CIATEQ, A. C. Centro de Tecnología Avanzada
Dirección de Posgrado

Implementación de una metodología, en el área de ingeniería de una planta automotriz, para la validación interna del rediseño del cárter del motor diésel 2.5 L

TESIS QUE PRESENTA

Ing. Reynaldo Emelio Becerril Domínguez
Asesor: Dr. Raúl Pérez Bustamante
Co-Asesor: Dra. María Guadalupe Navarro Rojero

Para obtener el grado de

Maestro en
Manufactura Avanzada

Toluca, Estado de México
septiembre, 2022

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR

GOBIERNO DE MÉXICO

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CIATEQ

San Luis Potosí, SLP, 25 de octubre del 2020.

Mtro. Geovany González Carlos
Coordinador Académico de Posgrado
CIATEQ, A.C.

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del Ing. Reynaldo Emelio Becerril Domínguez, una vez revisado su Proyecto Terminal de tesis/tesina, titulado "ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA VALIDACIÓN DEL REDISEÑO DEL CARTER DEL MOTOR DIÉSEL 2.5 LT" autorizamos que el citado trabajo sea presentado por el alumno para su revisión, con el fin de alcanzar el grado de MAESTRO EN MANUFACTURA AVANZADA.

Sin otro particular por el momento, agradecemos la atención prestada.

Firma	Firma
Raúl PB	
Dr. Raúl Pérez Bustamante	Grado, nombre completo Asesor en Planta

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

San Luis Potosí, S.L.P. | +52 (444) 824 0310 | 800 800 3798 | mkt@ciateq.mx | www.ciateq.mx

CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR

Querétaro, Querétaro 08 de Febrero del 2021

Dra. María Guadalupe Navarro Rojero
Directora de Posgrado
CIATEQ, A.C.

Por medio de la presente me dirijo a usted en calidad de Revisor del proyecto terminal del alumno Reynaldo Emelio Becerril Domínguez, cuyo título es:

"IMPLEMENTACION DE UNA METODOLOGÍA, EN EL ÁREA DE INGENIERÍA DE UNA PLANTA AUTOMOTRIZ, PARA LA VALIDACIÓN INTERNA DEL REDISEÑO DEL CARTER DEL MOTOR DIÉSEL 2.5 LT"

Después de haberlo leído, corregido e intercambiado información con el alumno, y realizado los cambios que le fueron sugeridos, puede ser autorizada su impresión, a fin de que se inicien los trámites correspondientes para su defensa.

Sin otro particular por el momento, y en espera de que mis sugerencias sean tomadas en cuenta en beneficio del estudiante y la Institución, agradezco la atención prestada.

Atentamente,

Firma

MAA. Luis Emmanuel Correa Olvera

Av. Manantiales No. 20, Parque Industrial Bernardo Quintana, CP. 76246, El Marqués, Qro. , México.
Tel: +52 (442) 196 15 00 www.ciateq.mx

México 2021 Año de la Independencia

DEDICATORIA

A MIS ABUELOS:

JESÚS BECERRIL SERRANO

ALICIA ARCE ARZATE

EMELIO DOMÍNGUEZ QUIROZ

EMMA TELLEZ RUIZ

RESUMEN

Debido a las necesidades de desarrollo de productos, así como los requerimientos cambiantes en del mercado es importante definir una metodología la cual nos permita lograr la manufactura de un producto que cumpla los requerimientos básicos de calidad, costo y tiempo. Esta metodología implica un conjunto de pasos a seguir para poder alcanzar los objetivos de una forma estructurada y le permita al área de ingeniería del producto a entender los requerimientos básicos de análisis que son necesarios y lograr la satisfacción del cliente.

En la presente investigación se aborda una metodología para la validación de propuestas de rediseño de un componente automotriz. Se analizan las propuestas técnicas por parte de proveedor, los cuales están llenas de contradicciones, cuyos síntomas se reflejan en los llamados problemas de producción, de calidad, del proceso, de las máquinas, de las herramientas, de los insumos, de inventarios, de suministros, etc. Con el objetivo de mantener estándares de calidad. A través de la metodología TRIZ utiliza herramientas y procedimientos sistemáticos para poder mostrar la causa del problema y plantearlo en función de sus contradicciones, permitiendo validar el rediseño del componente propuesto, sus funciones y propiedades.

El desarrollo e implementación de la metodología implica una coordinación con las áreas involucradas en el proceso de desarrollo: compras, pruebas, producción, calidad y empaque, lo cual permita robustecer el diseño del producto, así como minimizar los problemas durante el proceso de manufactura y funcionalidad del producto.

Palabras clave: Tecnología e ingeniería mecánicas, Motores de combustión interna, Cárter; Proceso de diseño; Sistemas automotrices.

ABSTRACT

Due to the needs of product development, as well as the changing requirements in the market, it is important to define a methodology, which allows us to achieve the manufacture of a product that meets the basic requirements of quality, cost and time. This methodology implies a set of steps to follow in order to achieve these goals in a systematic way and allows the product engineering area to understand the basic analysis requirements that are necessary and meet customer expectations.

In this research, approach a methodology for the validation of redesign proposals of an automotive component. The changes proposed by supplier are analyzed, with the aim of maintaining quality standards. For this purpose, a methodology is implemented that allows to validate the redesign of the proposed component, functions and properties in a comparison between the base design and the design proposed by the supplier.

The development and implementation of the methodology implies coordination with the areas involved in the development process: purchasing, testing, production, quality and packaging, which allows robust product design, as well as to minimize problems during the manufacturing process and product functionality.

Keywords Mechanical engineering technology, Internal combustion engine, Carter; design process, Automotive systems.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN iv
ABSTRACT v
ÍNDICE DE CONTENIDO vi
ÍNDICE DE FIGURAS viii
ÍNDICE DE TABLAS x
GLOSARIO xi
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. ANTECEDENTES 1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 3
1.3. JUSTIFICACIÓN 4
1.4. OBJETIVOS 4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL 4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
1.5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 5
1.6. HIPÓTESIS 5
2. MARCO TEÓRICO 6
2.1. TEORÍA DE SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE INVENTIVA "TRIZ" 8
2.1.1. IDEALIDAD DEL SISTEMA 10
2.1.2. CONTRADICCIONES 11
2.1.3. MATRIZ DE CONTRADICCIONES 12
2.1.4. ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA DE TRIZ 12
2.1.5. DEFINICIÓN DEL PROYECTO 13
2.1.6. MODELADO DE FUNCIONES Y ANÁLISIS FUNCIONAL 14
2.2. QUALILY FUNCTION DEPLOYMENT *(QFD)* 15
2.2.1. Desarrollo del producto 15
2.3. ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO Y FALLA DE DISEÑO DEL COMPONENTE 17
2.4. REVISIÓN DE DISEÑO BASADA EN EL MODO DE FALLA DEL COMPONENTE (DRBFM) 19
2.4.1 revisión de diseño basado en modo de fallo 20
3. PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE RE-DISEÑO 21
3.1. DISEÑO BASE Y DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS 22
3.2 ANÁLISIS TRIZ 26

3.2.1. Desarrollo del diseño propuesto 36
3.2.2. Propuesta de DFM (por proveedor) 38
3.2.3 Establecimiento del diseño final 39
3.3. ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE CAMBIO 40
3.4. REVISIÓN DEL REDISEÑO BASADO EN RESULTADOS DE LA PRUEBA (DRBTR) Y REVISIÓN DE REDISEÑO BASADO EN EL DISEÑO Y PROCESO (DRBD & P) 42
3.5. ANÁLISIS DE PREVENCIÓN DEL PROBLEMA 43
3.6. PRUEBA DE ENSAMBLAJE Y FUNCIONAL DEL COMPONENTE 44
3.7. LIBERACIÓN DE ESPECIFICACIÓN PARA FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL FINAL 44
3.8 CORRIDA PRUEBA DE PRODUCCIÓN 46
4. RESULTADOS 47
4.1. ANÁLISIS DEL CÁRTER DE ACEITE 54
4.1.1. Análisis modal 54
4.1.2. Análisis Magmasoft 58
4.1.3. ANALISIS DE INTERFERENCIA (LAYOUT) 59
CONCLUSIONES 60
RECOMENDACIONES 62
APORTACIÓN DE LA TESIS 63
APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS 64
REFERENCIAS 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Cárter. 2
Figura 2. Cárter en el motor diésel. 2
Figura 3. Proceso de diseño basado en conocimiento ideal. 7
Figura 4. (DTM) basado en teoría general de diseño. 7
Figura 5. Enfoque metodológico de TRIZ. 8
Figura 6. Modelo de Solución de problemas, 40 principios. 9
Figura 7. Idealidad. 11
Figura 8. Idealidad del Sistema. 11
Figura 9. Matriz de contradicciones. 12
Figura 10. Esquema simplificado de Pasos Básicos de TRIZ. 13
Figura 11. Macro Flujo de Método ARIZ. 14
Figura 12. Triangulo de Administración de Proyectos. 15
Figura 13. Matriz QUÉ-CÓMO 16
Figura 14. Matrices que integran el QFD. 17
Figura 15. Hoja genérica de trabajo AMEF "Acciones recomendadas". 18
Figura 16. Información básica DRBFM 20
Figura 17. Proceso completo de DRBFM. 20
Figura 18. Diagrama de flujo para análisis de cambios durante la etapa de desarrollo. 23
Figura 19. Esquema básico del proceso de diseño de un producto 25
Figura 20. Modelo Inicial TRIZ de Cárter 2.5L Diesel. 26
Figura 21. Matriz de contradicciones Cárter Diésel 2.5L 27
Figura 22. Solución de Inventiva para la Contradicción de Ingeniería 1 [CI ①] 28
Figura 23. Hoja de trabajo DRBFM separado en 3 secciones. 29
Figura 24. Diagrama de Ruta de Análisis. 32
Figura 25. Componentes estructurales y periféricos relacionados con el Cárter de Aceite. 35
Figura 26. Esquema básico del proceso de diseño de un producto 36
Figura 27. Modelo de Pahl y Beltz aplicado, como parte del proceso de rediseño del cárter. (Nissan Mexicana, 2013) 37

Figura 28. Conceptualización de solución..... 38
Figura 29. Esquema general de la metodología de trabajo DFMA..... 39
Figura 30. Creación de Prevención de Problemas. 40
Figura 31. Proceso de Prevención de Problemas..... 41
Figura 32. Checklist de descubrimiento en base..... 41
Figura 33. Hoja de Punto de Cambio. 42
Figura 34. Proceso de tiempo de desarrollo. 43
Figura 35. Programa de desarrollo y mejoras. 48
Figura 36. Análisis de punto de cambios Cárter 2.5L Diésel. 49
Figura 37. Análisis DRBFM Cárter 2.5L Diésel. 52
Figura 38. Modelo 3D de Cárter..... 53
Figura 39. Máximos desplazamientos en análisis modal. 55
Figura 40. Distribución de Esfuerzos análisis modal (modo #1). 56
Figura 41. Diagrama de Goodman 57
Figura 42. Análisis de Porosidad (Magmasoft) 58
Figura 43. Análisis de Interferencia (Layout) 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los 40 principios inventivos. 10
Tabla 2. Requerimientos funcionales del Cárter 2.5 Diésel. 24
Tabla 3. Restricciones comerciales y gubernamentales. 24
Tabla 4. Modificaciones al diseño. 24
Tabla 5. Designaciones de referencias cruzadas de aleaciones de fundición de aluminio de alta presión para fabricación de Cárter de Motor. 31
Tabla 6. Fundición de Aluminio de Alta presión y otras características. 31
Tabla 7. Análisis comparativo de frecuencias. 56

GLOSARIO

Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ): Es un proceso estructurado lógico que evoluciona gradualmente un problema complejo hasta un punto en el que es fácil de resolver.

Bill of Material (BOM): Es una lista de las materias primas, subconjuntos, ensamblajes intermedios, subcomponentes, piezas y las cantidades de cada uno necesarias para fabricar un producto.

Diagrama de bloques: Representación del funcionamiento interno de un sistema, que se hace mediante bloques y sus relaciones, y que, además, definen la organización de todo el proceso interno, sus entradas y sus salidas.

Diseño del Plan e Informe de Verificación (DVP & R): herramienta fácil de usar que documenta el plan que se utilizará para confirmar que un producto, sistema o componente cumple con sus especificaciones de diseño y requisitos de rendimiento.

Diseño FMEA (DFMEA): Método de análisis utilizado en la ingeniería para documentar y estudiar la manera de que un diseño de producto puede fallar en el mundo real.

Diseño para Ensamble (DFA): Herramienta que se utiliza para ayudar a los equipos de diseño en el diseño de productos que pasarán a la producción a un costo mínimo, centrándose en la cantidad de piezas, el manejo y la facilidad de montaje.

Diseño para Manufactura (DFM): Herramienta que se utiliza para seleccionar el material y el proceso más rentable que se utilizará en la producción en las primeras etapas del diseño del producto.

Diseño Validación / Verificación: La verificación es un ejercicio teórico diseñado para estar seguro de que ningún requerimiento deja de cumplirse en el diseño, mientras que la validación es un ejercicio práctico que garantiza que el producto funcionará para cumplir con los requerimientos.

Índice de capacidad: miden cuánta "variación natural" experimenta un proceso en relación con sus límites de especificación y permite comparar qué tan bien controla una organización diferentes procesos. (Cp, Cpk, Pp y Ppk.).

Modo de Falla: Es la forma en que un producto o proceso puede afectar el cumplimiento de las especificaciones, afectando al cliente, al colaborador o al proceso siguiente.

Production Part Approval Process (PPAP): Es una metodología única y sistemática para la optimización y la resolución de problemas en los procesos de fundición de metales.

Quality Function Deployment (QFD): Es un método desarrollado para ayudar a transformar la voz del cliente en características de ingeniería para un producto, para implementar las funciones que forman la calidad y para implementar métodos para lograr la calidad del diseño en subsistemas y componentes y, en última instancia, en elementos específicos del proceso de manufactura.

Sistema Especificaciones de Diseño (SDS): Requisitos reglamentarios y otros que los sistemas, subsistemas y componentes deben cumplir.

Variables de ensamble: Identifican los cambios en posición y orientación de un elemento en el montaje debido a los cambios en las variables de manufactura.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Nissan Mexicana, S.A. de C.V. es una filial de Nissan Motor Co., Ltd. que se estableció en México en 1961. Cuenta con instalaciones corporativas de Mercadotecnia, Ventas, Manufactura, Distribución y Diseño en las ciudades de Aguascalientes, Distrito Federal, Cuernavaca, Manzanillo y Toluca (Nissan Mexicana, 2014).

Nissan Mexicana, S.A. de C.V. Provee productos y servicios automotrices únicos e innovadores que ofrecen valores medibles y superiores, en alianza con Renault, a todos sus acreedores y está en una continua búsqueda para optimizar el desarrollo de productos y ofrecer tecnología altamente innovadora. Hoy, en varios países y regiones del mundo, disfrutando de una reputación estelar por crear vehículos y programas de servicio verdaderamente innovadores, con la misión de Enriquecer la vida de la gente (Nissan Mexicana, 2014).

El motor es una parte medular del automóvil. Con el principal objetivo de convertir la energía térmica causada por la explosión (Gasolina) o combustión (Diésel) en energía motriz generando tracción en las ruedas para que el vehículo pueda desplazarse (figura 1).

En el caso del motor de gasolina, este transforma la energía térmica en trabajo mecánico a través del gradiente de temperatura generado por la reacción química (Aire + Combustible + Chispa) haciendo que la mezcla se queme rápidamente, se expanda y genere una explosión proporcionando energía requerida.

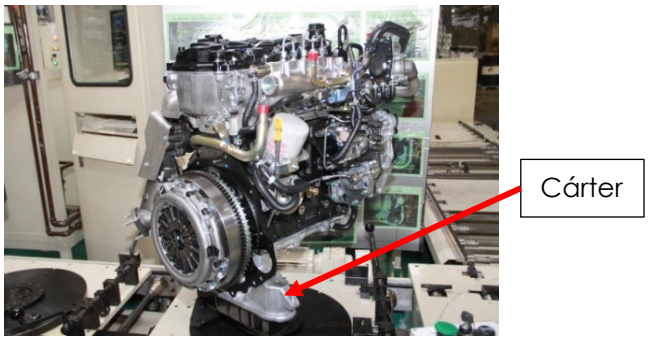


Figura 1. Ubicación del Cárter.
(Nissan Mexicana, 2014)

Dentro del sistema de lubricación del motor el cárter es un componente comúnmente fabricado en aleación aluminio con la finalidad de almacenar el aceite del motor y evitar que se genere espuma por ahitamiento. recipiente por lo general fabricado en aleación de aluminio o acero, y como fue comentado tiene la finalidad de almacenar el aceite lubricante del motor. Los últimos avances de esta pieza se han dado por el cambio de aleación de Aluminio a Zinc o Magnesio dando una significativa reducción de peso del componente (figura 2).

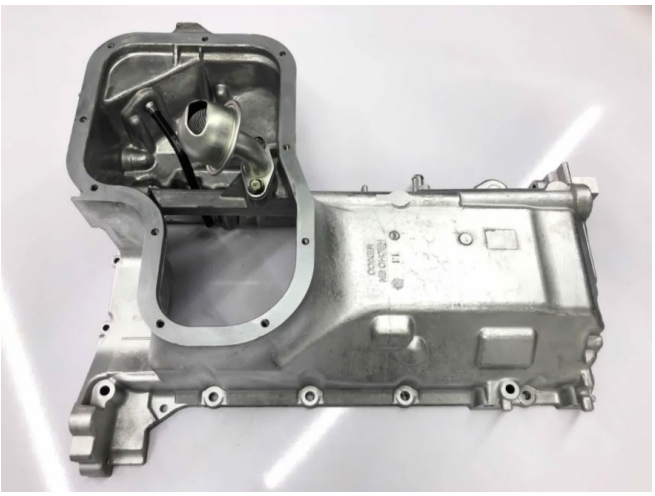


Figura 2. Cárter en el motor diésel.
(Nissan Mexicana, 2014)

El cárter del motor tiene otras funciones, como tener suficiente rigidez para ruido "N", vibración "V", dureza "H" (Noise, vibration, and hardness); cerrar y aislar el aceite de motor y gases de recirculación (Blow by) proveyendo hermeticidad al

sistema; fijación de componentes periféricos como son bomba de aceite, monoblock, guía de nivel de aceite, manguera de retorno de aceite, fijación de alojamiento para reten (sello vulcanizado) y del sensor de presión de aceite el cual manda una señal directa al panel del vehículo.

Un punto importante en la relación de componentes en el sistema de lubricación, es la posición de la bomba de aceite la cual se localiza dentro del cárter de motor y este debe garantizar un nivel de aceite óptimo en diferentes posiciones del vehículo para evitar la cavitación de la bomba, así como garantizar el nivel de suministro de aceite al sistema de lubricación y evitar desgaste prematuro de los elementos móviles.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años Nissan Mexicana, ha cambiado de manera drástica su estrategia, al reasignar la responsabilidad del diseño de ingeniería y liberación de diferentes partes automotrices a proveedores externos.

El caso particular del Cárter de un motor Diésel, el cual es fabricado a partir de un proceso de fundición de aluminio implica la experiencia particular o el "know-how" de cada proveedor. Esto puede afectar la funcionalidad del Cárter y por ende, directamente el rendimiento en el sistema de lubricación, el cual es de vital importancia para la funcionalidad del motor.

Por tal razón es importante utilizar una metodología de Ingeniería que ayude a resolver los problemas que surgen durante el desarrollo de un componente automotriz y reconocer las consecuencias de este. Esta metodología debe de ser abordada basándose en el objetivo funcional básico del componente, las restricciones o lineamientos del proyecto y las modificaciones al diseño para poder manufacturar dicho componente generando una técnica sistemática para solucionar los problemas que surjan.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Durante el desarrollo de componentes de motor diésel, debido a las condiciones tecnológicas en proceso de manufactura de cada proveedor surge la necesidad de realizar modificaciones al producto para poder lograr el óptimo rendimiento, así como la optimización del proceso productivo.

En la actualidad para generar este tipo de componente es necesario la utilización del proceso de fundición de aluminio de alta presión (HPDC), en el cual el punto clave es el diseño óptimo del molde permanente. Este proceso tiene la finalidad de lograr un llenado uniforme, laminar, así como evitar defectos por la contracción del material y la entrada de aire. Durante el proceso estos defectos podrían afectar la funcionalidad del Cárter y afectar directamente en el rendimiento en el sistema de lubricación el cual es de vital importancia para la funcionalidad del motor.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar una metodología de Ingeniería que ayude a resolver los problemas que surgen durante el desarrollo del Cárter de motor diésel 2.5 L de manera técnica y sistemática, solucionando las restricciones del proyecto y los cambios generados para poder ser manufacturado por proveedores externos permitiendo garantizar la calidad y funcionalidad integral del sistema de lubricación.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las principales funciones del Cárter de motor diésel de producción actual.
2. Definir los parámetros de la funcionalidad del Cárter de motor diésel 2.5 L.
3. Establecer en retrospectiva los cambios entre diseño de producción actual y el diseño propuesto que permitan hacer recomendaciones a los puntos críticos a validar por parte de proveedor.

1.5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la importancia de implementar una metodología de ingeniería que ayude a resolver los problemas que surgen durante el desarrollo del cárter de motor diésel 2.5 L dentro de Nissan Mexicana?

1.6. HIPÓTESIS

Desarrollar e implementar una metodología, para la validación interna del rediseño de un cárter para un motor diésel 2.5 L, ayudará a resolver problemas que surjan de las restricciones impuestas en el proyecto, por el área de ingeniería en una empresa automotriz. Derivado de la implementación de esta metodología, se podrán determinar las modificaciones necesarias al diseño, permitiendo garantizar la funcionalidad del componente en el sistema de lubricación del motor. Su implementación permitirá estandarizar el tiempo de respuesta a proveedor y mejorar los tiempos de diseño, gestión y compra para el departamento de ingeniería de la empresa.

2. MARCO TEÓRICO

Las compañías buscan diferentes métodos para poder expandir la creatividad y la innovación durante las fases de generación y resolución de problemas asegurándose de que los productos desarrollados sean seguros, simples y reproducibles, como parte de una cadena de producción.

Al considerar una metodología de diseño se busca solucionar de manera estructurada y creativa un problema considerando la retroalimentación y experiencias de los departamentos involucrados en desarrollos previos y a través de diferentes métodos, como lluvia de ideas, mapas mentales, scamper y escritura de ideas.

La teoría general de diseño *(General Design Theory)* provee un acercamiento diferente al diseño, y considera los cambios y problemas desde diferentes puntos de vista. Esto implica la implementación de una metodología organizada para definir las variables dentro de un sistema (GDT, (Novelli, 2016), (Tomiyama & Gu, 2009)).

Uno de los principios de esta teoría está asociado a propiedades tales como el color, el tamaño, la función y el lugar, como un conjunto de propiedades abstractas con sus respectivos atributos y funciones.

Más aun, esta teoría considera el diseño con el conjunto de operaciones y conocimientos para este propósito, es decir, establece procesos operativos con relación a un conjunto de entidades y subconjuntos.

La figura 3 ilustra el proceso de diseño en el marco general de esta teoría, donde se considera en primer lugar el conocimiento existente y utilizable para posteriormente avanzar a una región que presenta una nueva solución de diseño como resultado de operaciones logísticas y conocimientos abstractos. El diseñador involucrado en el proceso creativo encuentra un método para cumplir con estos requisitos. Al existir por defecto, una vacante en el conocimiento, el proceso creativo se convierte en el núcleo del proceso de síntesis para la etapa de diseño.

Cuando se llega a una solución de diseño, esta se analiza de tal manera que pueda brindar información para la producción, tal como forma, geometría o materiales necesarios.

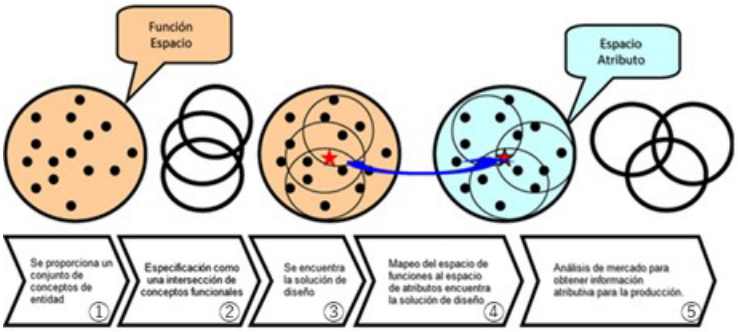


Figura 3. Proceso de diseño basado en conocimiento ideal.
(Tomiyama & Gu, 2009)

Siguiendo el modelo representado en la figura. 3 y la figura 4, categoriza diversos DTM (Teoría de Diseño y Metodología) en aproximadamente tres categorías, que es resumen en la figura 4 (Tomiyama & Gu, 2009).

Categoria de Teoria de diseño y Metodologia	Ejemplo
Teoria de diseño y Metodologia para generar una nueva soluion de diseño	
Diseño basado en Creatividad	Abduccion Sintesis Emergente (Algoritmo Genetico, recocido simulado, ANN, and aprendizaje) Enfoques intuitivos (Asociacion, analogia, metodos de simulacion, tormeta de ideas, diseño bio-inspirado)
Diseño basado en Combinacion	Enfoques sistemáticos (Pahl and Beitz)
Diseño basado en Modificacion	Diseño Parametrico, Razonamiento basado en casos, gramática de formas, reglas de modificación TRIZ Sintesis Emergente
Teoria de diseño y Metodologia enriquecer la información funcional y atributiva de las soluciones de diseño	QFD, Diseño Axiomatico, AMEF Tecnica de analisis, tecnicas de optimizaion Dfx, Metodo Taguchi, Diseño axiomatico Algoritmo Genetico
Teoria de diseño y Metodologia para gestionar el diseño y representar el conocimiento del diseño	Diseño conocimiento modelado, representacion Tecnologías de proceso (Ingeniería actual, DSM)

Figura 4. (DTM) basado en teoría general de diseño.
(Tomiyama & Gu, 2009)

Tradicionalmente, las metodologías de mejora utilizan el método científico para solucionar problemas de desarrollo, fabricación del producto y servicios. Basado en un enfoque analítico en el cual se analiza la causa raíz de los problemas o defectos, con el fin de proporcionar contramedidas para evitar que sucedan nuevamente.

Sin embargo, cuando se desarrolla un nuevo producto no es suficiente enfocarse en los defectos o en la retroalimentación del mercado; es importante conocer los requerimientos de calidad, Costo y tiempo, siempre buscando la satisfacción del cliente. Estos requerimientos deben estar durante la fase de definición del producto para poder así transmitir los requisitos hasta la etapa de fabricación del producto. Por esta razón el QFD (*Quality Function Deployment*) aporta un enfoque de diseño simétrico al enfoque analítico previo.

Con relación a métodos y herramientas para análisis de diseños o rediseños existen una gama amplia, sin embargo, al ser métodos genéricos dificultan el entendimiento y enfoque específico a los requerimientos de la compañía. Enseguida se describen algunas metodologías de diseño más representativas.

2.1. TEORÍA DE SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE INVENTIVA "TRIZ"

TRIZ es un acrónimo ruso para "Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch", la Teoría de Resolución de Problemas y de Invención (en inglés TIPS o Theory of Inventive Problem Solving) (Shue, Chiu, & Cayard, 2020), es una guía estructurada, que permite desarrollar las habilidades de creatividad y pensamiento analítico fomentando las capacidades de inventiva para la solución de problemas (figura. 5).

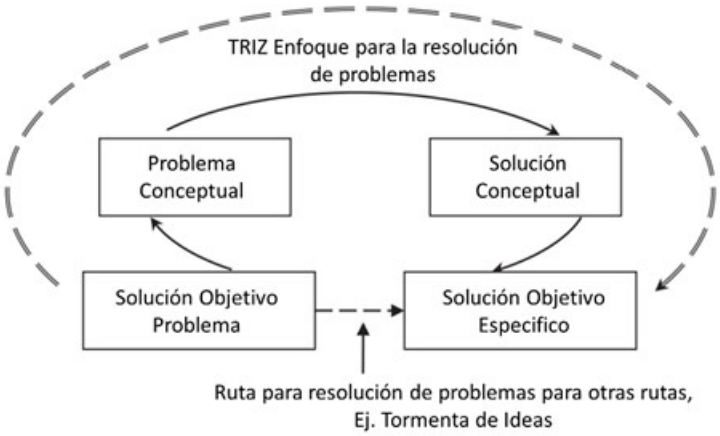


Figura 5. Enfoque metodológico de TRIZ.
(LLevbare, Probert, & Phaal, 2013)

TRIZ es una herramienta simple y para una etapa inicial de desarrollo en el cual, estudiando a través de miles de patentes, Altshuller clasificó y definió catálogos para dar solución a proble.mas técnicos (Altshuller, 2007); (Shue, Chiu, & Cayard, 2020); (León Rovira, 2004). Determino 40 principios (figura. 6), para utilizarse tanto individual como en combinación para resolver las contradicciones técnicas y proporcionar la solución a un problema específico.

La efectividad de los 40 principios aumenta en combinación con otras herramientas de análisis. Idealmente un análisis de contradicción puede generar soluciones de los 40 principios o diferentes a ellos, dando una extensión considerable por lo tanto las herramientas enriquecen y refuerzan entre sí.

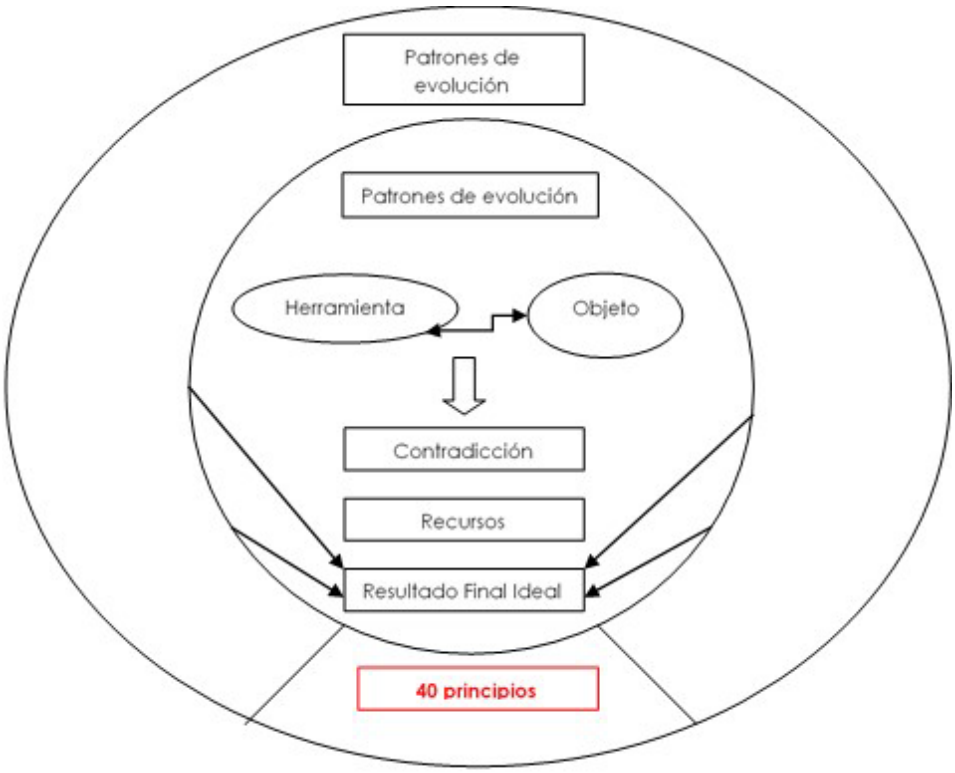


Figura 6. Modelo de Solución de problemas, 40 principios.
(Reyes, 2004)

Tabla 1. Los 40 principios inventivos.

1	Segmentación	21	Velocidad
2	Separación/Extracción	22	Conversión de efectos dañinos en beneficios
3	Calidad local	23	Retroalimentación
4	Asimetría	24	Intermediación
5	Combinación	25	Autoservicio
6	Universalidad	26	Copia
7	Anidación	27	Relación coste-vida útil
8	Contrapeso	28	Sustitución mecánica
9	Reacción previa	29	Uso de construcción neumática o hidráulica
10	Acción previa	30	Películas flexibles o membranas delgadas
11	Amortiguación anticipada	31	Porosidad
12	Equipotencialidad	32	Cambio de color
13	Inversión	33	Homogeneidad
14	Esferoidalidad	34	Restauración y recuperación de partes
15	Dinamicidad	35	Transformación de parámetros fisicoquímicos
16	Parcialidad o excesividad	36	Transición de fase
17	Nueva dimensión	37	Expansión térmica
18	Vibración mecánica	38	Fuerte oxidación
19	Periodicidad de acciones	39	Atmosfera inerte
20	Continuidad de acciones útiles	40	Composición de materiales

(Aguilar Zambrano, 2008)

2.1.1. IDEALIDAD DEL SISTEMA

Contar con un sistema ideal es la base para optimizar los sistemas técnicos con el propósito de mejorar su eficiencia, efectividad y competitividad, mejorando de tal manera los atributos del sistema que se logra una disminución en el número de características desfavorables (figura 7). El sistema ideal no existe, sin embargo, se busca una aproximación a esa condición buscando mantener al mínimo el grado de complejidad en el diseño considerando para tal propósito, la simplificación y estandarización de partes o componentes del sistema, la optimización de los recursos empleados y el aprovechamiento de los impactos colaterales, ya sean químicos, físicos o geométricos, como lo expresa la ecuación mostrada en la figura 7 y planteada por M. Llevbare et al.

$$idealidad = \frac{\sum Beneficios}{\sum Costos + \sum Perjuicios}$$

Figura 7. Idealidad.
(LLevbare, Probert, & Phaal, 2013)

La solución de un problema busca por lo tanto establecer un resultado final ideal (RFI), que cuente con una estructura definida, especifica sin efectos colaterales en el sistema que comprende. Para tal efecto se debe considerar cual es la función objetivo del sistema, su simplificación y estandarización y la definición de funciones opcionales (Shue, Chiu, & Cayard, 2020).

2.1.2. CONTRADICCIONES

En un sistema se generan contradicciones al presentarse incompatibilidad entre sus características y sus componentes. Una manera de controlar las contradicciones es tener un balance entre causas y efectos en el sistema. El sistema TRIZ, como metodología, busca minimizar estas contradicciones a través del establecimiento de una solución inventiva.

De tal manera en el desarrollo de un sistema se presentan dos tipos principales de contradicciones (Aguilar Zambrano, 2008), figura. 8.

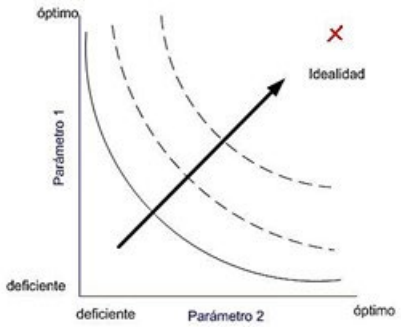


Figura 8. Idealidad del Sistema.
(Aguilar Zambrano, 2008)

La primera de ellas involucra las contradicciones técnicas que surgen cuando se busca optimizar una característica principal del sistema generando un efecto colateral en alguna otra. Por el contrario, la segunda contradiccion contempla las

contradicciones fisicas, que consideran el beneficio en el sistema y por consiguiente su alteracion produce alteraciones en otra parte del sistema (Shue, Chiu, & Cayard, 2020).

En la presencia de una contradicción física, se recurre a la utilización de principios basados en la contradicción del tiempo, del espacio, la modificación sistemática o reestructuración de componentes y finalmente la modificación de fase, que incluye cambios químicos o físicos (LLevbare, Probert, & Phaal, 2013).

2.1.3. MATRIZ DE CONTRADICCIONES

La Matriz de Contradicciones ayuda a estructurar el problema que surge entre dos parámetros. Este conflicto se planeta a través de la intersección de 2 parámetros objetivo-seleccionados de un listado general de 39 parámetros (Muñoz, 2014), figura. 9).

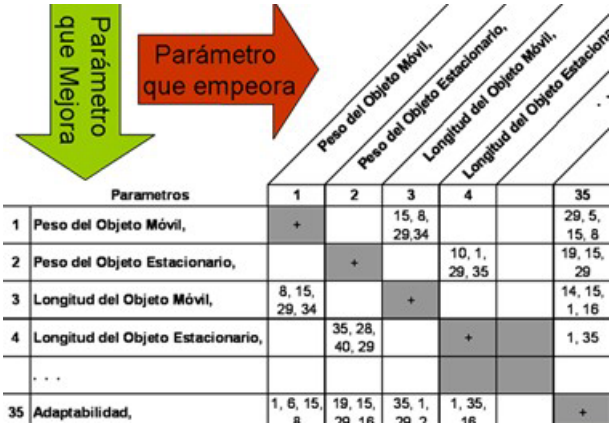


Figura 9. Matriz de contradicciones.
(Ekmekci & Nebati, 2019)

Obviamente los principios determinan una solución directa a una contradicción, pero establecen la directriz de análisis para obtener una solución. Las celdas vacías de la matriz representan a las contradicciones técnicas aun no resueltas.

2.1.4. ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA DE TRIZ

Es una guía para obtener la excelencia en diseño e innovación. Basado en los siguientes principios:

Idealidad: Optimización de beneficios en el componente o sistema vs reducción de costos, tiempo, recursos y efectos colaterales al sistema.

Funcionalidad: Elemento base en la definición y análisis del sistema. De gran utilidad para generar las estructuras iniciales de operación del sistema, así como determinar misión, beneficios, costos y efecto colaterales siempre en búsqueda de la mejora continua.

Contradicciones: Restricciones en la mejora de la funcionalidad; reduciendo las contradicciones se mejora la funcionalidad y se logra un nuevo rango de desempeño.

Evolución: Es una guía para la mejora continua en los desarrollos futuros.

En base lo anterior, TRIZ desarrolla un sistema de métodos para definición y solución de problemas. Es un proceso de cuatro pasos consistiendo en: definición del problema, clasificación del problema y selección de herramientas, generación de la solución y evaluación (Tiuc & Draghici, 2016), figura. 10.

Figura 10. Esquema simplificado de Pasos Básicos de TRIZ.
(Nissan Mexicana, 2013)

2.1.5. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Un objetivo en la fase de definición es establecer las características y funciones del sistema y sus componentes, así como identificar el grado de madurez competitiva de cada elemento, ya que dependiendo del grado de madurez puede estar o no a punto llegar al límite del desempeño y puede convertirse en una restricción para el sistema. Esto también sirve de antecedente para motivar el pensamiento fuera de lo convencional (fuera de la caja).

2.1.6. MODELADO DE FUNCIONES Y ANÁLISIS FUNCIONAL

Una función se define como una característica de un producto, pero puede tener más de una característica, teniendo siempre una función primaria, funciones secundarias, así como funciones no básicas relacionadas con características estéticas. Adicionalmente, en un producto se contemplan funciones relacionadas con la asistencia de otras funciones, así como otras encargadas de corregir cualquier efecto negativo en funciones de utilidad. A estas últimas se les conoce como funciones de soporte.

Sin embargo, en el diseño de un producto se deben considerar los efectos negativos que pudieran causar las funciones útiles, o el efecto de las funciones dañinas que intervienen en el diseño.

Derivado de la estructuración de funciones anteriormente mencionada, en la metodología TRIZ, se concentra un compendio de diferentes métodos y herramientas analíticas, con diferente grado de complejidad y que pueden ser representados en un diagrama de flujo de proceso o diagrama ARIZ *(Algorithm for Inventive Problem Solving)*, figura. 11, (Burggräf, Wagner, & Weißer, 2020).

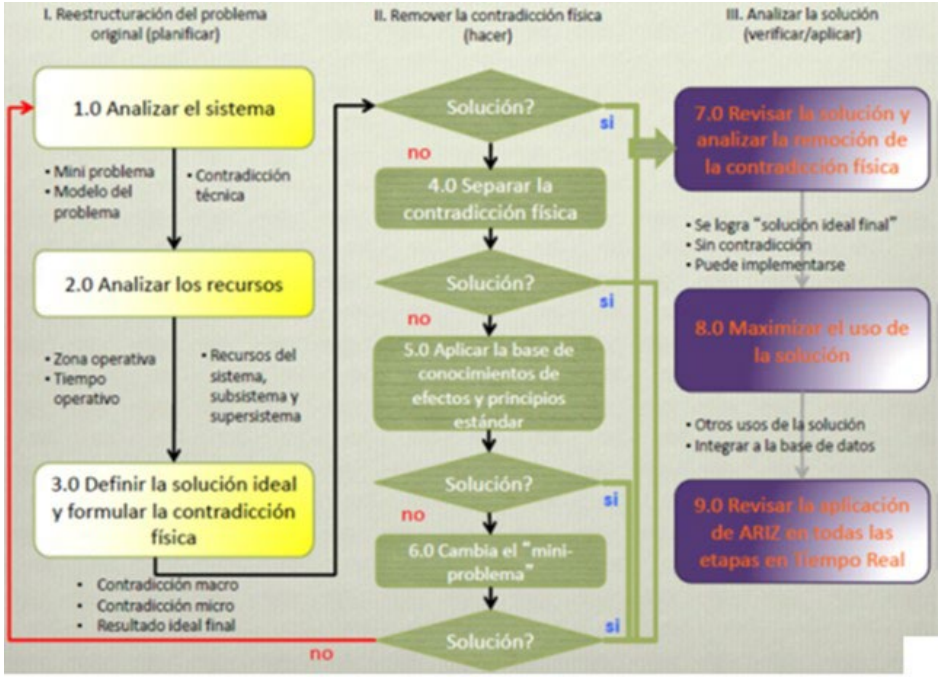


Figura 11. Macro Flujo de Método ARIZ.
(Marconi & Marconi, 1998)

2.2. QUALILY FUNCTION DEPLOYMENT *(QFD)*

Una herramienta que se basa en los requerimientos de los consumidores y en donde se especifican las características técnicas de un producto es el sistema de desglose de funciones de calidad o QFD. Por medio de una matriz de calidad se establecen los requerimientos del consumidor que requiere en un producto específico a partir de la retroalimentación del cliente o del mercado para posteriormente asociarlos con características técnicas en beneficio de la satisfacción del cliente.

2.2.1. Desarrollo del producto

Durante el desarrollo de un producto, se establecen diferentes niveles de restricciones para su implementación o entrega. Estas restricciones están relacionadas con la funcionalidad, la calidad y la competitividad para la satisfacción del cliente, el costo o presupuesto del proyecto, considerando el tiempo necesario para desarrollar el proyecto. La interrelación de estos tres factores es denominada como triangulo de gestión de proyectos (figura 12).

Estas restricciones generalmente compiten entre ellas; mejorar la calidad conlleva una inversión de tiempo y costo, una reducción de tiempo requiere un incremento en el costo y reducción de la calidad y finalmente un presupuesto limitado o reducción de costo genera incremento en el tiempo y reducción de la calidad (no necesariamente).

Figura 12. Triangulo de Administración de Proyectos.
(Espadaler, 1996)

EL punto principal del método QFD es la generación de la matriz de necesidades/expectativas de los clientes y requerimientos del producto, que

convierte el punto de vista de los consumidores, adecuadamente definidas en las especificaciones técnicas del producto.

En las matrices (figuras. 13 y figura. 14) se determinan las características del producto. La tabla muestra los requerimientos del mercado y del cliente, definidas y priorizadas. (Quinteros, Razzo, & Solórzano, 2008); (Shimizu, Otsuka, & Noguchi, 2010).

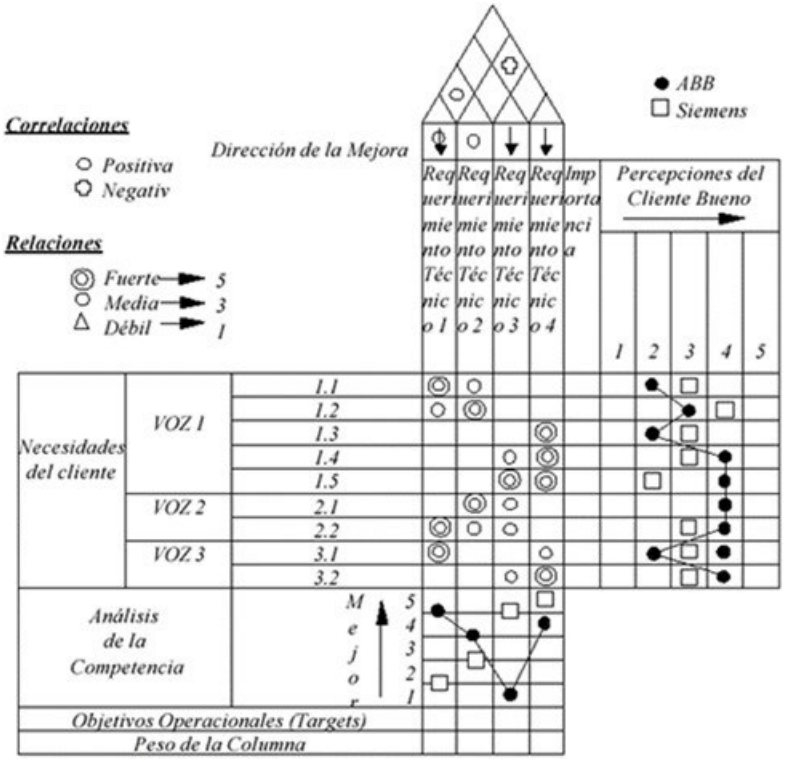


Figura 13. Matriz QUÉ-CÓMO
(Grossi, 2001)

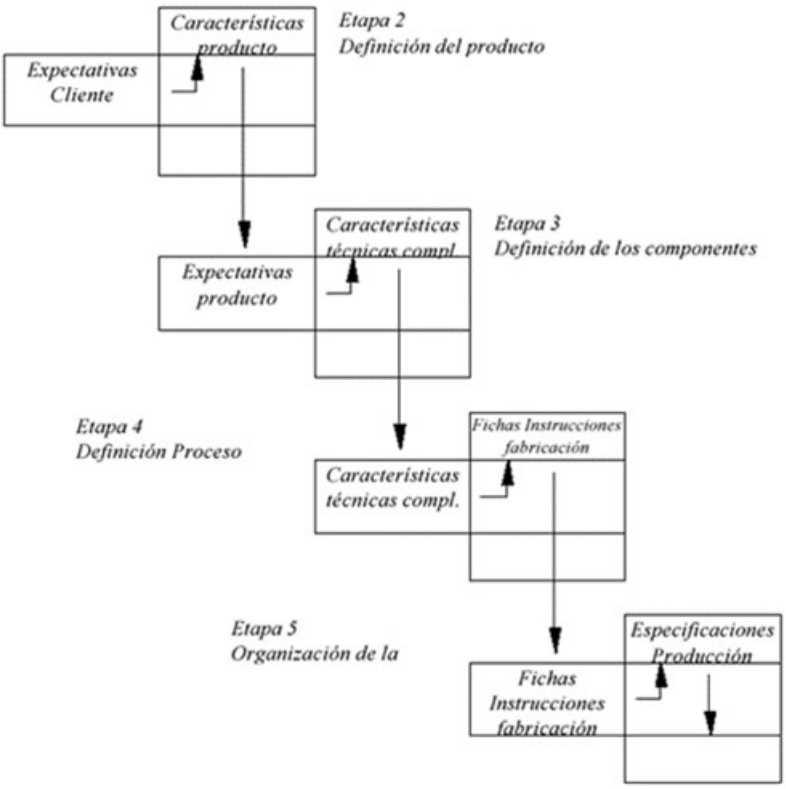


Figura 14. Matrices que integran el QFD.
(Espadaler, 1996)

2.3. ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO Y FALLA DE DISEÑO DEL COMPONENTE

La consideración de fallas potenciales es un punto crítico en el diseño o rediseño de un producto. Son analizadas a través de un procedimiento estructurado por el área de ingeniería o manufactura considerando cualquier tipo de falla potencial y los efectos colaterales. El análisis AMEF, es, por lo tanto, una expresión de todas las inquietudes del equipo de desarrollo del producto a lo largo de su etapa de desarrollo y prioritario en su diseño (LLevbare, Probert, & Phaal, 2013).

Este método permite determinar los modos de falla potenciales relacionados al proceso de producción, incorporando un análisis comparativo de puntos a partir de experiencias previas. De tal manera, se analizan los efectos colaterales en fallas potenciales, ubicación de posibles problemas en el proceso, sus variables y contra metidas para finalmente, listarlas y categorizarlas en orden de prioridad en una hoja de operación estándar.

El análisis AMEF compromete todas las ares involucradas en el proceso de diseño promoviendo una constante retroalimentación entre las mismas y los departamentos correspondientes. Se genera considerando todas las etapas de producción, desde la factibilidad en el diseño, herramentales involucrados en su producción y fabricación final del producto. Cada una de las etapas involucradas, se inspecciona, se planifica y se establecen estrategias para solucionar y controlar posibles situaciones durante el desarrollo del proceso de un nuevo producto o lista de componentes.

Debido a la increpación, que se ejemplifica en la hoja de trabajo de la figura 15, entre cada componente de un sistema y su función específica, es necesario considerar en un AMEF la retroalimentación de todas las áreas involucradas en el proceso productivo. Esta comunicación interdepartamental le permite conocer al departamento de ingeniería, un mayor número de talles del componente en cuestión y contribuye a un análisis más profundo y puntual sobre cualquier afectación, determinando, a partir de un juicio oportuno, el efecto secundario que se generaría a causa de la modificación de algún parámetro en el componente (Beltran, 2014).

NOMBRE DE LA EMPRESA	ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA AMEF DE DISEÑO				
NOMBRE DE LA EMPRESA	SISTEMA: LUBRICACIÓN	REALIZADO POR: JUAN GONZÁLEZ	FECHA: 01-01-2021	HOJA: 5/5	
CODIGI: XX-DJDK-2	SUBSISTEMA: CARTER DE ACEITE MOTOR DIESEL 2.5 l	REVISADO POR: MARIO RAMÍREZ	FECHA: 01-03-2021		

No.	SUBSISTEMA: CARTER DE ACEITE MOTOR DIESEL 2.5 l	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE LA FALLA (CAUSA)		EFECTO DE LAS FALLAS FALLA)	ACCIONES RECOENDADAS	ACCIONES TOMADAS
1		ALMACENAR X LITROS DE ACEITE COMO PARTE DEL SISTEMA DE LUBRICACION DEL VEHICULO	FALLA ESPECIFICA QUE PRESENTA EL SISTEMA	1	CAUSA A	EFECTO DE LA CAUSA A	RECOMENDACIÓN PARA LA CAUSA A	ACCION PARA LA CAUSA A
				2	CAUSA B	EFECTO DE LA CAUSA B	RECOMENDACIÓN PARA LA CAUSA B	ACCION PARA LA CAUSA B
				3	CAUSA C	EFECTO DE LA CAUSA C	RECOMENDACIÓN PARA LA CAUSA C	ACCION PARA LA CAUSA C
				4	CAUSA D	EFECTO DE LA CAUSA D	RECOMENDACIÓN PARA LA CAUSA D	ACCION PARA LA CAUSA D

Figura 15. Hoja genérica de trabajo AMEF "Acciones recomendadas".
(Nissan Mexicana, 2013)

Determinar las posibles causas de falla, así como analizar los diferentes niveles de efecto colateral implica analizar los efectos locales y su afectación puntual, los sucesivos, hasta finalmente los terminales, estando estos dos últimos estrechamente relacionados al consumidor.

En la implementación del AMEF como metodología auxiliar en el proceso de diseño de un producto se generar acciones prioritarias para su optimización adaptándolas en un ciclo de mejora continua, donde se revisan características superficiales, relacionadas con la geometría o tolerancias, especificaciones del material, los experimentos involucrados en la resolución de problemas técnicas, hasta finalmente, la revisión minuciosa del plan de prueba. Cuando se llevan a cabo estas acciones de manera estructurada, en el rediseño de un producto, se reducen riesgos potenciales y se mejora la satisfacción del cliente. De manera adicional, se produce una disminución en el número de ocurrencias o eventos perjudiciales como potenciales causas de falla.

2.4. REVISIÓN DE DISEÑO BASADA EN EL MODO DE FALLA DEL COMPONENTE (DRBFM)

El DRBFM es una herramienta desarrollada originalmente por Tatsuhiko Yoshimura para la Toyota Motor Corporation. Esta herramienta se desarrolló con base en la solución de problemas de rediseño de productos existentes.

Esta metodología considera que los problemas de diseño ocurren cuando se realizan cambios sin el nivel adecuado de documentación de respaldo. Implica la disciplina y compromiso de todo el equipo involucrado en el proceso de rediseño, con el único objetivo de agregar valor al cliente y cumplir sus expectativas, apegándose a los requisitos funcionales de ingeniería.

De esta manera, la filosofía DRBFM contempla un buen diseño, una buena discusión y revisión. En el desarrollo del primer concepto de esta filosofía, se establecen las bases para el diseño de un producto confiable manufacturado en un tiempo determinado. La discusión subsecuente, tiene como objetivo encontrar problemas latentes durante la etapa de diseño, considerando cualquier desviación en el mismo en base a las solicitudes del mercado y tomando en cuenta la experiencia de los miembros involucrados en tal proceso. En el desarrollo del último concepto se consideran una revisión minuciosa del diseño, potenciales problemas detectados y las contramedidas para solucionarlos. La implementación de estos conceptos en la etapa de rediseño de productos permite de manera efectiva

detectar problemas latentes en esta etapa de producción (Altshuller, 2007) (Tomiyama & Gu, 2009) cómo se observa en la propuesta de hoja de trabajo DRBFM mostrada en la figura. 16 (Shimizu, Otsuka, & Noguchi, 2010).

Nombre del elemento / punto de cambio	Función	Puntos de preocupación referente al cambio (modo de falla)		Frecuencia de los puntos de preocupación		Efecto al cliente
		Falla potencial:	Otras preocupaciones (DBRFM)	Origen de la falla	Otras consideraciones (DRBFM)	

Nombre del elemento / punto de cambio	Acciones recomendadas (Resultados DRBFM)						
	Nombre del elemento / punto de cambio	Tiempo de respuesta	Elementos de evaluación	Tiempo de respuesta	Elementos a reflejar en el proceso de producción	Tiempo de respuesta	Acciones Resultados

Figura 16. Información básica DRBFM
(Nissan Mexicana, 2013)

2.4.1 revisión de diseño basado en modo de fallo

El procedimiento de ejecución para la prevención proactiva en la etapa de diseño debe incluir el proceso de visualización de la estructura y de los fenómenos (figura. 17) (Altshuller, 2007).

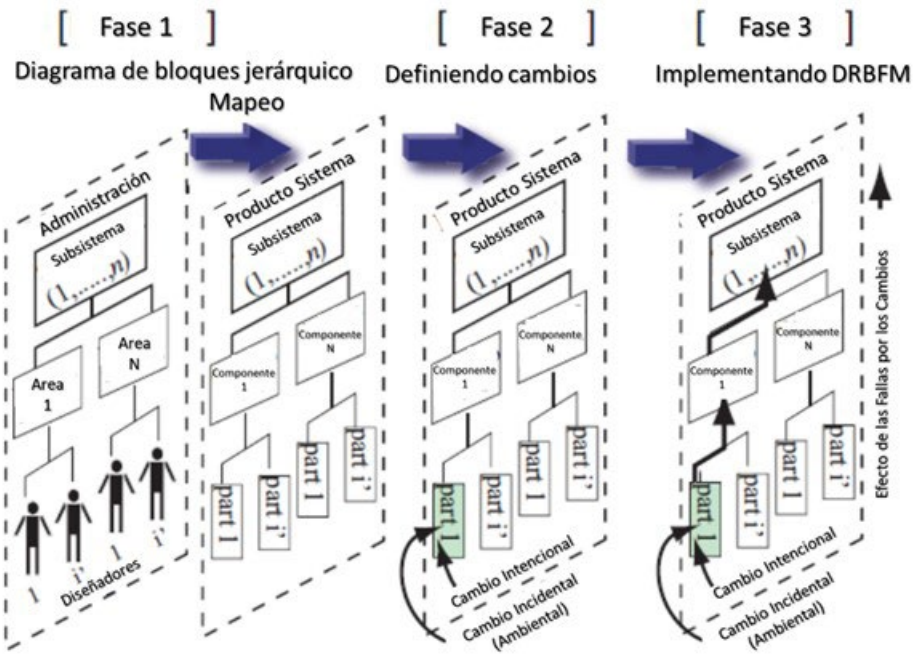


Figura 17. Proceso completo de DRBFM.
(Shimizu, Otsuka, & Noguchi, 2010)

La filosofía DRBFM, se centra, por lo tanto, en las modificaciones de un producto existente, es decir en su rediseño. Para tal propósito, se evalúan en una matriz las modificaciones de las funciones del componente del producto, las preocupaciones o inquietudes al respecto y se plasman en una hoja de trabajo. La revisión debe incluir las medidas adicionales en el diseño, así como los potenciales fallos en funcionamiento. Finalmente, las consideraciones de diseño, de fabricación y la evaluación de las eventualidades técnicas son determinadas, consideradas y establecidas en la hoja de trabajo. La ejecución de las actividades anteriores tiene como función estimular la creatividad de los participantes y coadyuvar con la resolución de problemas (Shimizu, Otsuka, & Noguchi, 2010).

3. PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE RE-DISEÑO

Una metodología es un conjunto de técnicas, procedimientos y reglas utilizadas en un área de investigación científica especifica, esta debe residir de manera más fundamental que dicte la manera de elección de las cosas.

A grandes rasgos una metodología consiste en: definir, elaborar y sistematizar diferentes conjuntos de temas, principios, procesos, marcos y estándares para ayudar a estructurar el desarrollo de un proceso de investigación con el objetivo de poder producir un conocimiento o proyecto.

Durante el desarrollo de componentes del área de diseño, pocas veces se cuenta con la información o requerimientos para poder analizar en detalle en qué consiste el problema que tenemos que resolver, lanzándonos de inmediato a intentar solucionarlo a ciegas.

Esta metodología se centra en el análisis de las etapas del proceso de desarrollo del Cárter de motor 2.5 L, y las posibles eventualidades que sucedan durante el mismo, cumpliendo un ciclo continuo de soluciones a cada problema que surja durante las etapas de validación y durabilidad en campo.

La definición de los problemas durante el proceso de desarrollo de componentes consiste en establecer las condiciones iniciales para poder llevar a cabo dichas actividades generando las especificaciones que buscan satisfacer los

requerimientos de funcionalidad, durabilidad y rendimiento en dentro del sistema de lubricación, estos pueden ser varios tipos, generando diferentes contradicciones para comenzar el análisis.

Estos requerimientos surgen de acuerdo con el mercado, el cual la compañía busca competir en el un segmento especifico que es el de vehículos de carga, por lo que la propuesta es utilizar una plataforma existente en el mercado de Latinoamérica, estos requerimientos de carga la compañía propone utilizar un motor Diesel de 2.5L, pero debido a los restricciones gubernamentales y comerciales es necesario que el vehículo cumpla con un porcentaje de contenido regional para poder ser vendido.

Por lo que se busca desarrollar los componentes de mayor aportación al contenido regional para poder alcanzar el objetivo >60% donde el Cárter de Motor aporta un porcentaje entre 1.8-2.3% por lo que toma gran relevancia en la localización y que algunos fabricantes de componentes actuales no cuentan con plantas de manufactura en la zona, la compañía se ve en la necesidad de realizar la licitación correspondiente para poder encontrar a un proveedor que pueda producir la parte regionalmente, lo que genera que se realicen estas actividades con los diseños originales de la compañía armadora.

3.1. DISEÑO BASE Y DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

El cárter del motor es un recipiente por lo general fabricado en aleación de aluminio o acero, y tiene la finalidad de almacenar el aceite lubricante del motor, otra función es la de cerrar y aislar el bloque del motor, proveyendo al cigüeñal, biela y pistón una hermeticidad tal que sean protegidos de la entrada de elementos extraños que puedan causar problemas en el funcionamiento normal del motor.

Para lograr el desarrollo del Cárter, como nuevo producto, este requiere de diferentes pasos a seguir como es en principio las condiciones frontera, especificaciones generales y subsecuentemente analizar la viabilidad del producto para definir un diseño preliminar generando tres actividades paralelo que son el

planificación, diseño detallado y por último la fase de implantación donde es importante reanalizar a mayor profundidad la retroalimentación del producto y proceso que en numerosas ocasiones, deben desarrollarse simultáneamente.

Una vez efectuada la base teórica que da sustento a este trabajo de investigación; se procede a presentar el procedimiento que se ha seguido como parte de la metodología de Ingeniería de rediseño; toda vez que ésta es la propuesta que origina dicho trabajo, y que antes ya ha sido expuesta (figura. 18).

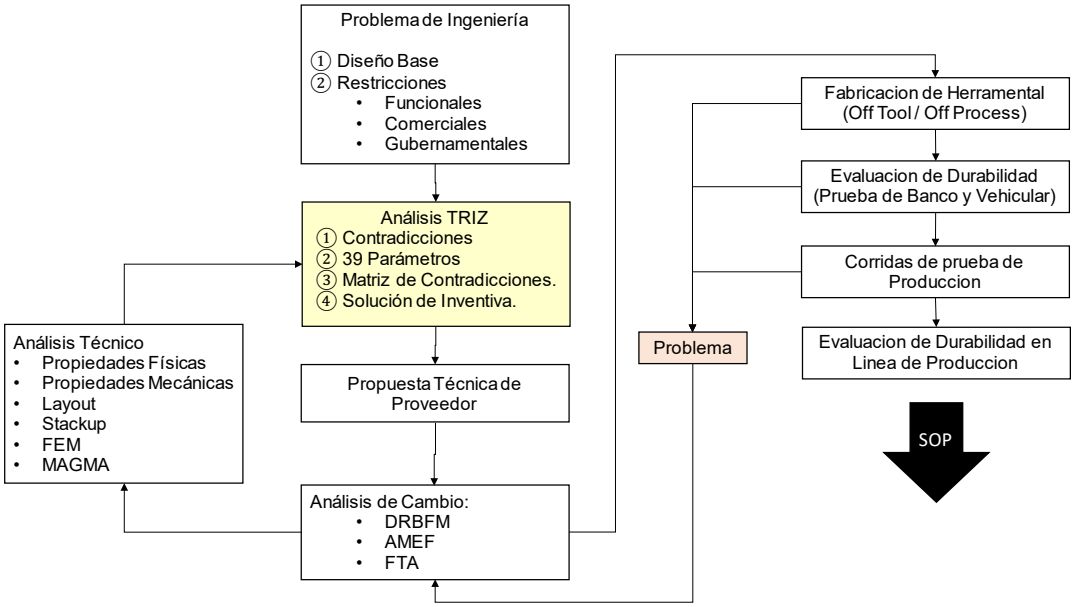


Figura 18. Diagrama de flujo para análisis de cambios durante la etapa de desarrollo. (Nissan Mexicana, 2013)

La metodología se centra en el análisis de las etapas del proceso de desarrollo del Cárter de motor 2.5 L, y las posibles eventualidades que sucedan durante el mismo, cumpliendo un ciclo continuo de soluciones a cada problema que surja durante las etapas de validación y durabilidad en campo.

Dado que el diseño original no cuenta con el "know-how", conocimiento y experiencia del proveedor actual, por lo que con este diseño base se comienza el análisis, determinando los parámetros funcionales del Cárter 2.5L Diesel (tabla 2).

Tabla 2. Requerimientos funcionales del Cárter 2.5 Diésel.

Condiciones iniciales				Contradiccion
		Base	Propuesto	
Funcionales	Las referidas a la función del objeto.	Contener Aceite ~5L	←	Fuerza
		Resistencia Estructural (NVH)	←	Estrés
		Sellabilidad de gases de Combustion	←	Presion
		Fijacion de partes perifericas	←	Fuerza

(Nissan Mexicana, 2013)

Por otra parte, surgen las primeras restricciones iniciales que surgen como son requerimientos comerciales, regulaciones y certificaciones gubernamentales, que aunados a la búsqueda del proveedor candidato para la fabricación del componente pueden generar impacto en la funcionalidad del componente (tabla 3).

Tabla 3. Restricciones comerciales y gubernamentales.

Condiciones iniciales					Contradiccion
		Base	Propuesto		
Gubernamentales y Comerciales	Las referidas al proceso de construcción, temporalización, materiales,…	-----	Proveedor local (USMCA)*		-----
		-----	Experiencia	Proveedor Local	
		-----		Ingeniero de Diseño (Nissan)	
		Aluminio	A380		Estrés
		-----	Material local (USMCA)		Estrés
*Tratado de libre comercio US, Mexico, Canada					

(Nissan Mexicana, 2013)

De acuerdo con estas restricciones las compañías trabajan constantemente en el desarrollo de proveedores regionales, en la cual durante la selección y desarrollo del proveedor regional también surgen modificaciones en el diseño del componente, estas son propuestas debido a su capacidad técnica y experiencia en la manufactura de este tipo de componente (tabla 4).

Tabla 4. Modificaciones al diseño.

Item #	Modificaciones al Diseño	Contradiccion
1	Estructura y Dimensiones	Estrés
2	Diseño para Manufactura	
3	Diseño para Ensamble	Presion

(Nissan Mexicana, 2013)

La práctica normal de realizar un diseño conceptual para un componente complejo requiere mayores habilidades, experiencia y un período de tiempo relativamente más largo para diseñar un solo concepto. Esto se debe al mayor número de características, restricciones y variedades de procesos para poder establecer los parámetros de diseño, comportamiento del material, principios de trabajo y los factores de seguridad. Para lograr el mejor diseño conceptual, los diseñadores tienen que dotarse de un conocimiento profundo del componente.

En el diseño del Cárter 2.5 L, (figura. 19), es necesario desarrollarlo de manera estructurada buscando representar un proceso donde este puede ser un proceso no lineal (sin estandarizar), como en el desarrollo de nuevos productos una estructura propuesta a seguir es la siguiente.

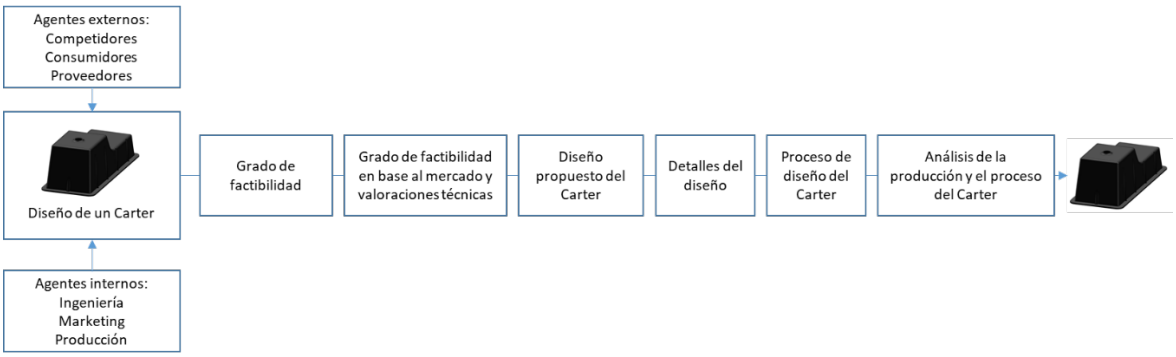


Figura 19. Esquema básico del proceso de diseño de un producto
(Nissan Mexicana, 2013)

Para lograr el desarrollo del Cárter, como nuevo producto, este requiere de diferentes pasos a seguir como es en principio las condiciones frontera, especificaciones generales y subsecuentemente analizar la viabilidad del producto para definir un diseño preliminar generando tres actividades paralelo que son el planificación, diseño detallado y por último la fase de implantación donde es importante reanalizar a mayor profundidad la retroalimentación del producto y proceso que en numerosas ocasiones, deben desarrollarse simultáneamente.

3.2 ANÁLISIS TRIZ

Ahora que sabemos cuál es la información con la que contamos como es diseño base y algunas restricciones comenzamos a establecer la primera etapa del análisis TRIZ, comenzando por entender sus funciones de este diseño es posible formulando las contradicciones iniciales como son la resistencia estructural (NVH), la sellabilidad de gases de combustión, contener una cantidad de aceite de aproximadamente 5L y soportar la carga de componentes periféricos.

Después de la formulación de contradicciones de ingeniería se revisa el listado de 39 parámetros TRIZ, donde al tratar de mejorar una propiedad deseable, otra propiedad deseable puede deteriorarse. Para el Cárter de aceite un parámetro importante como las Tensión/Presión es necearía para mantener la hermeticidad del motor, pero una propiedad deseable como la Fuerza puede verse afectada por las características del material (figura. 20).

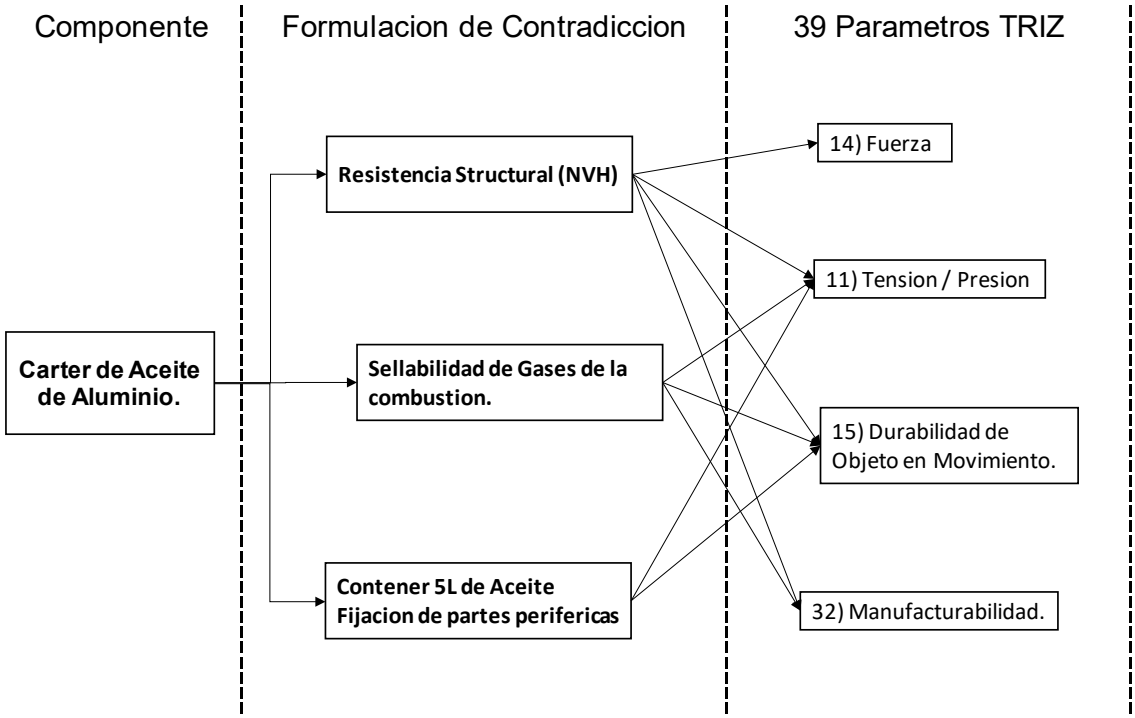


Figura 20. Modelo Inicial TRIZ de Cárter 2.5L Diesel.
Mostrando la primera formulación a través de los 39 parámetros TRIZ.
(Nissan Mexicana, 2013)

Basado en los parámetros obtenidos de mejora <11) Tensión/Presión> y de empeoramiento <14) Fuerza>, procedemos a analizar en la matriz de contradicciones, realizando una verificación cruzada de ambas características obteniendo en la figura 21, en la resistencia mecánica del material del Cárter, mostrada en el punto 14, se debe de garantizar el desempeño mecánico del producto bajo una presión aplicada en condiciones de operación. De manera adicional, el punto 11, relacionado con el estrés generado por la presión aplicada, debe de fluctuar en valores mínimos para su óptimo funcionamiento (figura. 21).

	Caracteristica a Emperorar / Caracteritica de Mejora	1 Peso del objeto en movimiento	2 Peso del objeto estacionario	3 Longitud del objeto en movimiento	10 Fuerza (intensidad)	11 Estrés o presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición del objeto.	14 Resistencia	15 Duración de la acción por objeto estacionario	30 Factores dañinos afectados por objetos	31 Factores nocivos generados por objetos	32 Facilidad de fabricación	33 Facilidad de or	34 Fac	35
1	Peso del objeto en movimiento	+		15, 8, 29,34	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8
2	Peso del objeto estacionario		+		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27		2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29
3	Longitud del objeto en movimiento	8, 15, 29, 34		+	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16
10	Fuerza (intensidad)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	+	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20
11	Estrés o presión	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	36, 35, 21	+	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	**9, 18, 3, 40**	19, 3, 27	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35
12	Forma	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29
13	Estabilidad de la composición del objeto.	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	+	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2
14	Resistencia	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	+	27, 3, 26	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32
15	Duración de la acción del objeto en movimiento.	19, 5, 34, 31		2, 19, 9	19, 2, 16	**19, 3, 27**	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	+	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	**27, 1, 4**	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13
16	Duración de la acción por objeto estacionario		6, 27, 19, 16					39, 3, 35, 23			17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2
17	Temperatura	36,22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27

Figura 21. Matriz de contradicciones Cárter Diésel 2.5L
(Nissan Mexicana, 2013)

Como resultado de la intersección en la matriz de contradicciones entre la fila 14 (Fuerza) y la columna 11 (Tensión y Presión), en la figura 22 obtenernos diferentes soluciones de inventiva a través de estas contradicciones de Ingeniería CI ①, CI ②, CI ③.

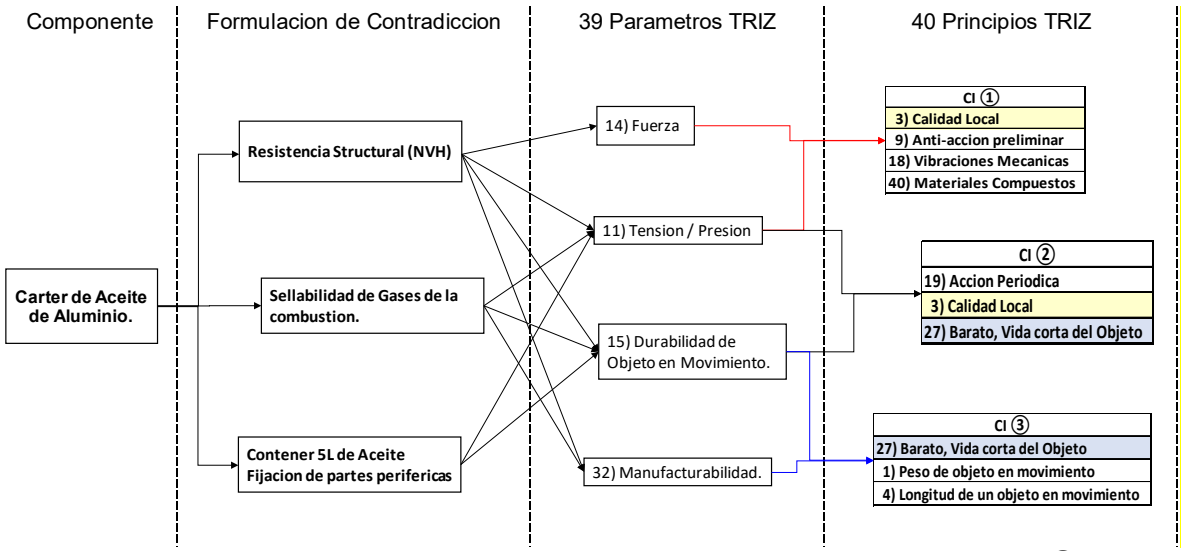


Figura 22. Solución de Inventiva para la Contradicción de Ingeniería 1 [CI ①] (Nissan Mexicana, 2013)

De la formulación de la Contradicción de Ingeniería CI ①, se obtiene la primera solución TRIZ de inventiva en la cual los siguientes parámetros a analizar son: 3, 9, 18 y 40.

Principio 3. Calidad local

El principio inventivo de calidad local puede implicar cambiar la estructura de un objeto de uniforme a no uniforme, haciendo que cada parte de un objeto funcione en las condiciones más adecuadas para su operación, o haciendo que cada parte de un objeto cumplen una función diferente y útil. Durante la etapa de licitación en la búsqueda del proveedor candidato además de satisfacer algunos de los parámetros principales de negocio como calidad, costo y tiempo, fue importante evaluar otras características como:

- Experiencia ~8 Años: Fabricación de Cárter de Aluminio
  Fabricación otras componentes de aluminio
  Uso de las aleaciones de aluminio.
- Finanzas: que el proveedor candidato cuente con finanzas sanas y capacidad para realizar el proyecto.

Principio 9. Anti-acción preliminar

El principio inventivo de anti-acción preliminar puede implicar el reemplazo de una acción, que se sabe que produce efectos tanto dañinos como útiles, con una anti-acción para controlar esos efectos nocivos.

Para el análisis y juicio de los posibles efectos nocivos en el Cárter de Motor de Aluminio de manera anticipada, es importante utilizar las herramientas de análisis de cambio como: DRBFM, AMEF, FTA. Así como realizar el análisis técnico: Propiedades Físicas, Propiedades Mecánicas, Layout, Stackup, FEM, MAGMA de manera que cumpla con los estándares y especificaciones, contempladas en la línea de diseño de productos similares a otros vehículos, en donde son requeridos cambios parciales o totales.

Esto ha permitido que su implementación en futuros modelos o nuevas adecuaciones se hagan de manera conveniente minimizando o reduciendo tiempos adicionales contemplados en la fabricación, construcción y evaluación mecánica.

DRBFM es el segundo paso en el diagrama de ruta de análisis considerando solo cambios críticos en base a un análisis funcional.

La hoja de trabajo DRBFM es un documento que contiene varias secciones separadas, como se muestra en la figura 23. La primera sección es un AMEF detallado sobre los puntos de cambio del trabajo identificado. La segunda sección es la sección de resultados donde se identifican las acciones de ingeniería en relación con el rediseño, evaluación de datos, mejoras del proceso, así como las acciones que el departamento de ingeniería considera y confirma para justificar el rediseño del Cárter (figura. 23).

NOMBRE DE LA EMPRESA	HOJA DE TRABAJO DRBFM									
NOMBRE DE LA EMPRESA			SISTEMA: LUBRICACIÓN			REALIZADO POR: JUAN GONZÁLEZ			FECHA: 01-01-2021	HOJA: 1/1
CODIGI: XX-DJDK-2			SUBSISTEMA: CARTER DE ACEITE MOTOR DIESEL 2.5 l			REVISADO POR: MARIO RAMÍREZ			FECHA: 01-03-2021	
Producto	Potencial modo de falla	Efectos de falla	Causas de la falla	Procesos de control	Acciones recomendadas	Departamento responsable	Acciones puestas en marcha	Observaciones	Acciones realizadas de acuerdo a las observaciones	

Figura 23. Hoja de trabajo DRBFM separado en 3 secciones.
(Nissan Mexicana, 2013)

La última sección es para la gestión y control, en donde se consideran puntos relacionados con la presencia de un grupo multifuncional en el rediseño del Cárter, así como minimizar el número de puntos de cambio.

Principio 18. Vibración mecánica

El principio inventivo de vibraciones mecánicas consiste en hacer que un objeto oscile o vibre, aumentando su frecuencia, utilizando la frecuencia de resonancia de un objeto.

En cuanto a las consideraciones relacionadas con la vibración mecánica durante la operación y puesta en marcha del motor, se consideraron en el rediseño del Cárter, parámetros relacionados con la frecuencia y resonancia de este, a través del análisis de elemento finito (FEM) se compara entre el diseño base y el diseño propuesto a través de sus modos de vibración para asegurar que los cambios no tenga impacto en los niveles de esfuerzo del componente en zona critica durante el primer modo de vibración del diseño original (690 - 710 Hz) y el diseño propuesto (720 -740Hz).

Principio 40. Materiales compuestos

El principio inventivo de los materiales compuestos puede implicar el cambio de materiales uniformes a materiales compuestos (múltiples).

Durante la etapa inicial del proceso de licitación Nissan propone los materiales utilizados actualmente, porque con ellos ya se cuenta una experiencia del material tanto en las etapas de pruebas como en el mercado, pero pueden surgir solicitudes de cambio por parte de los proveedores debido a su experiencia y la disponibilidad en la región.

Por ende, se busca con la selección de estos materiales cumplir con los estándares de calidad especificados para una fabricación optima del Cárter, que garanticen máxima compatibilidad con los lubricantes empleados en el sistema de lubricación, y resistencia mecánica derivada del nuevo diseño propuesto por el proveedor.

Tabla 5. Designaciones de referencias cruzadas de aleaciones de fundición de aluminio de alta presión para fabricación de Cárter de Motor.

Especificacion de Aleacion de Aluminio.							
Commercial	UNS	ANSI AA	ASTM B85	Former SAE J452	Federal QQ-Q-591 Ⓑ	DIN Ⓖ 1725	JIS H 5302
360	A03600	360.0	SG100B	---	Ⓑ		
A360 Ⓐ	A13600	A360.0	SG100A	309	Ⓑ	233	ADC3
380 Ⓒ	A03800	380.0	SC84B	308	Ⓑ		
A380 ⒶⒸ	A13800	A380.0	SC84A	306	Ⓑ	226A Ⓔ	ADC10 ⒸⒹ
383	A03830	383.0	SC102A	383	Ⓑ	226A Ⓔ	ADC12 ⒸⒹ
384	A03840	384.0	SC114A	303	Ⓑ		ADC12 ⒸⒹ
A384 Ⓐ	---	A384.0	---	---	Ⓑ		ADC12 ⒸⒹ

(North American Die Casting Association (NACDA), 2015)

Tabla 6. Fundición de Aluminio de Alta presión y otras características.

(1=mas deseable, 5=menos deseable)						
	Aleaciones de Aluminio para Fundicion					
Commercial: ANSI/AA	360 360.0	A360 A360.0	380 380.0	A380 A380.0	383 383.0	384 384.0
Resistencia al agrietamiento en caliente Ⓐ	1	1	2	2	1	2
Estanqueidad a la presión	2	2	2	2	2	2
Capacidad de llenado de troqueles Ⓑ	3	3	2	2	1	1
Anti-soldadura al Dado Ⓒ	2	2	1	1	2	2
Resistencia a la Corrosion Ⓓ	2	2	4	4	3	5
Facilidad y calidad de mecanizado Ⓔ	3	3	3	3	2	3
Facilidad de pulido y calidad Ⓕ	3	3	3	3	3	3
Facilidad y calidad de galvanoplastia Ⓖ	2	2	1	1	1	2
Anodizado (Apariencia) Ⓗ	3	3	3	3	3	4
Recubrimiento protector de óxido químico Ⓘ	3	3	4	4	4	5
Resistencia a Elevadas Temperatura. Ⓙ	1	1	3	3	2	2

(North American Die Casting Association (NACDA), 2015)

Mientras tanto la formulación de la Contradicción de Ingeniería CI ②, en la cual consiste en mejorar el parámetro <15) Durabilidad de Objeto en Movimiento> frente a el empeoramiento del parámetro <11) Tensión/Presión>, donde el resultado de la verificación cruzada de ambas características se busca asegurar cualquier demerito en la sellabilidad afecta en el rendimiento de operación y la durabilidad del sistema de lubricación.

De la formulación de la Contradicción de Ingeniería CI ②, se obtiene la segunda solución TRIZ de inventiva en la cual los siguientes parámetros a analizar son: 3 Calidad Local previamente analizado en la CI ①, 19 Acción periódica y 27 Objetos baratos de vida corta.

Principio 19. Acción periódica

El principio inventivo puede implicar una acción periódica, en lugar de continua acción, utilizando acciones periódicas o pulsantes.

Durante el desarrollo de los componentes de motor, se desglosan diferentes etapas en la revisión de diseño, en donde estos pasos previos a los eventos de liberación de documentación como son: especificación para fabricación de partes prototipo a utilizarlos en los eventos de validación y pruebas de durabilidad, especificación para fabricación de partes de producción masiva, así como la revisión de diseño para el aseguramiento del producto después de 2 años en campo (figura 24).

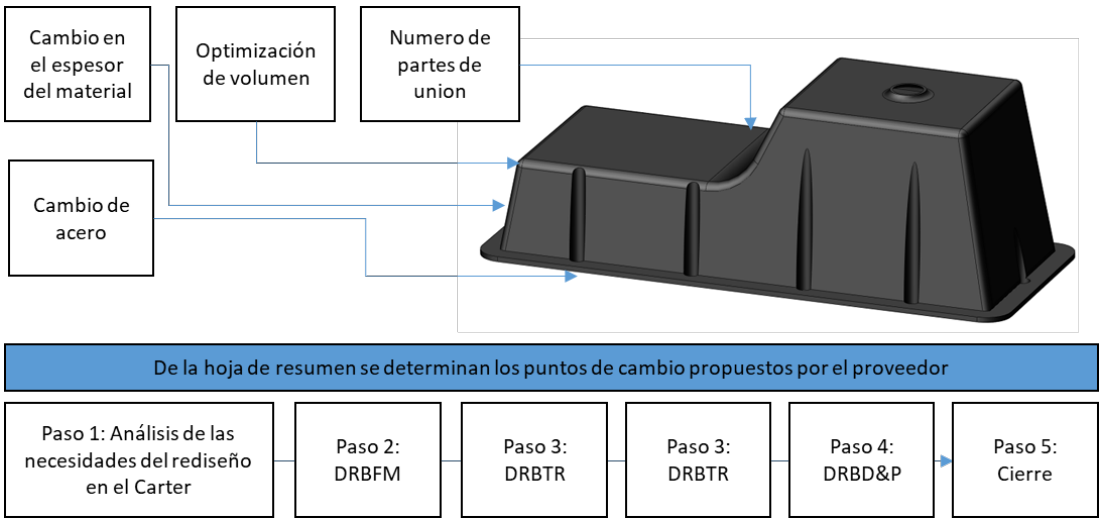


Figura 24. Diagrama de Ruta de Análisis.
(Nissan Mexicana, 2013)

Un buen diseño en el Cárter significa estabilidad y robustez soportado por un buen AMEF. En segundo lugar, el análisis de punto de cambio y DRBFM representan los principales instrumentos para una buena discusión considerando los puntos débiles

del diseño. Finalmente se considera la etapa de revisión, donde el diseño se revisa minuciosamente en base a resultados de prueba el diseño y su proceso (DRBTR, DRBD&P respectivamente.

Principio 27. Objetos baratos de vida corta

> El principio inventivo objetos baratos de vida corta puede implicar la sustitución de un objeto caro con un múltiplo de objetos baratos, que comprende ciertas cualidades (como la vida útil de un producto).

La durabilidad de un vehículo está relacionada con el kilometraje, forma de manejo, generación y tipo de motor, pero sobre todo la selección de la calidad de las refacciones y la frecuencia de mantenimiento por parte del propietario.

Por lo general, cada armadora indica una cantidad de kilómetros de vida útil basado en sus estándares de calidad donde el motor ha sido evaluado. Por lo general, este se encuentra en rango de entre los 250.000 y los 400.000 kilómetros.

En contraste, otros factores a considerar son: las condiciones ambientales a las que estará interactuando el vehículo, como son temperatura, humedad y altura sobre el nivel del mar (densidad del aire).

Durante la fase de desarrollo de componentes es importante garantizar la vida útil del producto, por lo que la realización de pruebas de durabilidad ayuda a evaluar y garantizar el rendimiento de los componentes.

- El límite de resistencia para materiales típicos de ingeniería es citado entre 10^6 y 10^7 ciclos
- En un motor de cuatro tiempos, un ciclo completo de carga ocurre una vez cada dos revoluciones (720°) del cigüeñal.
- 10^7 ciclos después de 166 horas de funcionamiento a un régimen nominal. velocidad de 2000 rev/min.

Estos ciclos de prueba propuestos y su duración ayudan a demostrar un alto grado de confianza en la durabilidad del motor con respecto a la fatiga mecánica.

Para la formulación de la Contradicción de Ingeniería CI ③, en la cual consiste en mejorar el parámetro <32) Manufacturabilidad > frente a el empeoramiento del parámetro <15) Durabilidad de Objeto en Movimiento >, donde el resultado de la verificación cruzada estas características se busca asegurar cualquier demerito en la durabilidad del Cárter por la fatiga mecánica que se pueda ser evitado garantizando los procesos de manufactura relacionados con la fabricación del Cárter de aluminio como son Proceso de preparación de la aleación, fundición de alta presión, procesos de maquinado así como las pruebas de validación de sellabilidad en la línea de producción.

De la formulación de la Contradicción de Ingeniería CI ③, se obtiene la segunda solución TRIZ de inventiva en la cual los siguientes parámetros a analizar son: 27 Objetos baratos de vida corta Local previamente analizado en la CI ②, 1 y 4.

Principio 1. Segmentación

> El principio inventivo la segmentación puede implicar dividir un objeto en partes independientes, haciendo que un objeto sea fácil de desmontar, o aumentando el grado de fragmentación o segmentación.

Para poder comprender más a detalle las características del Cárter y el impacto en la funcionalidad dentro del motor diésel, es importante poder desglosar los componentes periféricos con los que interactúa, para así poder dar un juicio debido a alguna desviación que surja durante la fase de desarrollo.

Dado que el Cárter es uno de los componentes principales para generar el bloque principal de motor diésel, este a su vez tiene interacción con diferentes sistemas, debido a la resistencia estructural es de importante para poder montar diferentes componentes de otros sistemas como en la figura 25.

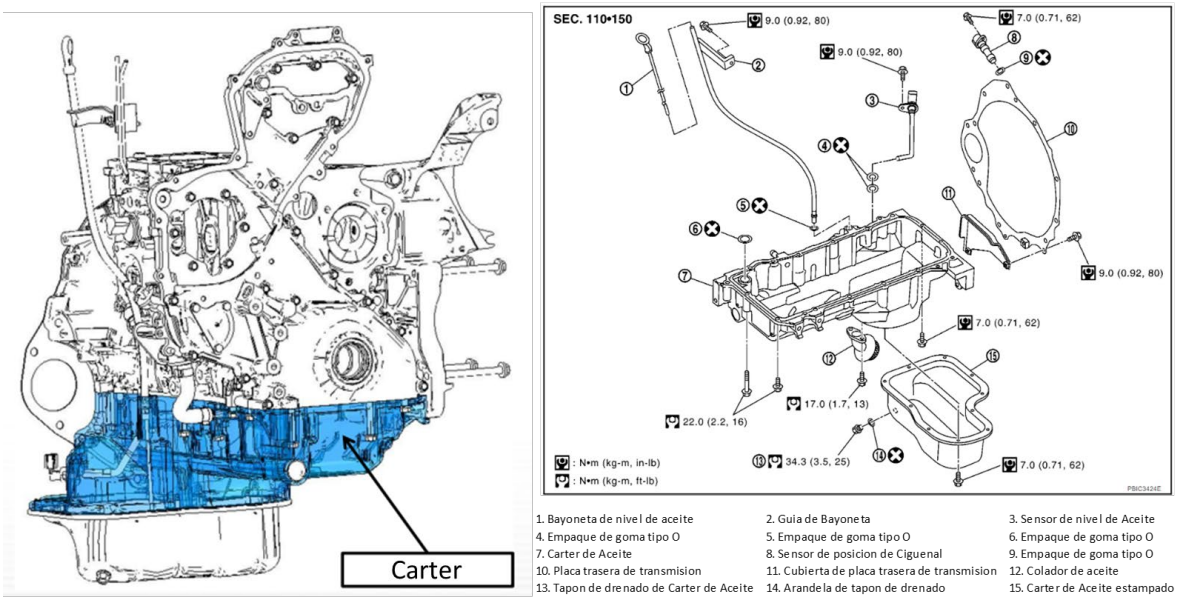


Figura 25. Componentes estructurales y periféricos relacionados con el Cárter de Aceite. (Nissan Mexicana, 2013)

Principio 4. Asimetría

> La asimetría del principio inventivo puede implicar cambiar la forma de un objeto de simétrico a asimétrico, o, si un objeto es asimétrico, aumentando el grado de su asimetría.

Unos de los objetivos principales para el desarrollo del Cárter de motor en el menor tiempo posible es mantener los cambios al mínimo, buscando mantenerse lo más cercano a diseño existente en otras regiones de mercado, así como garantizar la funcional y durabilidad, pero debido a la experiencia de cada proveedor y el uso de sus estándares de manufactura pueden surgir posibles cambios en el diseño, de los cuales para poder tener al mínimo el impacto en el sistema se busca confirmar la experiencia previa a través de un benchmark en otros motores por ejemplo motor a gasolina de diferentes cilindradas dentro de la gama de la armadora: L4 (1.6,1.8, 2.5), V6 3.5L, y V8 5.6L.

3.2.1. Desarrollo del diseño propuesto

En el diseño del Cárter 2.5 L, (figura. 26), es necesario desarrollarlo de manera estructurada buscando representar un proceso donde este puede ser un proceso no lineal (sin estandarizar), como en el desarrollo de nuevos productos una estructura propuesta a seguir es la siguiente.

Figura 26. Esquema básico del proceso de diseño de un producto (Nissan Mexicana, 2013)

Para lograr el desarrollo del Cárter, como nuevo producto, este requiere de diferentes pasos a seguir como es en principio las condiciones frontera, especificaciones generales y subsecuentemente analizar la viabilidad del producto para definir un diseño preliminar generando tres actividades paralelo que son el planificación, diseño detallado y por último la fase de implantación donde es importante reanalizar a mayor profundidad la retroalimentación del producto y proceso que en numerosas ocasiones, deben desarrollarse simultáneamente.

Durante las etapas del desarrollo se generan diferentes documentos donde se plasman los requerimientos del producto y donde la documentación final es la hoja liberación por ejemplo nota de diseño, orden de envió de piezas "Part Submission Warrant", utilizando como soporte reportes de ingeniería, de pruebas, de ensamble y de proveedor, para validar los cálculos y decisiones asumidas en el desarrollo del producto.

Esto implica estructurar a detalle las características que el Cárter debe cumplir, las relaciones entre ellas, y los métodos de verificación, como se observa en la figura 27.

NECESIDAD EN REDISEÑO DEL CARTER	Identificación de la necesidad en el rediseño del Carter Clarificar el problema laborar la especificación
ESPECIFICACIONES DEL CARTER	Que problemas presenta el Carter Cuales son sus estructurales funcionales Establecer los principios de solución Combinar confirmar en variantes de conceptos Evaluar el rediseño del Carter por criterios técnicos y ecnomicos
CONCEPTO	Determinación de los arreglos preliminares en relación a a su diseño forma y funcionalidad Seleccionar, refinar y evaluar los criterios técnicos y económicos que implican el rediseño antes de su validación.
ARREGLO PRELIMINAR	Optimizar y completar los diseños preliminares propuestos por proveedores externos Verificación y preparación de la lista de componentes del Carter, si es que aplica, así como los documentos de producción
ARREGLO DEFINITIVO	Finalización de los detalles en el rediseño y requerimientos para el Carter Completar dibujos y adjuntar los documentos de producción, así como verificar la documentación pertinente
SOLUCIÓN	

Figura 27. Modelo de Pahl y Beltz aplicado, como parte del proceso de rediseño del cárter. (Nissan Mexicana, 2013)

Para establecer una solución a los cambios en el diseño del Cárter, existen dos vertientes (figura. 28, ascendente y descendente. El primero, busca modificar elementos base para construir la solución propuesta y el segundo realiza un desglose de componentes hasta llegar a la necesidad objetivo a solucionar que, de no existir, será tendrá que desarrollar.

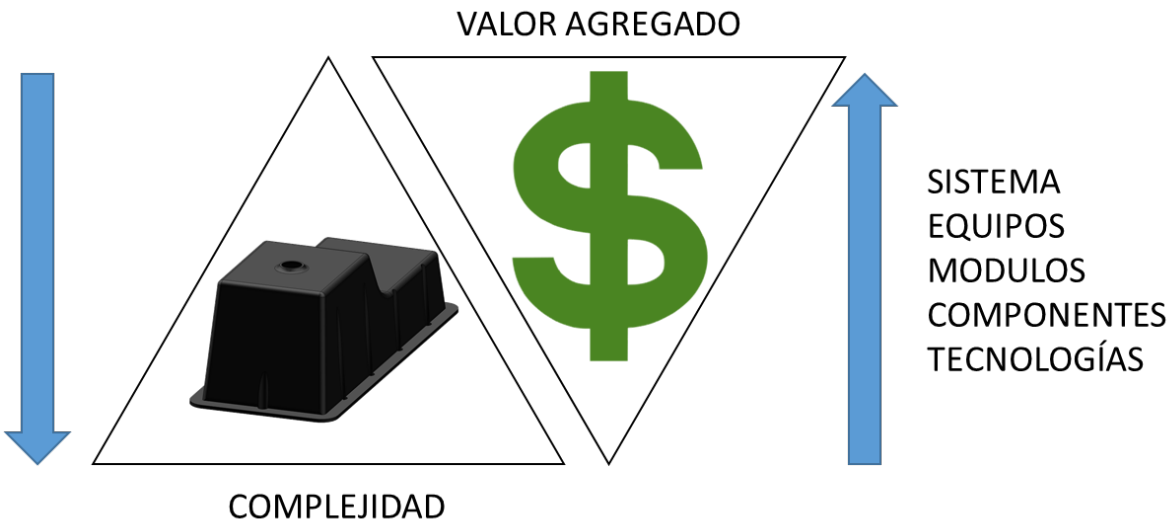


Figura 28. Conceptualización de solución.
(Nissan Mexicana, 2013)

La técnica ascendente busca usar elementos estándar, y la descendente requiere definir elementos específicos para la lograr el objetivo teniendo como ventaja competitiva la restricción al acceso a esa solución.

La desventaja es que requiere mayor tiempo y esfuerzo de las áreas involucradas, y es redituable aplicándola en los proyectos de mayor volumen de mercado.

3.2.2. Propuesta de DFM (por proveedor)

La figura 29 muestra el esquema que el ingeniero de diseño sigue y donde determina las características del Cárter como el material, forma, tolerancias, acabados y procedimiento de ensamble restringe las propuestas de proceso de fabricación de los componentes, considerando las características críticas de funcionamiento y relaciones consideradas como funcionales de todo el sistema. En esta etapa, derivado de varias propuestas de diseño en el Cárter, se evalúan y analizan las necesidades de competitividad en el mercado existente, así como la factibilidad técnica y económica.

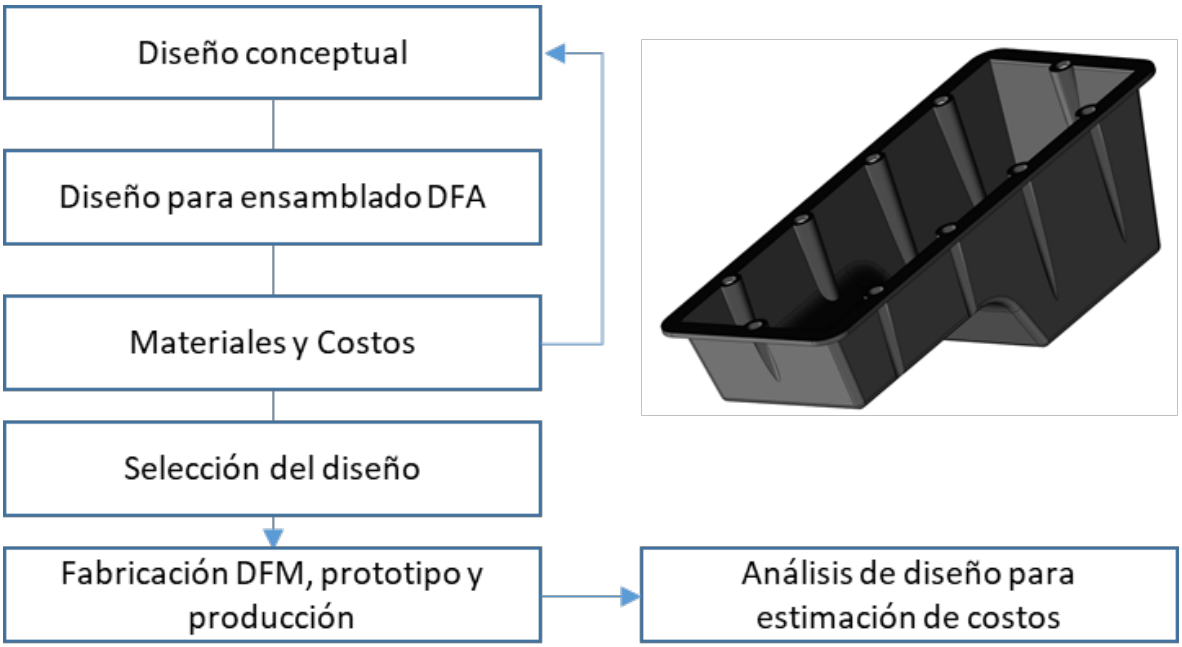


Figura 29. Esquema general de la metodología de trabajo DFMA.
(Nissan Mexicana, 2013)

3.2.3 Establecimiento del diseño final

Una vez que se haya llevado a cabo el estudio de factibilidad y selección del proveedor, así como del diseño del Cárter, se prosigue con la etapa de evaluación y selección, donde el equipo de ingeniería determinar las características que el Cárter debe cumplir en relación con su funcionalidad, durabilidad y materiales. Esto permite establecer el diseño preliminar del Cárter. El equipo de ingeniería en constante retroalimentación de las pruebas efectuadas en el diseño preliminar evalúa el cambio en los costos a partir de cambios generados en esta etapa de diseño.

Dado la vinculación ente la estructura y función se desarrolla el análisis estructural que ayuda a identificar la aportación de cada componente al rendimiento del sistema. Entre los factores a considerar al definir el concepto de diseño del Cárter se encuentran, la función a realizar del producto, costos competitivos, tamaño y forma congruente, impacto ambiental, grado de fabricación, tiempo de producción, accesibilidad para mantenimiento y costos logísticos de empaquetamiento, para que sea posible tomar decisión y realizar la liberación de la especificación final para producción.

3.3. ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE CAMBIO

Dos de las herramientas críticas son el análisis de punto de cambio y la revisión de diseño del Cárter, basado en el modo de falla (DRBFM). La primera herramienta clave es el Análisis de Punto de Cambio, que tiene los siguientes objetivos (figura. 30. Este análisis se centra en los elementos de riesgo y permite identificar el diseño de la línea base del Cárter en compatibilidad con el equipo de ingeniería para el desarrollo del producto donde se consideran los posibles tipos de fallo que el Cárter pudiera presentar. En este punto deben de contarse con diseños estables de ingeniería, considerando todos los posibles problemas que puedan ocurrir.

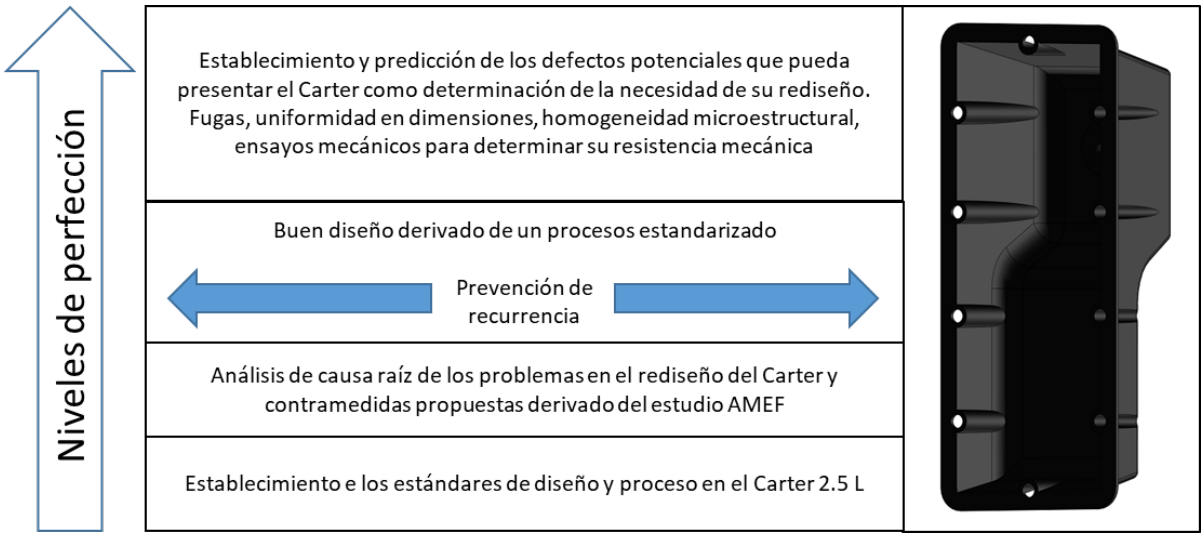


Figura 30. Creación de Prevención de Problemas.
(Nissan Mexicana, 2013)

Para evitar cualquier fallo imprevisto, y de acuerdo con lo establecido por Allan et al, el diseño propuesto, debe considerar la prevención del problema considerando un buen diseño, una buena discusión y una buena revisión (figura. 31).

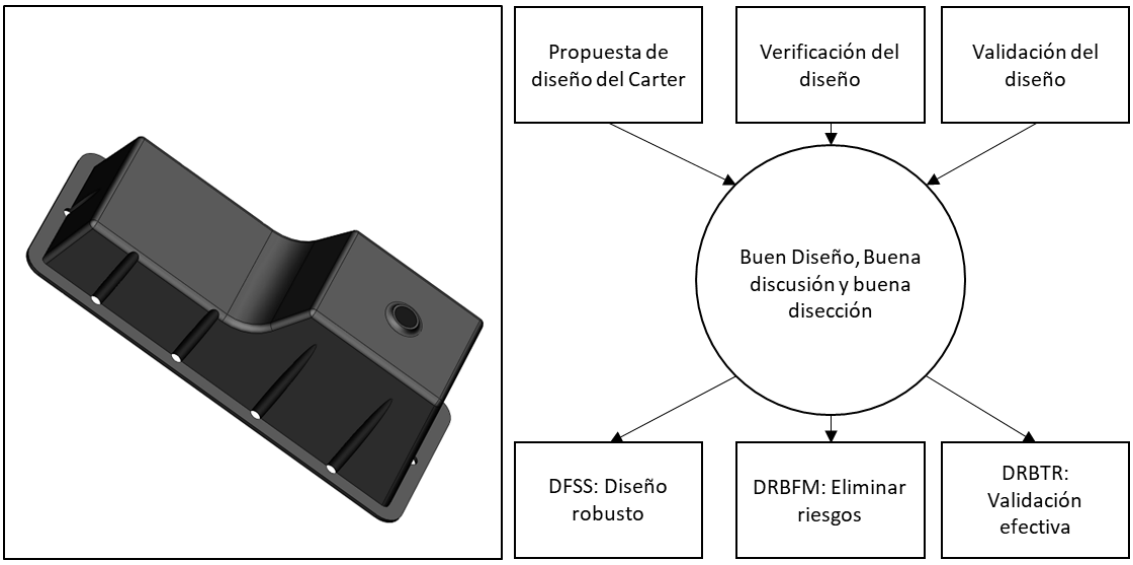


Figura 31. Proceso de Prevención de Problemas.
(Nissan Mexicana, 2013)

Dado que el cambio se produce derivado del cambio de proveedor y diseño del Cárter, se debe contar con una lista de verificación de puntos de cambio, y las posibles soluciones que se ofrecerán a problemas en el diseño propuesto proveedor, de tal manera que se pueda cumplir con la eficiencia y calidad que demanda su aplicación, como se muestra en la figura 32.

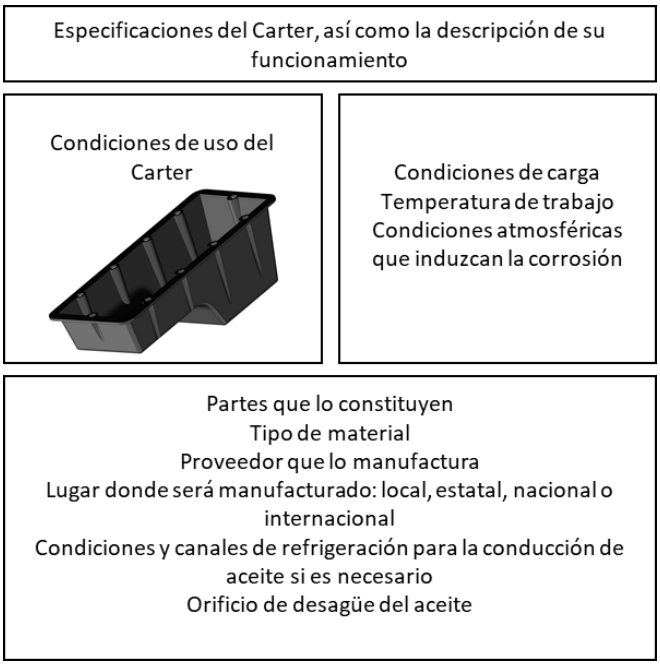


Figura 32. Checklist de descubrimiento en base.
(Nissan Mexicana, 2013)

Una vez que se ha reducido el número de cambios en el rediseño del Cárter, el equipo de ingeniería los analiza, optimizándolos de tal manera que se reduzca al mínimo su número, considerando, sin embargo, la completa funcionalidad del Cárter durante su vida de trabajo. En este paso se han considerado las áreas de mayor riesgo, al priorizar el uso de recursos en la solución de problemas potenciales. La prevención de problemas de fiabilidad ahora es posible porque se ha hecho la proyección de los posibles problemas; así como se puede visualizar en la figura 33.

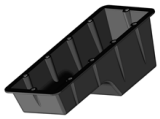
Producto: Carter 2.5 L 	Descripción y justificación del punto de cambio	Puntos de cambio causantes de preocupaciones a considerar y su impacto	Nivel de riesgo: Alto/Bajo	Comentarios sobre la razón de prioridad en el punto de cambio del producto	Comentarios de validación de ingeniería

Figura 33. Hoja de Punto de Cambio.
(Nissan Mexicana, 2013)

3.4. REVISIÓN DEL REDISEÑO BASADO EN RESULTADOS DE LA PRUEBA (DRBTR) Y REVISIÓN DE REDISEÑO BASADO EN EL DISEÑO Y PROCESO (DRBD & P)

El siguiente paso consiste en el análisis del Cárter después de ser puesto a prueba y después de ser desmontado (Análisis DRBTR). Posteriormente se revisa el diseño y el proceso (Análisis DRBD&P), que como revisión final permite hacer un análisis comparativo de los mecanismos de producción a partir de un prototipo, culminando finalmente en la etapa de cierre del proceso, donde se habrán establecido los controles necesarios para detectar modos de fallo, se habrán actualizado las hojas de operación estándar.

En la etapa de validación del Cárter, se ha considerado la funcionalidad y la durabilidad cuyas pruebas requeridas al proveedor externo se especifican en una lista de muestras de chequeo inicial o en el diagrama esquemático del componente. En otras palabras, el proveedor debe de entregar por escrito comprobantes de haber realizado pruebas que aseguren la confiabilidad del Cárter, su fiabilidad, pruebas de funcionalidad, durabilidad y seguridad, además de los formatos de comunicación entre él y su cliente.

3.5. ANÁLISIS DE PREVENCIÓN DEL PROBLEMA

La figura 34 presenta el esquema que se lleva a cabo en la prevención de problemas o fallas, a través del análisis de punto de cambio y en donde se definen los riesgos a evaluar en el rediseño, fabricación y pruebas del Cárter 2.5 L.

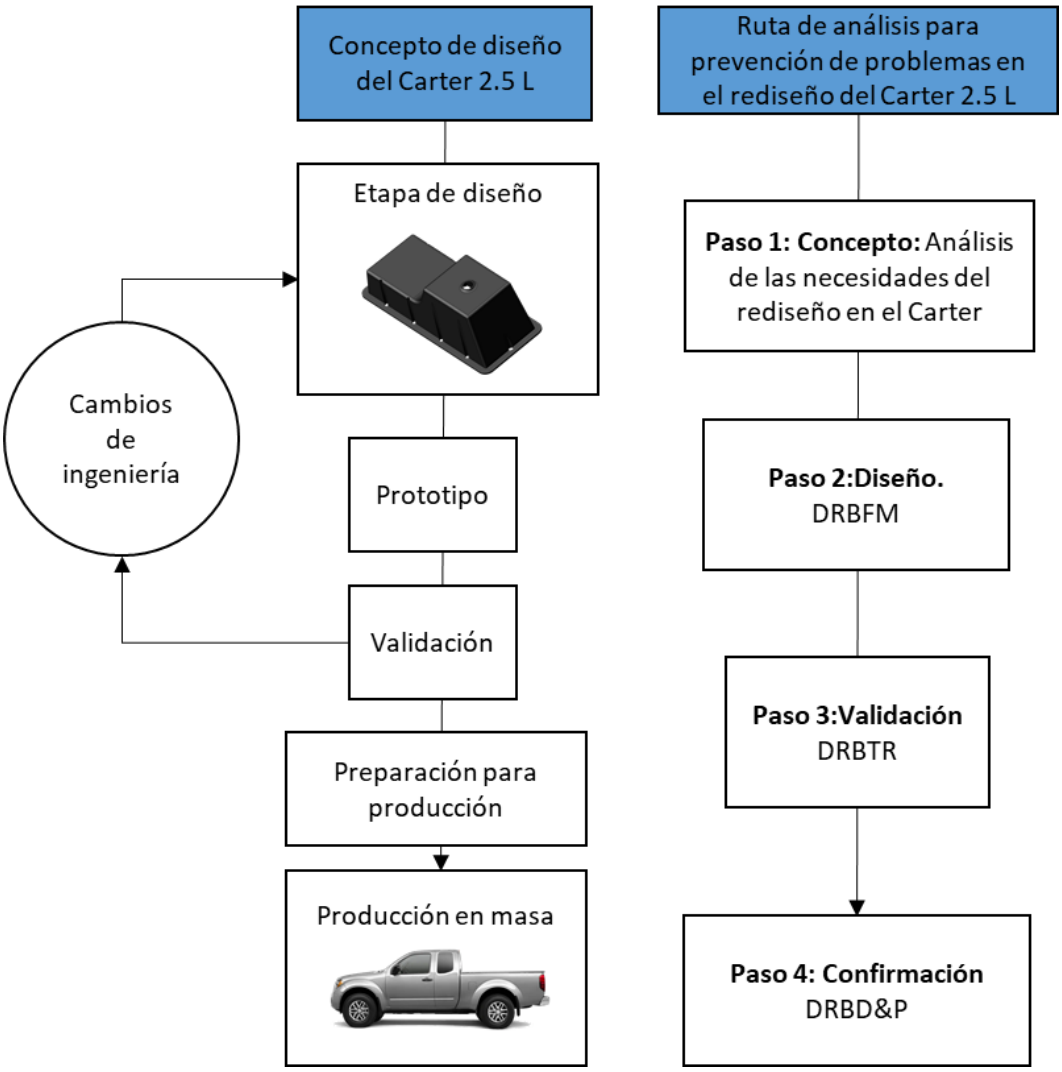


Figura 34. Proceso de tiempo de desarrollo.
(Nissan Mexicana, 2013)

El equipo de ingeniería para el rediseño del Cárter tiene que centrarse en el análisis de punto de cambio detallado antes de comenzar el DRBFM. Esto les permite concentrar esfuerzos en los elementos de alto riesgo con el propósito de prevenir

situaciones no deseadas y estableciendo la trazabilidad en las operaciones que involucran el ensamble y desensamble de los componentes.

3.6. PRUEBA DE ENSAMBLAJE Y FUNCIONAL DEL COMPONENTE

Es importante asegurar que los motores sean probados al 100% con el principal objetivo de asegurar su funcionamiento y rendimiento previo a ser ensamblado en la carrocería del vehículo, asimismo contar con la trazabilidad y evaluar los cambios realizados en los diseños y el impacto en el rendimiento del motor y los sistemas relacionados (emisiones, enfriamiento, lubricación, combustible, etc.).

Las nuevas regulaciones de cada gobierno obligan a los motores para minimizar las emisiones dañinas y cumplir las regulaciones estrictas, por lo tanto, las pruebas son cada vez más rigurosas.

3.7. LIBERACIÓN DE ESPECIFICACIÓN PARA FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL FINAL

El equipo de control de calidad debe contar con los siguientes documentos como son: Plan de control, diagrama de flujo de proceso; para poder llevar a cabo revisiones en los procesos de manufactura y poder realizar la liberación formal de la línea de proceso. Se requiere asegurar los siguientes puntos antes de enviar el primer envió de producción como son:

- Plan de control. Deben estar al último nivel de ingeniería y estar listos en cualquier momento y operaciones relacionadas.
- Hojas de operación estándar: documento que contiene las características criticas determinadas del plan de control generadas del AMEF de diseño y proceso.
- Equipo de confirmación dimensional “Gages” dispositivos de prueba de acuerdo con las características criticas definidas del plan de control para asegurar la repetitividad y reproducibilidad “R&R”.

El "PPAP" Proceso de Aprobación para la Producción de Partes, determina los pasos para la liberación para producción masiva de componentes y materias, cuyo propósito de confirmar si todos los documentos generados cumplen con las especificaciones de diseño y poder transmitir los requerimientos del cliente a los proveedores como los procesos de manufactura dentro de la planta para poder fabricar productos competitivos en una tasa de producción establecida.

Esta corrida del producto se hace en el sitio final de producción, cumpliendo con las 4M´s, Maquinaria, Método, Material, Mano de Obra en condición final de producción "Off Process". Si existen equipo duplicados como células, líneas, moldes, cavidades, patrones deben ser revisados y el muestreo representativo de partes finales debe ser aprobado por el cliente.

PPAP busca aplicarse en zonas internas y externas del proveedor del Cárter con relación a su producción masiva, servicio o materia prima, que requiere estar validada por el área de materiales de la planta armadora.

El proveedor que entrega componentes para producción o servicio bajo un estándar debe cumplir con el PPAP y ser validado por el área de diseño, dado que finalmente la imagen de la compañía es importante en este nivel buscando la satisfacción del cliente.

El proveedor contara con registros aprobados por parte del cliente, notas de diseño, dibujos liberados y materiales evaluados, que aseguren la calidad de producción del Cárter en un proceso de producción masiva. En eta etapa se consideran las partes de servicio como parte de proceso de mantenimiento.

Es importante el soporte de las áreas administrativas para poder liberar una objetiva planeación de calidad, desglosando los requerimientos clave para poder ser aprobados por las áreas directivas, buscando el compromiso a todos los niveles de la organización.

3.8 CORRIDA PRUEBA DE PRODUCCIÓN

Para poder realizar la liberación para la corrida de producción masiva del Cárter es importante tener un estatus de producción "off process", donde las 4M permitan la condición de producción a largo plazo. En esta etapa por lo tanto deben de considerarse el tiempo de producción y su validación a través del análisis de capacidad de proceso CP y CPk.

La cantidad para poder realizar estos análisis de capacidad de proceso son definidos por las áreas de calidad basados en los requerimientos del cliente por ejemplo N:30 a N:300 donde estos resultados se utilizan para:

- Análisis de condición preliminar Cp y Cpk.
- Aseguramiento de los equipos de medición.
- Revisión y actualización de las hojas de operación estándar
- Validación de pruebas de aseguramiento de producción.
- Liberación de componentes de producción masiva.
- Revisión y evaluación de normas de empaque.
- Emisión de la planeación de calidad aprobada.

Las pruebas para la validación de la producción del Cárter permiten evaluar su funcionalidad al considerar variaciones en los procesos de manufactura y ensamble. Estos resultados proveen la fiabilidad en el proceso de producción al considerar su uso bajo condiciones más severas. Es decir, deben de considerarse variaciones en el diseño, pruebas de funcionalidad, estabilidad y producción estandarizada por lotes.

El empaquetamiento del Cárter, como producto final debe de realizarse sin que sufra ningún año al trasladarse de un punto a otro, considerando las instalaciones del proveedor y del cliente. Esto hace necesario realizar pruebas adicionales para evaluar el grado de protección del Cárter durante su traslado. Adicionalmente, durante este proceso el empaquetamiento del Cárter debe de hacerse en condiciones que permitan contenerlo, preservarlo, permitir su manejo y distribución, y finalmente poder almacenarlo.

4. RESULTADOS

La implementación de mejoras en un proceso productivo, que implica el rediseño de componentes, involucra un conjunto de estrategias que garanticen que los procesos de manufactura implicados cumplan con estándares competitivos en relación con las propiedades mecánicas y funcionalidad de los productos desarrollados, cuando son consideradas para su aplicación en una industria tan dinámica, como lo es la industria automotriz.

La metodología TRIZ tiene un propósito general, además como estrategia permite generar escenarios de solución exhaustivos y comprensivos a problemas de diseño y manufactura, logrando ayudar a las personas a mejorar sus habilidades para resolver problemas mejorando la competitividad en el desarrollo de productos, al hacer uso de herramientas basadas en una metodología científica.

Las soluciones que aporta esta metodología están orientadas a la generación de nuevo conocimiento, a partir de las metas deseadas en un producto, su desempeño mecánico, funcionalidad, durabilidad y rendimiento, así como las contradicciones posibles que pueden presentarse durante la configuración del problema.

El problema que se aborda en esta investigación involucra la metodología explicada en el capítulo 3, enfocada en el rediseño de un Cárter de 2.5 L, que hace parte del sistema de lubricación de un vehículo. La metodología fue orientada hacia la solución de problemas en el rediseño del producto, en el cual deben de cumplirse estándares relacionados con la resistencia mecánica del mismo, funcionalidad y durabilidad y derivado de esta actividad conlleven a un posible ahorro o disminución en su tiempo de desarrollo. La revisión de los procedimientos para la revisión de las características mecánicas y relacionadas con la funcionalidad del Cárter permitiendo una disminución del tiempo en 3 meses, donde se consideran las etapas de diseño y manufactura del mismo.

Para tal logro, se llevaron a cabo precisiones en los puntos de cambio, juicio y priorización de las pruebas del desempeño, para prevenir posibles problemas

asociados con el diseño, funcionalidad, compatibilidad en el proceso de ensamblado y desempeño mecánico del Cárter, como se ilustra en la figura 35.

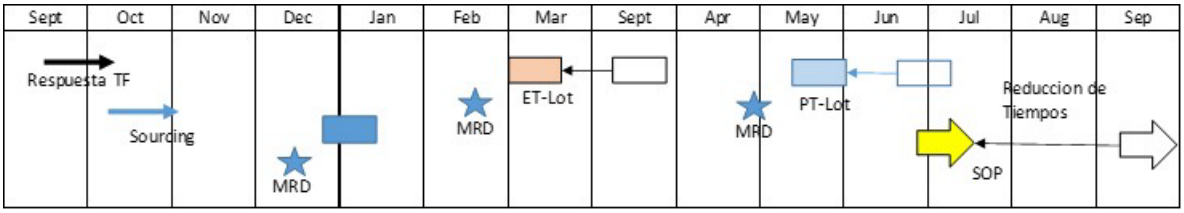


Figura 35. Programa de desarrollo y mejoras.
(Nissan Mexicana, 2013)

Esta metodología ha permitido observar de manera temprana priorizar el análisis y los recursos a utilizar y a su vez al ser aplicada, ha permitido también realizar una retroalimentación objetiva al proveedor, permitiéndole visualizar las modificaciones apropiadas a su diseño, toda vez que este no cumpla con las características en relación con su desempeño mecánico y funcionalidad establecidas por el departamento de Ingeniería de Cárter del motor. La retroalimentación derivada de la implementación de esta metodología le brinda a Nissan Mexicana, y al departamento correspondiente, con la capacidad de definir el nivel de creatividad para el análisis, reducir las contradicciones, identificación de puntos críticos en el diseño, funcionalidad y resistencia mecánica del producto que pudieran afectar al sistema de lubricación durante su etapa de producción.

La aplicación de la metodología TRIZ en el desarrollo del Cárter está basada en reducir las contradicciones posibles en el diseño del sistema, considerando, entre otros factores, las funciones del componente, las restricciones comerciales y gubernamentales y los métodos de manufactura del producto de acuerdo con la proveeduría regional, permitiendo el análisis y revalidación del diseño propuesto por el proveedor, para garantizar su funcionalidad del rediseño propuesto. De tal manera los resultados contemplados en este capítulo.

Para reducir las contradicciones antes mencionadas se definió el problema mediante el análisis del diseño propuesto por el proveedor del Cárter, el cual debe de considerar la capacidad técnica para su desarrollo, permitiendo el desarrollo de un producto que cumpla los requerimientos de Nissan en cuando a

funcionalidad, durabilidad y desempeño mecánico con el resto del sistema de lubricación.

Durante el procedimiento de investigación se fue dando seguimiento al diagrama de flujo de análisis durante las etapas del proceso de desarrollo; la cual aportó soluciones de inventiva a cada problema que llegara a presentarse durante las etapas de validación.

De acuerdo con el resultado de la matriz de contradicciones del método TRIZ, se realizó el análisis de cambios con el objetivo de reducir las preocupaciones por los cambios propuestos, el resultado es un grado de Novedad 2 debido a que Nissan y Proveedor tienen experiencia previa en el desarrollo de Cárter de Motor, así como alcanzar las características de las especificaciones solicitadas (figura 36).

Nombre de la parte	Funcion de la Parte	Diseño Base/Estandar	Diseño Propuesto	Cambios en el diseño y su objetivo	Grado de Novedad	
- Carter de Aceite	-Tener suficiente rigides en NVH. - Para fijar las siguientes partes: - Reten de Aceite - Monoblock - Bomba de Aceite - Carter Metalico (Bajo) - Cubierta de Tiempos - Guia de Bayoneta - Mangueras de Retorno de Aceite - Para Sellar Aceite y Gases de Blowby.	Proveedor Chino	Proveedor Mexico	Resultado de estrategia de Localizacion	2	Nissan y Provedor Local [Mex] tienen experiencia alcanzando las dimensiones criticas para el Carter de Aceite. 8 años de Experiencia.
		Aleacion de Aluminio ADC	Aleacion de Aluminio A38	Requerimiento de Proveedor	2	
		---		Metodo de Manufactura: 2 Masa: 2	2	

Figura 36. Análisis de punto de cambios Cárter 2.5L Diésel.
(Nissan Mexicana, 2013)

El propósito de la hoja resumen de cambios es identificar los cambios de línea de base de diseño y detalle fuera de esta selección. El ingeniero del producto debe utilizar la lista de verificación para detectar y a evitar la pérdida de cualquier cambio, también debe considerar cómo se relacionan los cambios pueden impactar entre sí, teniendo en cuenta, por ejemplo, la relación entre un cambio dimensional en relación con la funcionalidad, compatibilidad y armonía con el sistema de lubricación, así como cualquier otro cambio sustancial que se haya considerado anteriormente.

En la columna preocupaciones / impactos, se definen los modos de fallo potenciales y efecto colateral en el sistema. Las últimas columnas de esta hoja de trabajo se refieren a la evaluación de prioridad de riesgo y la justificación. Por ejemplo, algunas de las estrategias de reducción de riesgos que podríamos considerar son análisis de elementos finitos (FEA), la validación de la ingeniería de rutina, el lanzamiento de un proyecto DFSS, DRBFM o FMEA.

El análisis DRBFM en el Cárter Diésel 2.5L permitió definir los puntos de cambio, características de evaluación y los requerimientos a solicitar al proveedor local basado en el análisis previo de grado de "novedad 2", donde el proveedor local demuestra que tiene experiencia en el diseño, manufactura y calidad de este tipo de componentes para diferentes armadoras automotrices, así como ser capaz de entregar evidencias como: certificados de material, análisis de capacidad de proceso y pruebas de fuga para reducir los riesgos antes, durante y después del desarrollo alcanzando los requerimientos de Nissan.

En cuanto al periodo de pruebas de validación del rendimiento del motor, la metodología de ingeniería de rediseño, ha sido de gran utilidad al ser capaz de focalizar el análisis de los principios de solución, análisis de puntos de seguridad del mismo; asegurando que no se generen efectos secundarios en el motor por la implementación de dicho rediseño hecho a la pieza originalmente establecida; como pueden ser la ruptura del Cárter, fuga de aceite, sellabilidad contra componentes periféricos es decir, que no haya un flujo de aceite que pueda regarse en otras piezas que dan soporte al motor, así como problemas de rendimiento del motor; como el calentamiento, caída de presión de aceite al sistema de lubricación o desgaste prematuro de componentes como el filtro de .aceite y el aceite.

Por otra parte, la metodología aplicada aporta al equipo de ingeniería una guía para la solución de manera sistemática de los problemas que se susciten, así como conocimiento puntual acerca del Cárter en el sentido de ayudar a entender las propiedades químicas y mecánicas de esta pieza; así como entender, basado en el punto de cambio, el efecto que produciría en el sistema de lubricación; mejorando el skill (habilidades) del ingeniero para reflexionar los datos obtenidos;

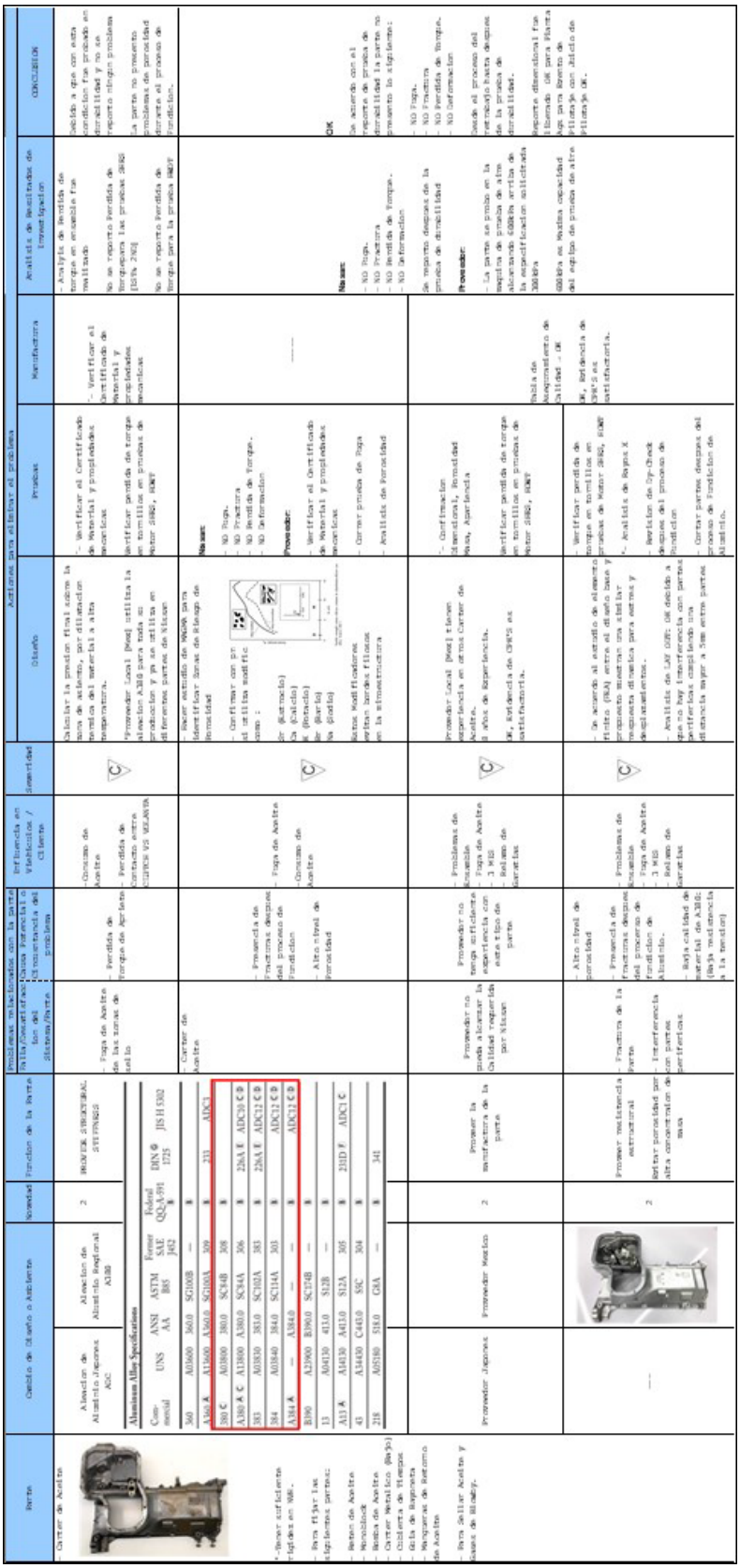
tanto del análisis de elemento finito, como los datos obtenidos de la prueba de validación y que sirva de precedente y base para próximos cambios.

Se desarrolló una base de datos que aporta elementos de detección de problemas de campo; es decir, una vez que se ha adquirido una unidad y ésta presenta una falla, ésta es determinada en automático gracias a que ya se cuenta con un referente de efectos secundarios que dé solución inmediata a las necesidades que presenta la máquina en general en su uso; yendo más allá de la edad del motor; coadyuvando en la selección del proveedor que mejor cumpla con los parámetros de costo, tiempo de desarrollo, experiencia técnica y estabilidad financiera.

De esta manera, el presente trabajo abordó la metodología desde la selección del proveedor propuesto del Cárter Diésel a desarrollar, así como las propuestas de manufactura de acuerdo su "*know-how*" brindando una herramienta de análisis. Esto permite entender el concepto fundamental del componente en relación con los cambios generados por las propuestas de diseño, así como el efecto secundario en el rendimiento del motor brindando un juicio eficaz y oportuno para evitar retrasos en el desarrollo del proyecto.

En cuanto las actividades referidas de pruebas, ensamble y calidad que se desglosan específicamente en cada área responsable, de tal manera que puntualicen las actividades principales del ingeniero de diseño durante el proceso de desarrollo, y el papel que éste juega en los procesos de validación y aprobación para los procesos de liberación de producción. En este conjunto de actividades consideradas a llevar a cabo por el departamento de ingeniería se considera la referencia de los efectos de las fuerzas de pre-tensión que consideran los parámetros modales de cárter de aceite.

Asimismo, como armadora, Nissan busca el aseguramiento de la calidad y el rendimiento de las partes a través de varias pruebas de validación de durabilidad bajo diferentes características o simulaciones de modo de manejo buscando superar a la parte actual en producción actual (figura 37).



Parte	Criterio de Diseño o Artículo		Sociedad	Función de la parte	Problemas relacionados con la parte (falla/Desajuste)	Causa Potencial o Consecuencia del problema	Influencia en Vehículos / Clientes	Severidad	Diseño	Pruebas	Manufactura	Análisis de Resultados de Investigación	CONCLUSIÓN
- Cárter de Aceite - Bomba de Aceite - Cárter Metálico (Bajo) - Cubierta de tiempo - Guía de Repuesto - Magneses de Retorno de Aceite - Para Sellar Aceite y Sellos de Blindy. - Tener suficiente fijación en NM. Para fijar las siguientes partes: - Bomba de Aceite - Monoblock	Aleación de Aluminio Japonés ADC Aluminum Alloy Specifications Comercial / UNS / ANSI AA / ASTM B85 / Former SAE J452 / Federal QQ-A-591 / DIN EN 1725 / JIS H 5302 360 / A03600 / 360.0 / SG100B / — / — / — A360 A / A13600 / A360.0 / SG100A / 309 / — / 233 / ADC3 380 C / A03800 / 380.0 / SC84B / 308 / — / — A380 A C / A13800 / A380.0 / SC84A / 306 / — / 226A E / ADC10 C ® 383 / A03830 / 383.0 / SC102A / 383 / — / 226A E / ADC12 C ® 384 / A03840 / 384.0 / SC114A / 303 / — / — / ADC12 C ® A384 A / — / A384.0 / — / — / — / — / ADC12 C ® B390 / A23900 / B390.0 / SC74B / — / — / — 13 / A04130 / 4113 / S12B / — / — / — A13 A / A14130 / A413.0 / S12A / 305 / — / 231D F / ADC1 C 43 / A14430 / C443.0 / S5C / 304 / — / — 218 / A05180 / 518.0 / G8A / — / — / 341	Aleación de Aluminio Reforzal A380	2	BRONCE SINTERIZADO, SYFFNIGS	- Fuga de Aceite de las zonas de sello - Cárter de Aceite	- Pérdida de Torque de Apriete	- Consumo de Aceite - Pérdida de contacto entre CIGÜEÑAL VS SELLADOR	2	Calcular la presión final sobre la zona de sellado, por dilatación térmica del material a alta temperatura. *Proveedor Local [Peal] utiliza la aleación A380 para toda su producción y ya se utiliza en diferentes partes de Nissan	- Verificar el Certificado de Material y propiedades mecánicas Verificar pérdida de torque en tornillos en pruebas de Motor 2SRS, KDET	- Verificar el Certificado de Material y propiedades mecánicas	- Análisis de Resultados de Investigación No se reporta pérdida de torque en ensamble fue realizado No se reporta pérdida de torque para las pruebas 2SRS [55% 2SR] No se reporta pérdida de torque para la prueba 2SRF	Debido a que con esta condición fue probado en durabilidad y no se reporta ningún problema La parte no presenta problemas de porosidad durante el proceso de fundición.
	Proveedor Japonés	Proveedor Nexico	2	Proveer la manufactura de la parte	Proveedor no puede alcanzar la Calidad requerida por Nissan	Proveedor no tenga suficiente experiencia con este tipo de parte	- Problemas de Ensamble - Fuga de Aceite - J WIS - Relleno de Gaveta	2	Proveedor Local [Peal] tiene experiencia en otros Carter de Aceite. 8 años de Experiencia. OK, Evidencia de GW'S es satisfactoria.	- Confirmación Dimensional, Resistencia Mecánica, Apariencia Verificar pérdida de torque en tornillos en pruebas de Motor 2SRS, KDET	Falla de Aseguramiento de Calidad - OK OK, Evidencia de GW'S es satisfactoria.	OK Se acuerdo con el reporte de prueba de durabilidad la parte no presenta lo siguiente: - NO Fuga. - NO Fractura - NO Pérdida de Torque. - NO Deformación Desde el proceso del rectificado hasta después de la prueba de durabilidad. Reporte dimensional fue liberado OK para Nuevo de pilotaje con Juicio de pilotaje OK.	
	----		2	Proveer resistencia estructural Evitar porosidad por alta corrosión debido a sus	- Fractura de la parte - Interferencia con partes	- Alto nivel de porosidad - Fracturas de la parte - Baja calidad de material de A380: (Baja resistencia a la tensión)	- Problemas de Ensamble - Fuga de Aceite - J WIS - Relleno de Gaveta	2	- De acuerdo al estudio de elemento finito (FEA) entre el diseño base y propuesto muestran una ubicación dinámica para ambos diseñamientos. - Análisis de LAV GDS: OK debido a que no hay interferencia con partes diferentes, cumpliendo una distancia mayor a 5mm entre partes	- Verificar pérdida de torque en tornillos en pruebas de Motor 2SRS, KDET - Análisis de Rayos X - Revisión de Cy-Check después del proceso de Fundición - Cortar partes después del proceso de Fundición de Aluminio.	GGÜEÑA es Nuevo capacidad del equipo de prueba de Aire	Debido al proceso del rectificado hasta después de la prueba de durabilidad.	

Figura 37. Análisis DRBFM Cárter 2.5L Diésel.
(Nissan Mexicana, 2013)

Con ello, se da paso a los análisis de la respuesta armónica de cárter de aceite. La respuesta armónica del análisis del cárter de aceite es utilizada con base al software ANSYS. Mediante este software, se realizan simulaciones del comportamiento mecánico del cárter de aceite, en donde se busca analizar los modos de vibración entre el diseño base y el diseño propuesto, el cual tiene propuestas de optimización del proceso de manufactura relacionado de fundición, así como de reducción de masa, en el cual se busca identificar los modos de vibración que están dentro de un rango de 600 a 1200Hz con la intención de simular las frecuencias de vibración generadas durante la operación general del motor (figura 38).

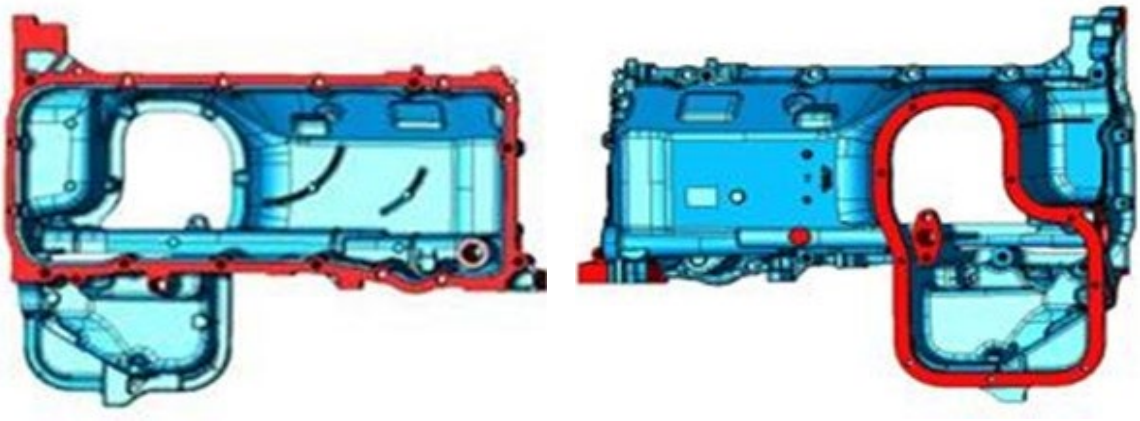


Figura 38. Modelo 3D de Cárter.
(Nissan Mexicana & Bocar, 2013)

Por otro lado, el análisis mediante el método de elemento finito en el Cárter de aceite y después con el análisis armónico del Cárter de aceite es completado, utilizando el método de armónica total, haciendo hincapié en el software de diseño NX-CAD que se utiliza para diseñar el cárter de aceite y el software ANSYS que se utiliza para hacer el análisis de elementos finitos. Este análisis es llevado a cabo por el departamento de ingeniería, en donde se evalúan las propuestas ofrecidas por el proveedor y en donde se considera las fallas potenciales en el material bajo condiciones de operación, como pueden ser: Fuga de Aceite en zona de contacto, fractura de la parte, interferencia de componentes periféricos.

4.1. ANÁLISIS DEL CÁRTER DE ACEITE

El análisis MEF es usado en el análisis técnico del Cárter debido a su relevancia en la solución de problemas. Esto permite considerar modelos matemáticos que coadyuven a validar la hipótesis planteada al inicio de la investigación.

Mediante este análisis se simularon las condiciones de operación y ciclos de durabilidad requeridos en el Cárter, visualizando los efectos colaterales en el sistema, considerando además la usabilidad del producto y sus interfaces.

El objetivo de este análisis fue localizar las deflexiones y zonas de estrés en el Cárter por las cargas aplicadas. El análisis estático fue empleado para puntualizar los puntos de tensión, deformación y desplazamientos causados por los componentes ensamblados y las cargas generadas durante el proceso de ensamble.

Como resultado de este análisis, se pudieron determinar los intervalos de vibración característica, relacionadas con las frecuencias naturales y modales de la estructura del Cárter durante su etapa de diseño. Este análisis se llevó a cabo en el cárter de aceite pretensado para determinar las frecuencias naturales y los modos de vibración de la estructura en el rango de frecuencia de 600 a 1200Hz.

Resultados adicionales obtenidos mediante elemento finito permitieron establecer los límites de operación de operación del Cárter en condiciones de contorno considerando una presión interna entre el bloque del motor y el Cárter a 4 KPa. Estas condiciones de análisis son indispensables, debido a que, durante el proceso de combustión, la presión de los mecanismos de las válvulas aumenta de forma exponencial. Esta presión hace indispensable trabajar con límites de seguridad que garanticen la operación del motor a presiones de aceites de 30 – 35 kPa, considerando este último valor, como crítico.

4.1.1. Análisis modal

Los resultados del análisis modal generan una relación en términos de sus parámetros modales que son la frecuencia natural del componente y los modos de vibrar durante vibración libre en un intervalo de frecuencias de interés, que

dependen básicamente de la masa y de la rigidez de la estructura. En esta etapa de la evaluación del desempeño mecánico del Cárter, se identifican estas frecuencias, de tal manera que permitan conocer el efecto colateral resultante a la respuesta de la estructura cuando una fuerza actúa sobre la misma, de tal manera que brinden información sobre el comportamiento mecánico del Cárter.

Para el análisis modal del Cárter Diésel 2.5L se realiza un comparativo de los modos de vibración entre el diseño base y el diseño propuesto como se muestran a continuación (figura 39-40, tabla 7).

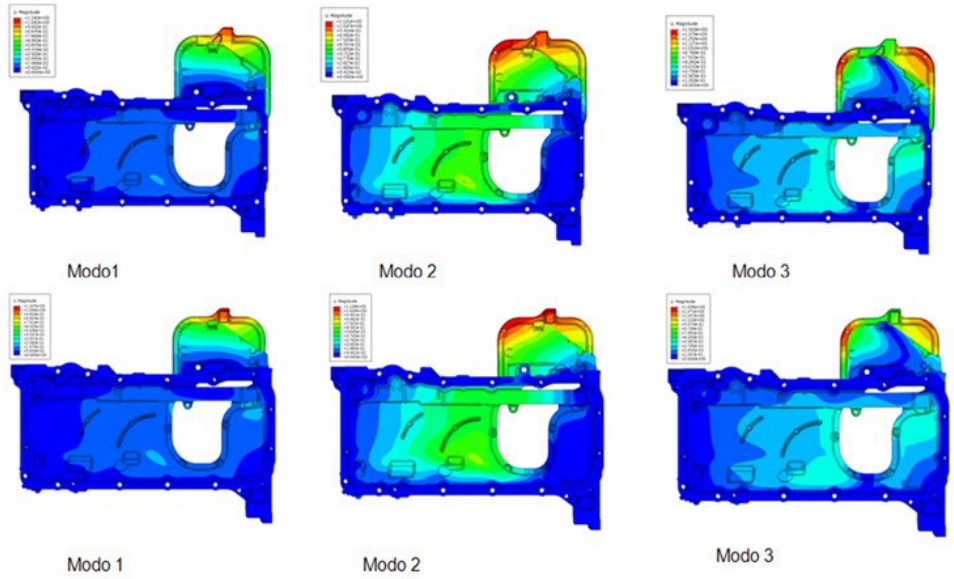


Figura 39. Máximos desplazamientos en análisis modal.
(Nissan Mexicana & Bocar, 2013)

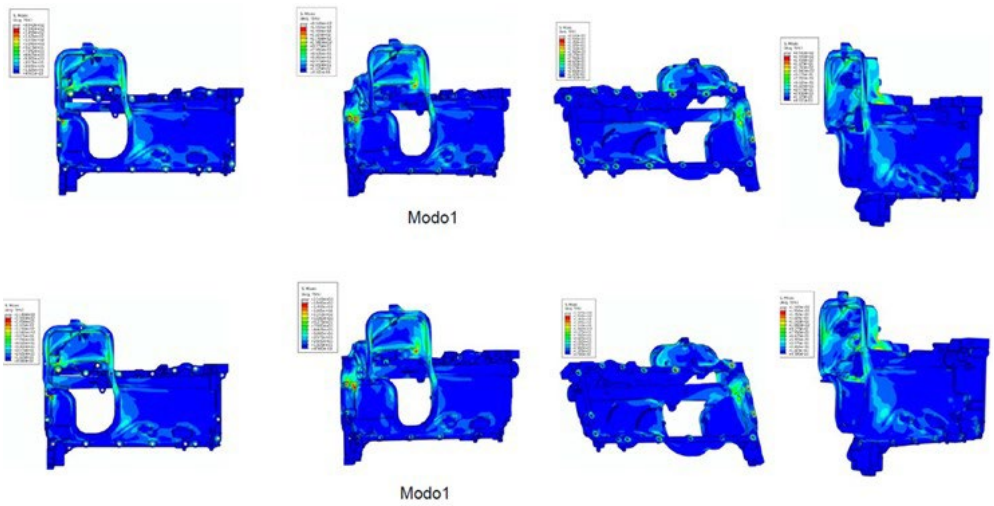


Figura 40. Distribución de Esfuerzos análisis modal (modo #1).
(Nissan Mexicana & Bocar, 2013)

Tabla 7. Análisis comparativo de frecuencias.

Modo	Frecuencia		Delta
	Original	Propuesta	
#1	690 -710	720 -740	~ +3.85%
#2	820 -840	830 - 850	~ +1.57%
#3	1040 - 1060	1060-1080	~ +2.47%

(Nissan Mexicana & Bocar, 2013)

El análisis modal es la única forma de realizar una comparación entre dos productos con características modales ya que no se encuentran más información de entrada.

Referente a las conclusiones funcionales del cárter de aceite, se estudió de 2 maneras diferentes:

- Análisis modal
- Análisis de resultados de prueba de durabilidad

A partir del análisis modal obtuvieron los siguientes resultados:

- Los tres primeros modos de vibración del diseño propuesto son similares a los del diseño original e indican que su respuesta se mejora alrededor de un 3.85 % por la reducción de masa.
- Asimismo, los cambios propuestos no incrementan los niveles de esfuerzo en las zonas críticas durante el primer modo de vibración del diseño original (690 - 710 Hz) y el diseño propuesto (720 -740Hz).

El Cárter propuesto y el original presentan respuestas dinámicas de desplazamientos y esfuerzos similares en zonas críticas. Por lo tanto, en el modelo propuesto no existe afectación alguna vs el diseño original.

A partir del análisis de durabilidad se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las cargas estáticas referentes al torque de ensamble se encontraron en el rango de 0-20Mpa y se muestra lejos del límite permisible del material.
- Las cargas dinámicas referentes al estrés de la parte durante la prueba de durabilidad se encontraron en el rango de 0-30Mpa y se muestra lejos del límite permisible del material, como se muestra en la figura 41.

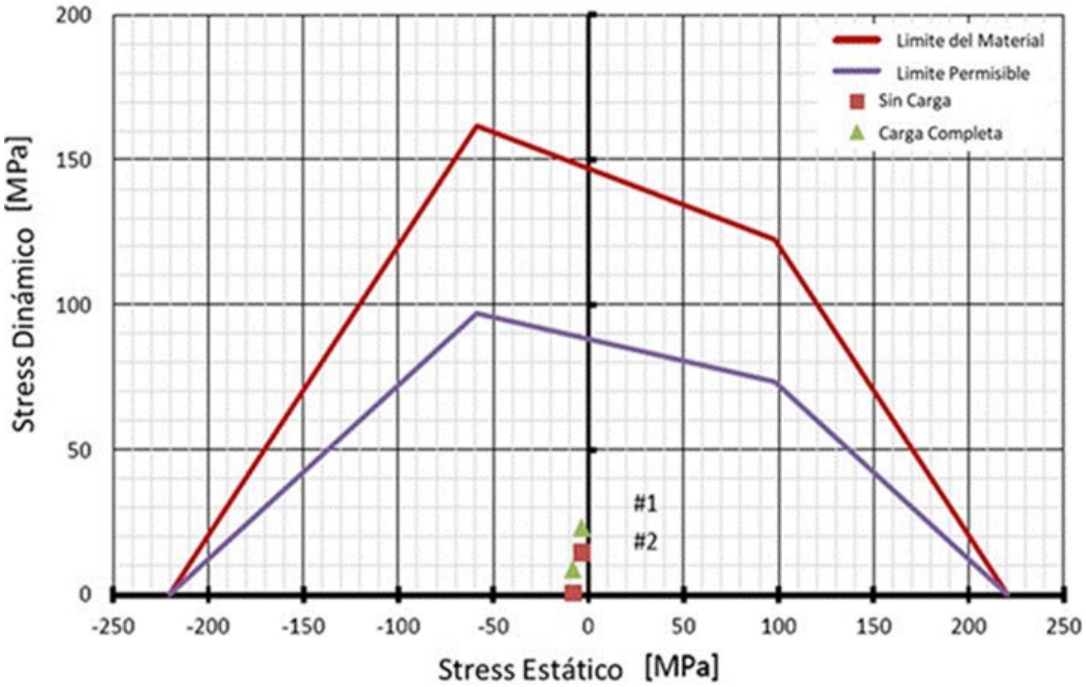


Figura 41. Diagrama de Goodman
(Nissan Mexicana, 2013)

4.1.2. Análisis Magmasoft

El uso del software Magmasoft durante la fase de revisión de las consideraciones de rediseño del Cárter 2.5 L, ofrece una metodología sistematizada para la optimización de los procesos relacionados con la fundición e inyección de metales.

El primer análisis consiste en determinar los posibles problemas y defectos derivados del proceso de fundición del Cárter. Se consideran los puntos calientes y fríos, así como posibles porosidades ocasionadas durante el proceso de llenado (figura 42).

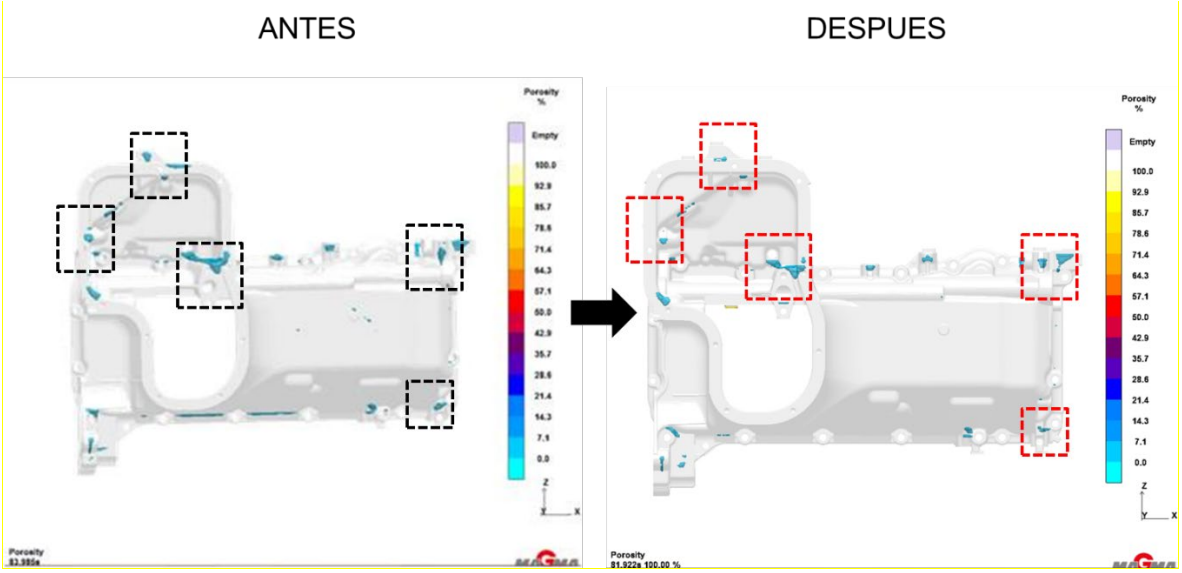


Figura 422. Análisis de Porosidad (Magmasoft)
(Nissan Mexicana & Bocar, 2013)

Este tipo de análisis permite identificar problemas asociados a la geometría del Cárter en un llenado inapropiado o desequilibrio térmico durante el proceso de solidificación que ocasiona zonas con propiedades mecánicas desiguales.

El equipo de ingeniería de planta revisa y analiza los datos para determinar puntos calientes, atrapamiento de aire y riesgos potenciales en el diseño. En esta etapa cambios sutiles en los parámetros de llenado, como el punto de entrada del flujo de metal, proporciona información inmediata al departamento de ingeniería sobre los cambios a llevar el proveedor en el Cárter propuesto.

4.1.3. ANALISIS DE INTERFERENCIA (LAYOUT)

Es altamente considerar en el rediseño del Cárter, el espacio o volumen que ocupa en relación con la geometría circundante para evitar cualquier tipo de interferencia. El Cárter no debe interferir con alguna otra parte, como por ejemplo mangueras, cables, barras o mecanismos externos que presenten un potencial problema de daño y fugas en el sistema de lubricación. El entendimiento fundamental de las posibles interferencias considerando todo rango de movimiento debe de tener en cuenta todo tipo de componente, ya sea rígido o flexible (figura 43).

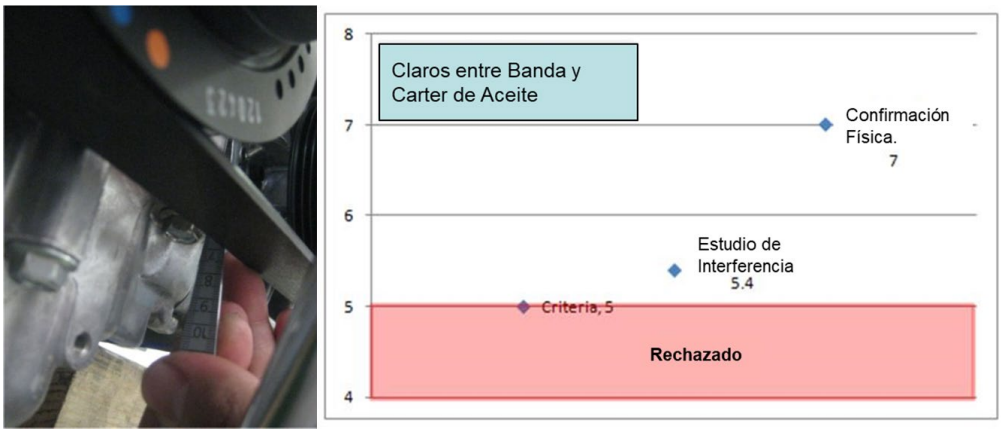


Figura 433. Análisis de Interferencia (Layout)
(Nissan Mexicana, 2013)

Con ello, se concluye que la ingeniería de motor de rediseño, no se centra únicamente en la propuesta de rediseño; sino en las mejoras en materia química y de ingeniería, que aporte para que la vida de un motor mejore en cuanto a su funcionalidad, durabilidad, al ser correctamente lubricado, y que ello impacte en los costos y tiempos de la producción; así como el lograr un trabajo coordinado entre los proveedores, la planta de ensamble y el área de diseño de ingeniería; ello como parte de una reestructura de rediseño, producción y ensamble de Nissan Mexicana; cumpliendo con la filosofía de la empresa en materia de satisfacción del cliente y la producción de automóviles seguros.

CONCLUSIONES

A lo largo del presente documento, se ha mostrado el resultado del desarrollo e implementación de una metodología que brinda un guía para análisis y validación del rediseño de un Cárter de Aceite empleado en vehículos automotrices, que adicionalmente, permite mejorar el tiempo de entrega del producto tres meses antes, en relación con procedimientos anteriormente llevados a cabo por la empresa Nissan Mexicana.

La metodología propuesta, basada en principios TRIZ, establece las contradicciones y contramedidas empleadas en la solución de problemas actuales y potenciales que pueden presentarse, en relación con el desempeño mecánico del componente, los materiales empleados en su fabricación, así como durante instalación y puesta en marcha en el vehículo.

El rediseño del Cárter de aceite, basado en la metodología propuesta provee los lineamientos para comenzar un análisis enfocado en encontrar las soluciones de inventiva necesarias para cumplir con las restricciones generadas de las necesidades comerciales, regulaciones y certificaciones gubernamentales. logrando cumplir con los requerimientos de funcionalidad del componente. Así mismo proveer soluciones de inventiva relación con los cambios propuestos en el diseño por proveedores externos a la empresa. Para tal propósito, se establecieron las diferencias cruciales entre el diseño base y el propuesto por el proveedor, haciendo énfasis en la factibilidad de estos cambios en relación con su desempeño y rendimiento en la etapa de operación y puesta en marcha. De la misma manera, los puntos críticos fueron definidos para confirmar y validar su funcionamiento, así como su seguimiento por el área de ingeniería encargado de la validación del Cárter.

El análisis de la estructura del Cárter mediante elemento finito indica que las cargas referentes al torque están dentro de los límites de seguridad permisibles en el material Con relación a las cargas dinámicas referentes al estrés en pruebas de durabilidad muestran valores fuera de los límites permisibles del material.

A partir de los resultados de la simulación de elemento finito del Cárter de aceite modificado, así como de los resultados del análisis de las pruebas de durabilidad, se concluye que es seguro soportar las cargas de funcionamiento mencionados y discutidos en la sección correspondiente. Estas observaciones permiten establecer que la hipótesis que se definió en este proyecto ha sido comprobada.

La implementación de una nueva metodología en efecto el rediseño del Cárter de motor y los resultados obtenidos en colaboración con el departamento de ingeniería de Nissan Mexicana sugiere que es posible mejorar aún más, los tiempos de desarrollo de productos, así como incorporar herramientas adicionales en esta metodología, basadas en manufactura esbelta, para mejorar de manera eficiente la retroalimentación de los proveedores. Esto permitirá una mejor objetividad por parte del proveedor, minimizando los obstáculos en el proceso de rediseño y mejorando el tiempo de diseño y fabricación del Cárter. Se observó que una vez que se logran los cambios, éstos al ser producidos en la pieza, se logra satisfactoriamente alcanzar los requerimientos de rendimiento en las pruebas de durabilidad, cumpliendo con las especificaciones en relación con selección de materiales, proceso de manufactura, diseño y funcionalidad del Cárter.

RECOMENDACIONES

Derivado de los resultados, basados en el desarrollo e implementación de una metodología para el rediseño de un producto, se pueden establecer áreas mejora en la optimización de esta, así como su extensión hacia algunas otras áreas de la misma compañía.

Más aun, la aplicación de esta metodología, basada en herramientas TRIZ, es factible en otras industrias, no solo del ramo automotriz, si no en aquellas empresas ensambladoras, que requieren de proveedores externos para el diseño de productos. El uso eficiente de las herramientas mostradas en este documento permite mejorar la eficiencia en el diseño y fabricación de productos, así como de los procesos de manufactura que los involucran.

En todo momento, como parte de un sistema integral de producción y manufactura de vehículos, se busca que haya mayor involucramiento de las diversas áreas de desarrollo, proveedores y producción; mismo que involucre a los niveles de supervisión y dirección jerárquica en el esquema organizacional.

APORTACIÓN DE LA TESIS

El desarrollo de una metodología, basado en herramientas TRIZ, ha sido empleado en una planta automotriz para el rediseño de un producto por un proveedor externo. El tiempo de entrega se ha acelerado en tres meses, como resultado de la eficiencia en el seguimiento de la metodología planteada en esta tesis, y que está enfocada en la optimización del desempeño mecánico de un Cárter de aceite, así como de su funcionalidad optima, como parte del sistema de lubricación de un vehículo de combustible diésel. Esta metodología fue desarrollada y expuesta a lo largo de este documento, puede ser aplicada a diferentes compañías ensambladoras que requieran del rediseño de un componente especifico por el equipo de la propia planta o por proveedores externos.

APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS

Socialmente, el impacto que genera este proyecto está implícito en la satisfacción del mercado con productos que cubren los estándares de calidad, regulación y seguridad de sus usuarios, pues un motor mejor lubricado evita fallas mecánicos que ponen en riesgo la integridad del conductor y usuarios; mismo que tampoco refleje un gasto extra a éstos, porque al ser carros con piezas menos pesadas; ello implica que tampoco se gaste mayor combustible; así como el ser autos más amigables con el medio ambiente, al tener un menor nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (HC, NOx, CO, CO2). Asimismo, esta metodología genera una relación más intrínseca entre la creatividad y la innovación, aportando una guía y herramientas técnicas de análisis para poder obtener soluciones simples y creativas a problemas en los procesos industriales. obteniendo una idea de lo que se requiere hacer sin las limitaciones tradicionales o restricciones.

REFERENCIAS

Aguilar Zambrano, J. (2008). *Curso-taller TRIZ*. Obtenido de https://docplayer.es/52508001-Curso-taller-triz-segunda-sesion-nueve-ventana-y-matriz-de-contradicciones.html

Altshuller, G. (2007). *The innovation algorithm: TRIZ Systematic Innovation and Technical Creativity*. (L. Shulyak, & S. Rodman, Edits.) Worcester, Massachusetts, US: Technical Innovation Center. Obtenido de http://www.evolocus.com/Textbooks/Altshuller2007.pdf

Beltran, M. (7 de 07 de 2014). *Slideshare*. Obtenido de Analisis del modo y efecto de falla amef: https://es.slideshare.net/milnortranj26/analisis-del-modo-y-efecto-de-falla-amef

Burggräf, P., Wagner, J., & Weißer, T. (april de 2020). Knowledge-based problem solving in physical product development: a methodological review. *Expert Systems with Applications: X, 5*, 100025. doi:https://doi.org/10.1016/j.eswax.2020.100025

Ekmekci, I., & Nebati, E. (2019). Triz Methodology and application. *Procedia Computer Science, 158*, 303-315. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.056

Espadaler, J. (1996). *Aplicación del QFD al Procés de Filatura de cotó*. Barcelona: Escuela de Ingenieros Industriales de Terrassa, Universidad Politécnica de Cataluña.

Grossi, A. (2001). *QFD*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

León Rovira, N. (2-4 de June de 2004). TRIZ: innovación estructurada para la solución de problemas y el desarrollo de productos: creatividad como una ciencia exacta. *Second LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Miami, Florida, USA: Latin American and Caribbean Consortium for Engineering Institutions. Obtenido de Index of /LACCEI2005-Cartagena/Presentations: http://www.laccei.org/LACCEI2005-Cartagena/Presentations/Tutorial_LeonRovira.pdf

LLevbare, I., Probert, D., & Phaal, R. (febrero de 2013). A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. *Technovation, 33*(2-3), 30-37. doi:https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.11.003

Marconi, J., & Marconi, W. (abril de 1998). *ARIZ: the algorithm for inventive problem solving*. Obtenido de Metodolog: https://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/1998/04/d/index.htm

Muñoz, M. A. (2014). La innovación es desarrollo. *La teoría para la solución de problemas de inventiva.* Colombia.

Nissan Mexicana & Bocar. (23 de abril de 2013). Cárter. *Cárter diésel*. Toluca, Estado de México, México: Nissan Mexicana.

Nissan Mexicana. (22 de abril de 2013). Análisis de punto de cambios cárter 2.5Lt diésel. Toluca, Estado de México, México: Nissan Mexicana.

Nissan Mexicana. (22 de abril de 2013). Análisis DRBFM cárter 2.5lt diésel. Toluca, Estado de México, México: Nissan Mexicana.

Nissan Mexicana. (23 de abril de 2013). Diagrama de flujo para análisis de cambios. Toluca, Estado de México, México: Nissan Mexicana.

Nissan Mexicana. (23 de abril de 2013). Diagrama de Goodman del cárter de aceite. Toluca, Estado de México, México: Nissan Mexicana.

Nissan Mexicana. (22 de abril de 2013). Diagrama de ubicacion del cárter de aceite a partir del Manual de servicio motor diésel NP300. Toluca, México, México.

Nissan Mexicana. (22 de abril de 2013). Diseño basado en la espiral de la innovación de Pedro Allan de 2008. Toluca, Mexico, Mexico.

Nissan Mexicana. (25 de julio de 2014). *Mexico.nissannews.com*. Obtenido de Nissan Motor Corporation, Sala de prensa oficial de México: https://mexico.nissannews.com/es-MX/releases/datos-clave-de-la-operacion-de-nissan-en-mexico

North American Die Casting Association (NACDA). (2015). *NADCA Product Specification Standards for Die Casting.* Arlington Heights, Illinois, US.: North American Die Casting Association.

Novelli, M. (2016). Formalización de la etapa conceptual en el diseño de artefactos: herramientas para gestion comunitaria del diseño. *VIII Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales.* Argentina: Universidad Nacional de la Plata, IPAF Región Pampeana (INTA). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57236/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quinteros, C., Razzo, J., & Solórzano, M. (2008). *Análisis y diseño de un modelo experimental de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sector industrial [Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero en Electricidad]*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/44555/D-83732.pdf?sequence=-1&isAllowed=y

Reyes, P. (5 de mayo de 2004). *Método TRIZ.* Obtenido de Doc.mx: https://xdoc.mx/documents/metodo-triz-5e72830468f0b

Shimizu, H., Otsuka, Y., & Noguchi, H. (2010). Design review based on failure mode to visualize reliability problems in the development stage of mechanical products. *International Journal of Vehicle Design, 53*(3), 149-165. doi:10.1504/IJVD.2010.033827

Shue, D., Chiu, M.-C., & Cayard, D. (august de 2020). The 7 pillars of TRIZ philosophies. *Computers & Industrial Engineering, 146*, 106572. doi:https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106572

Tiuc, D., & Draghici, G. (2016). TRIZ model used for complaint management in the automotive product development process. *Procedia: Social and Behavioral Sciences, 221*(june), 414-422. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.131

Tomiyama, T., & Gu, P. (2009). Design methodologies: industrial and educational applications. *CIRP Annals, 58*(2), 543-565. doi:https://doi.org/10.1016/j.cirp.2009.09.003