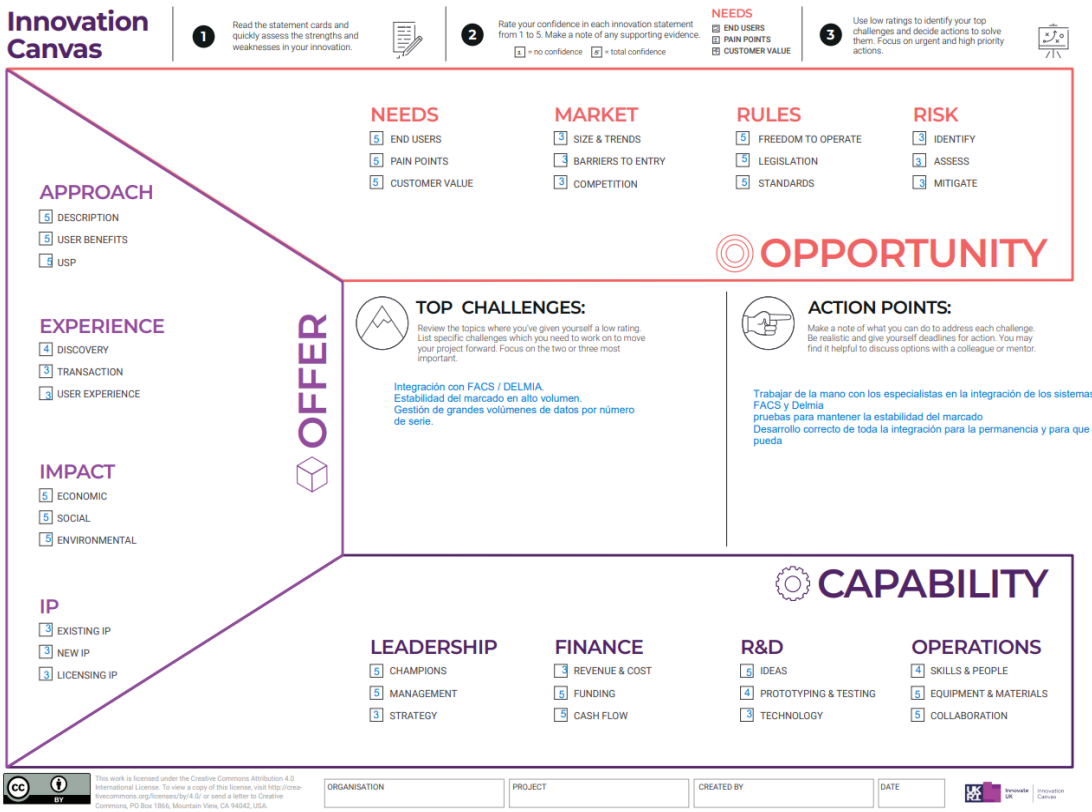
El trabajo demuestra la aplicación articulada de vigilancia tecnológica, análisis de patentes, Innovation Canvas, modelo Canvas, niveles de madurez tecnológica (TRL), análisis de factibilidad financiera y consulta con actores involucrados. La aportación de la autora consiste en integrar estos enfoques para orientar una decisión de innovación interna, técnicamente viable y potencialmente escalable.

Los especialistas coincidieron en que la ausencia de identificación unitaria incrementa el riesgo operativo y financiero, particularmente en garantías y reclamaciones de cliente. Asimismo, señalaron que la propuesta puede fortalecer el control de calidad, la evidencia objetiva del producto y la reducción del tiempo de análisis de fallas.

La integración con FACS y DELMIA se considera técnicamente factible, condicionada a la definición de interfaces, pruebas piloto, validación en entorno controlado y ejecución de la ruta propuesta TRL 5–9. Los beneficios económicos son proyecciones que deben respaldarse con registros de GF6 y análisis de sensibilidad; por ello, el estudio justifica la continuidad del proyecto hacia etapas posteriores, pero no afirma que dichas etapas ya hayan sido completadas.

ANEXO 1

Innovation Canvas



ANEXO 2.

Canvas

ANEXO 3.

Análisis Financiero.

COSTOS DE PRODUCCIÓN - Trazabilidad y Marcado Láser

CONCEPTO		PARCIAL	UNIDAD	UNITARIO	SUBTOTAL
COSTOS DE DESARROLLO TECNOLOGICO					
Impresora laser		$ 650,000.00	1	$ 650,000.00	28.0%
Instalación de conexiones eléctircas		$ 250,000.00	1	$ 250,000.00	10.8%
Acondicionamiento de instalaciones para la impresora		$ 800,000.00	1	$ 800,000.00	34.5%
Licencias de uso para el equipo		$ 100,000.00	1	$ 100,000.00	4.3%
Asesoria tecnica		$ 40,000.00	4	$ 160,000.00	6.9%
COSTO TOTAL DE DESARROLLO				**$ 1,960,000.00**	84.5%

COSTOS DE OPERACIÓN

Refaccionamiento de impresora		$ 200,000.00	1	$ 200,000.00	8.6%
Tecnico en mantenimiento		$ 5,000.00	12	$ 60,000.00	2.6%
				$ -	0.0%
				$ -	0.0%
				$ -	0.0%
				$ -	0.0%
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA				**$ 260,000.00**	11.2%

GASTOS INDIRECTOS

Otros		$ 100,000.00	1	$ 100,000.00	4.3%
TOTAL GASTOS INDIRECTOS				**$ 100,000.00**	**4.3%**

COSTO TOTAL				**$ 2,320,000.00**	

PROYECCIÓN DE VENTAS EN DOS ESCENARIOS

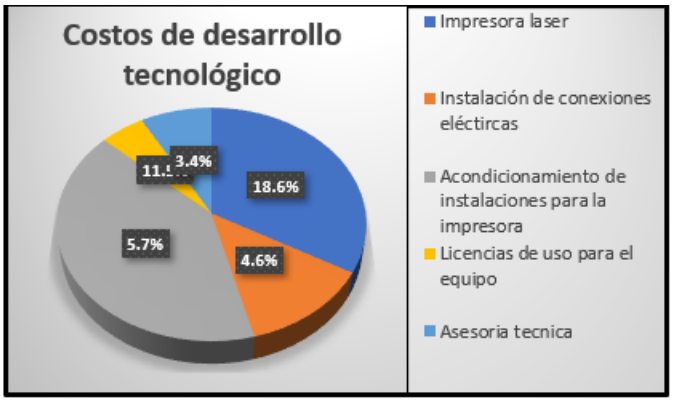
Precio por garantía reportada	horros. Anuales Conservad	Ahorros. Anuales ambicioso	ndice crecimiento operació	Inflación
$13,000.00	$817,500.00	$1,642,500.00	15%	5%
Precio unitario de un vehiculo	10	10	anual	anual
$275,000.00				

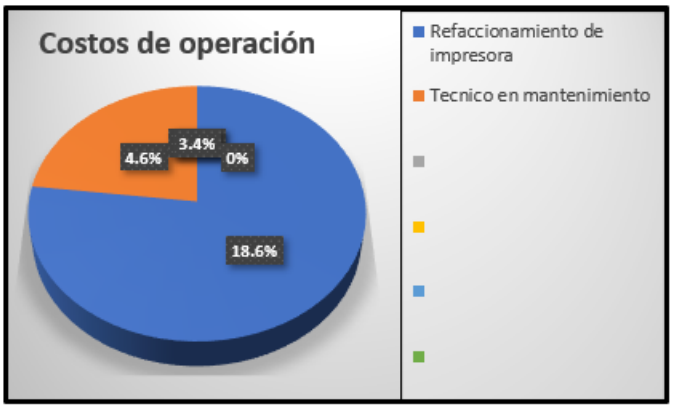
PLAN DE AHORROS - ENFOQUE CONSERVADOR						
	AÑO					
PLANEACIÓN DE VENTAS	0	1	2	3	4	5
PRESUPUESTO DE VENTAS		$817,500.00	$940,125.00	$1,081,143.75	$1,243,315.31	$1,429,812.61
PRESUPUESTO DE OPERACIÓN	$1,960,000.00	$260,000.00	$272,688.00	$285,995.17	$299,951.74	$314,589.38
FLUJO DE EFECTIVO	AÑO					
CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
	-$1,960,000.00	$557,500.00	$667,437.00	$795,148.58	$943,363.57	$1,115,223.23

Tasa de descuento	0.10
VAN	$1,032,621.80
FE (Años 1-5) a valor presente	$2,992,621.80
TIR	27%
VP= inversión + costo	$3,036,804.36
Relación costo beneficio	0.99

PLAN DE VENTAS Y PRODUCCIÓN AMBICIOSO						
	AÑO					
PLANEACIÓN DE VENTAS	0	1	2	3	4	5
PRESUPUESTO DE VENTAS		$ 1,642,500.00	$ 1,888,875.00	$ 2,172,206.25	$ 2,498,037.19	$ 2,872,742.77
PRESUPUESTO DE OPERACIÓN	$ 1,960,000.00	$ 260,000.00	$ 272,688.00	$ 285,995.17	$ 299,951.74	$ 314,589.38
FLUJO DE EFECTIVO	AÑO					
CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
	-$1,960,000.00	$1,382,500.00	$1,616,187.00	$1,886,211.08	$2,198,085.45	$2,558,153.38

Tasa de descuento	0.10
VAN	$5,139,382.14
FE (Años 1-5) a valor presente	$7,099,382.14
TIR	79%
VP= inversión + costo	$3,036,804.36
Relación costo beneficio	1.69





Bibliografía

Berk, J. &. (2020). *Corporate finance (5th ed.)*. . Pearson.

Damodaran, A. (2012). *wiley.com*. Obtenido de wiley.com: https://www.wiley.com/en-us/Risk+Analysis+and+Simulation+in+Excel%2C+2nd+Edition-p-9781118672169

Fran Casino, T. K. (Mazro de 2019). *Science Direct*. Obtenido de Science Direct : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736585318306324?via%3Dihub

Gatti, P. (2025). *Italia Patente nº WO 2025/238536 A1*.

Hugh Boyes, B. H. (Octubre de 2018). *Science Direct* . Obtenido de Science Direct : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517307285

Horkan, W. (2025). *Horkan*. Obtenido de Horkan: https://horkan.com/2025/05/07/how-to-create-and-use-an-innovation-canvas-and-why-it-matters

Ion, J. C. (2005). Laser processing of engineering materials: Principles, procedure and industrial application. *Elsevier Butterworth-Heinemann*.

Kagermann, H. W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industry 4.0. Acatech. *National Academy of Science and Engineering*.

KEYENCE. (2026). Laser Marking in the Automotive Industry.

LASERAX. (s.f.). Shotblast resistant marking has arrrived . *LASERAX* , 3.

Lee, J. B. (enero de 2015). *Science Direct* . Obtenido de Manufacturing Letters: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221384631400025X?via%3Dihub

Lu, Y. (Junio de 2017). *Journal of Industrial Information Integration*. Obtenido de Science Direct : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X17300043?via%3Dihub

Manning, C. G. (27 de SEPTEMBER de 2023). *NASA* . Obtenido de NASA: https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/

PANASONIC. (2023). TRACEABILITY AND PRODUCT IDENTIFICATION.

Ready, J. F. (2001). Industrial applications of lasers. *Academic Press*.

Ross, S. a. (2022). *Fundamentals of Corporate Finance 14th Edicion*. McGraw-Hill. Obtenido de https://www.mheducation.com/highered/product/fundamentals-corporate-finance-ross/M9781260571077.html

Steen, W. M. (2010). Laser material processing (4th ed.). *Springer*.