

TESIS DE MAESTRÍA

Ingeniería en Calidad

Título:

“Aplicación de bases y métodos de *Just In Time/Toyota Production System* en el proceso de desarrollo e implementación de ingeniería de producto automotor”

Autor: Ing. Pablo Rey

Director de Tesis: Mg. Ricardo Brunetti

Co Director de Tesis: Ing. Nicolás Schapchuk

Buenos Aires - 2020

DEDICATORIA

A mi abuela Aquilina. A mis abuelos Oscar y Mercedes. A mi padre Leonardo. A mi hija Isabella, esa niña por la que respiro y por quien lucho incansablemente.

AGRADECIMIENTOS

A mi compañera Jeanette, a mi madre Patricia, a mis hermanos, Laura, Rodrigo y Sebastián, por brindarme el apoyo necesario para poder concretar este trabajo. A mi padre Leonardo, quien en vida nos legó la honradez de la palabra.

A el equipo de Ford Argentina SCA, en general, y en especial a Pablo Agnolini, Javier Grasso y Jacinto Sasaki.

Al equipo de Producción de Ford del que fui parte y con el que encontré una de las disciplinas con las que más satisfecho me he sentido.

Al equipo de trabajo de Ingeniería de Producto de Ford al cual pertenezco hace 5 años, y uno muy especial a mi equipo actual dentro del área, TVM.

A los directores de esta tesis, Ing. Ricardo Brunetti e Ing. Nicolás Schapchuk, por aceptar este desafío y por el consejo brindado.

Al director de la carrera Ing. Jorge López, quién en me facilitó los medios para concretar este proyecto en un momento muy difícil.

RESEÑA DEL DOCUMENTO

Este trabajo describe la aplicación de los conceptos que conforman el sistema de desarrollo de producto de Toyota y de los conceptos de los sistemas de producción de manufactura y teoría general de los sistemas, a las prácticas llevadas a cabo en áreas de Ingeniería de Producto regionales en compañías automotrices.

Se brinda una descripción de la industria automotriz regional, los antecedentes y las justificaciones de este estudio, así como también de cada uno de estos sistemas hoy existentes en la industria. Se evalúa la adaptación de los mismos en función de las relaciones con las tareas efectuadas en ingeniería de producto en plantas automotrices. El objetivo es lograr la adaptación de estas herramientas y la integración dentro de un sistema de re-diseño, que otorgará las ventajas cualitativas necesarias en cuanto a las operaciones realizadas.

Finalmente, se expondrán los resultados de la aplicación de tales herramientas y sistemas, evaluando el impacto desde diversos puntos de vista, con vistas a satisfacer las expectativas de todas las partes interesadas involucradas en la problemática.

ABSTRACT

This study describes the application of the concepts constitutive of Toyota product development system, and the concepts of the manufacturing production systems and general theory of systems, to the activities developed by areas such as regional product design in automotive companies.

The document consists of a description of regional automotive industries, the background and justification of this study, including each system currently used in this industry. It evaluates the adaptation of their characteristics on the tasks performed by product engineering at automotive industrial facilities. The objective is to adapt this kind of tools and integrate them to a new re-design system, in order to achieve qualitative advantages for the overall operation.

Finally, the job exposes the results of the application of these tools and systems, evaluating the impact from different standpoints, with the purpose satisfy the interests of all involved stakeholders.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Presentación de la temática	1
1.1.1 Contexto de la industria actual	3
1.1.2 Contexto de negocio actual	5
1.2 Problemática que tratar	6
1.1.2 Ejemplos de esta problemática.....	7
1.3 Definición de la herramienta.....	8
1.4 Antecedentes	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Justificación.....	11
2.2 JIT: Bases y principios de aplicación	14
2.2.1 Igualar la oferta y la demanda.....	15
2.2.2 Eliminar desperdicios.....	15
2.2.3 Proceso continuo.....	15
2.2.4 Mejora continua	15
2.2.5 Eliminar la sobreproducción.....	16
2.2.6 Planificación de la demanda	16
2.2.7 El hombre como sujeto del proceso.	16
2.3 Implementación del JIT en las plantas de manufactura japonesas	16
2.4 Teoría del <i>Toyota Production System</i>	18
2.4.1 Tipos de desperdicios.....	18
2.4.2 Proceso de eliminación de desperdicios para la reducción de costos	20
2.4.3 <i>Kanban</i>	23
2.4.4 Regularización del flujo productivo.....	25
2.4.5 Acortamiento de tiempos de ciclo.....	27
2.4.6 Estandarización de tareas	31
2.4.7 <i>Layout</i> y obreros multicalificados para mejorar tiempos de producción	33
2.4.8 Actividades de mejora continua.....	36
2.4.9 Control visual del sistema	37
2.4.10 Gerenciamiento del sistema.....	38
2.5 Estudio de sistemas de desarrollo de producto.....	39
2.5.1 Proceso general de diseño y lanzamiento de un producto automotriz	39
2.5.2 Pasos del proceso de diseño en ingeniería de producto	43
2.5.3 Herramientas de diseño de producto en la industria automotriz.....	45
2.6 Análisis de las tareas de Ingeniería de Producto en plantas productivas.....	51
2.7 Descripción de cada una de las tareas de rediseño	53
2.8 Problemas habituales en las áreas de Ingeniería de Producto en plantas productivas.....	60

2.9 Principios del <i>Just in Time</i> en las herramientas de desarrollo de producto	61
2.10 Desarrollo de principios del TPDS	63
2.10.1 Establecimiento de la definición de valor agregado desde el punto de vista del cliente y separación del valor agregado de desperdicio	63
2.10.2 Generación de alternativas de desarrollo de producto desde el inicio del proceso	65
2.10.3 Crear un flujo equilibrado en el proceso de diseño de producto	68
2.10.4 Utilización de estandarización rigurosa para reducir la variabilidad y producir flexibilidad y resultados predecibles	73
2.10.5 Desarrollar un sistema de jefes de Ingeniería para integrar el desarrollo de producto de principio a fin	75
2.10.6 Organizar el sistema para balancear el <i>expertise</i> funcional y la integración transversal	77
2.10.7 Desarrollar a todos los ingenieros en la competencia técnica	81
2.10.8 Integrar a los proveedores en el sistema de desarrollo de producto	85
2.10.9 Construir el sistema dentro del aprendizaje y la mejora continua	89
2.10.10 Construir una cultura para mantener la excelencia y buscar incansablemente la mejora	92
2.10.11 Adaptar la tecnología para que se ajuste a la gente y a los procesos	96
2.10.12 Alinear la organización a través de la comunicación visual y simple	100
2.10.13 Utilizar herramientas poderosas para la estandarización y el aprendizaje organizacional	104
2.11 Mapa de procesos y funcionamiento de la teoría general de los sistemas aplicados a los sistemas de producción	108
2.12 Utilización de los documentos	112
2.12.1 Gerenciamiento visual	114
2.12.2 Trabajo estandarizado	115
2.12.3 Mejora continua	116
2.12.4 Confirmación de procesos	116
2.12.5 Mantenimiento predictivo y preventivo	117
2.12.6 Cambios rápidos de herramientas. SMED	118
2.12.7 Mapeo de procesos	118
2.12.8 Andon	118
2.12.9 A prueba de errores (<i>poka yoke</i>)	118
2.12.10 Análisis metódico de estaciones de trabajo	118
2.12.11 Tableros de balanceo de carga laboral	119
2.12.12 Hojas de análisis de capacidad	119
2.12.13 Hojas de análisis de trabajo	119
2.12.14 <i>Lean layout</i>	119
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	121
3.1 Objetivo primario	121

3.2 Impactos	121
3.3 Hipótesis de trabajo	122
3.4 Criterios de éxito y evaluación de la herramienta	122
3.5 Metas establecidas para la aplicación del sistema.....	125
CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN PROPUESTA.....	127
4.1 Establecimiento y fundamentación de la solución	127
4.2 Particularidades sobre la confección del sistema de desarrollo de producto, la descripción general de tareas y la aplicación en un sistema formal.....	127
4.3 Generación de las herramientas de gestión de procesos dentro de las áreas de Ingeniería de Producto en planta (primera etapa).....	128
4.4 Descripción de las tareas en el ambiente de desarrollo de producto (segunda etapa)	141
4.5 Agrupación de actividades (tercera etapa).....	150
4.6 Gestión visual del sistema.....	152
4.7 Despliegue y evaluación de la herramienta.....	154
4.8 Guía de uso y aplicación	155
4.9 Implementación de la solución.....	163
CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	165
5.1 Resultados obtenidos	165
5.1.1 Resumen ejecutivo de resultados.....	165
5.1.2 Resultados de revisiones de diseño.....	165
5.1.3 Reducción del tiempo de liberación de documentos de ingeniería.....	170
5.1.4 Identificación de mejoras adicionales	171
5.2 Actividades pendientes de implementación	172
5.3 Dificultades encontradas	173
5.4 Aspectos positivos	174
5.5 Aporte generado	175
5.6 Conclusiones	175
5.7 Futuras líneas de trabajo	176
ANEXO 1: Design Review Based on Failure Mode to Visualize Reliability Problems in the Development Stage of Mechanical Products.....	179
ANEXO 2: Resolución 15/2019	197
ANEXO 3: Design Structure Matrix.....	201
ANEXO 4: Bill of Material, Bill of Process, Bill of Design.....	203
ANEXO 5: Toyota New Global Architecture	209
BIBLIOGRAFÍA	217
WEBGRAFÍA.....	221

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación de proveedores en función de la capacidad de desarrollo de producto....	5
Tabla 2.1. Escalabilidad de cambios.	48
Tabla 2.2. Escalabilidad de cambios actual.	49
Tabla 2.3. Relación entre las actividades de Ingeniería de Producto y la categoría de trabajo a la cual se relaciona.	54
Tabla 2.4. Diferencias culturales entre el modelo de desarrollo de producto de Toyota y el occidental.	94
Tabla 2.5. Matriz de decisión.	108
Tabla 3.1. Metas establecidas para los criterios de evaluación de la herramienta.	126
Tabla 4.1. Matriz de diseño de estructuras para el sistema propuesto.	137
Tabla 4.2. Ejemplos de muda en el área de Ingeniería de Producto.	138
Tabla 4.3. Acciones comunes a cada actividad en áreas de rediseño.	150
Tabla 4.4. Implementación de actividades y análisis de factibilidad.	164
Tabla 5.1. Resumen ejecutivo de resultados	165
Tabla 5.2. Impacto de los factores externos a la implementación de la solución en los resultados monetarios	167
Tabla 5.3. Impacto de los factores externos a la implementación de la solución en la eficiencia de las acciones de desarrollo.	170
Tabla 5.4. Cronograma de implementación final del sistema.	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. División de fabricantes en la industria automotriz y sus respectivas marcas.....	3
Figura 2.1. Relaciones entre costos de producto, actividades de mejora en las plantas y el uso de actividades de mejora en desarrollo de producto	12
Figura 2.2. Origen de la generación de desperdicios en la manufactura	21
Figura 2.3. Administración de los recursos bajo el sistema de manufactura esbelto	22
Figura 2.4. Esquema de funcionamiento del <i>Kanban</i>	25
Figura 2.5. Principio de funcionamiento de la manufactura flexible	27
Figura 2.6. Acortamiento del tiempo de ciclo.....	29
Figura 2.7. Pasos en la reducción del tiempo de <i>setup</i> de máquina.	31
Figura 2.8. Mapa de procesos de producción estandarizado	32
Figura 2.9. <i>Layout</i> flexible en forma de U.....	34
Figura 2.10. <i>Layout</i> flexible con aplicación de <i>shojinka</i>	34
Figura 2.11. Hoja de plan de entrenamiento.	35
Figura 2.12. Esquema de parámetros de mantenimiento de equipos MTTF, MTTD, MTTR y MTBF.	38
Figura 2.13. Mapa de proceso generado a partir del proceso <i>de Strategic Development de Global Product Development System & TPDS</i>	40
Figura 2.14. Proceso de diseño, validación y puesta en producción de un producto.....	46
Figura 2.15. Proceso de diseño de sistemas y componentes.....	47
Figura 2.16. División de desarrollo de producto en función de los sistemas, subsistemas y componentes.....	48
Figura 2.17. Pasos para el proceso de desarrollo, validación y puesta en producción de un producto nuevo bajo el <i>Global Product Development System</i>	50
Figura 2.18. Componentes principales de un sistema de desarrollo de producto esbelto	62
Figura 2.19. Carga de trabajo en un proyecto de desarrollo de producto.....	70
Figura 2.20. Características de un <i>chief engineer</i>	76
Figura 2.21. Organización de trabajo y división de tareas en un área de desarrollo de producto..	79
Figura 2.22. Modelo de A3, primera hoja.....	102
Figura 2.23. Modelo de A3, segunda hoja	102
Figura 2.24. Modelo de A3, tercera hoja	103
Figura 2.25. Curva de <i>trade-off</i> para evaluar el ruido en un sistema de escape	105
Figura 2.26. Comparación de consumo de combustible, autonomía y velocidad final entre automóviles de distintas marcas.	106
Figura 2.27. Relación entre entradas, procesos y salidas de un sistema de producción.....	109
Figura 2.28. Tablero de trabajo con entradas, procesos y salidas identificados	111
Figura 3.1. Aplicación de mejoras de calidad en función del flujo de materia prima y producto terminado	123

Figura 4.1. Niveles de análisis para el sistema propuesto	127
Figura 4.2. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para mejoras de calidad.....	129
Figura 4.3. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para mejoras de costo.....	130
Figura 4.4. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para mejoras de ventas.....	130
Figura 4.5. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para problemas de flujo de producción.	131
Figura 4.6. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para homologaciones	132
Figura 4.7. Identificación de los factores de cambio dentro del sistema de producción.....	134
Figura 4.8. Esquema de tablero de control para las actividades de rediseño	135
Figura 4.9. Esquema de actividades de desarrollo de producto para la validación de cambios provenientes de centros de diseños	142
Figura 4.10. Esquema de actividades de desarrollo de producto para cambios de proveedores y modificaciones en sus instalaciones.....	143
Figura 4.11. Esquema de actividades de desarrollo de producto para cambios de <i>layout</i> y maquinarias en proveedores	144
Figura 4.12. Diagrama de resolución de problemas para reclamos de garantía en función del origen.....	144
Figura 4.13. Diagrama de resolución de problemas para reclamos de funcionalidad	146
Figura 4.14. Diagrama de implementación de ideas de reducción de costo.....	147
Figura 4.15. Secuencia de actividades para definición de cambios de producto en función de nuevos mercados	149
Figura 4.16. Mapa de proceso de las actividades ordenadas	153
Figura 4.17. Esquema de tablero de control para las actividades de rediseño	154
Figura 4.18. Hoja de seguimiento de análisis de piezas.....	156
Figura 4.19. Hoja de seguimiento de revisiones de diseño	157
Figura 4.20. Hoja de seguimiento de <i>benchmarking</i>	158
Figura 4.21. Hoja de seguimiento de liberación de documentos de ingeniería	159
Figura 4.22. Hoja de seguimiento de desarrollo de piezas en proveedores.....	160
Figura 4.23. Hoja de seguimiento de confección de <i>brochures</i>	161
Figura 4.24. Hoja de seguimiento de entrenamientos de miembros del equipo de desarrollo de producto.....	162
Figura 5.1. Comparativa de gastos por acciones de calidad y acciones de reducción de costos.	166
Figura 5.2. Evolución de la cantidad de acciones a lo largo del tiempo	168
Figura 5.3. Comparativa de costo y ahorro relativo de cada acción	169
Figura 5.4. Disminución de la media de procesamiento de liberación de documentos de ingeniería	171

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación de la temática

La industria automotriz ha sufrido, a lo largo de las décadas, diversos tipos de revoluciones, a partir de readaptaciones de conceptos fabriles y de productos de los más diversos. Podemos citar eventos y procesos que han acaecido desde que se ha iniciado la historia automotriz, tales como el descubrimiento del concepto de un vehículo impulsado por energías termoquímicas (máquinas de vapor, elementos de combustión y otro tipo de fuentes que han sido la piedra fundamental de la industria)¹. Durante el siglo XX, se impulsó el consumo masivo de automóviles para responder a la creciente demanda de países industrializados frente a las necesidades cada vez más exigentes que se daban en la época. Fue allí cuando tomó relevancia Henry Ford, que fue el primero en idear el concepto de línea de producción (que luego formaría parte del método de trabajo de la gran mayoría de las industrias de consumo masivo, no solo la automotriz²). La capacidad de poder entregar elevados volúmenes productivos puso en marcha una serie de industrias que debieron estar a la altura de las circunstancias, las cuales, a su vez, debieron romper determinadas barreras tecnológicas.

Con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, las fábricas que se dedicaban a la manufactura de vehículos de uso civil y comercial debieron reconvertirse para poder abastecer a la industria bélica.³ Esto generó conceptos nuevos de ingeniería industrial, ya que proponía no solo un tipo de fábrica rígida en sus procesos, que hasta el momento era lo usual, sino aquellas donde las instalaciones pudieran modificarse en función de la demanda cambiante de la manera más eficiente posible.

Concluido el evento bélico, hubo naciones que se encontraban con su economía en bancarrota, como fueron los casos de Japón y Alemania en conjunto con otros países que habían participado en el conflicto. Para poder salir adelante como economías pujantes, debían procurar un uso apropiado de los recursos con los que contaban. Eso derivó en la creación de diversos elementos sistémicos de calidad, apuntando a la correcta ejecución de planes de acción de todo tipo, como así también la tendencia de minimizar los desperdicios. Joseph Jurán o William Edwards Deming⁴ son algunos de los hombres clave que participaron en el desarrollo de estos conceptos y, a su vez,

¹ Bilbao, L y Lanza, R. (2010) Historia económica. Universidad Autónoma de Madrid. Capítulo 5, página 155.

²Binder, Alan (2018, 02 de agosto), *Automotive Industry*. Londres, Reino Unido: *Encyclopedia Britannica Inc.* <https://global.britannica.com/technology/automotive-industry>

³ Ídem anterior.

⁴ Es considerado el padre de la calidad en los ambientes académicos y empresariales.

están asociados al crecimiento de economías que otrora estaban devastadas (como es el caso de Japón). Esto trajo, a su vez, la creación de elementos de calidad como el *total quality management* (TQM, por sus siglas en inglés)⁵ o los primeros bocetos del *Toyota Production System* (TPS), siempre orientados a atender las necesidades de los clientes y la eliminación de desperdicios.

Esta metodología de manufactura se sostuvo a lo largo de dos décadas hasta que, en la década de 1970, debido a la crisis del petróleo que acaecía en Occidente, las automotrices se vieron obligadas a racionalizar los consumos de combustible que los automóviles que ellos mismos fabricaban demandaban⁶. Por lo tanto, se desarrollaron conceptos de vehículos más livianos, eficientes y de mayor autonomía. Este impulso hacia una eficiencia energética obligó a abandonar conceptos como la tracción trasera para automóviles de uso diario o la reducción de peso de los vehículos (dos décadas atrás, un vehículo fabricado en los Estados Unidos pesaba en promedio alrededor de dos toneladas).

A partir de allí, debido a la naturaleza de los materiales que debieron comenzar a utilizarse (diferentes clases de acero y plásticos, principalmente), el *expertise*⁷ desarrollado en las automotrices se volvió obsoleto y estas debieron recurrir a nuevos socios que proveyeran no solo el conocimiento de los materiales, sino también la producción de muchos de esos conjuntos que no eran inicialmente producidos por las automotrices.

Una de las últimas fronteras de la manufactura automotriz existente hasta nuestros días fue la que se creó en la década del 90. La competencia generada por los grandes países que habían abandonado el comunismo (como es el caso de Rusia y de los países que se crearon poscomunismo), sumado a la apertura hacia el mundo capitalista de naciones como China, creó un nicho productivo de amplísimo volumen para productos manufacturados de gran valor agregado, a un costo mucho menor que los existentes en Occidente (que abarcan los principios del diseño de vehículos, de tecnologías más simples y materiales de bajo costo, así como también los correspondientes a la mano de obra). A partir de allí, se generó una migración de muchas

⁵*Total Quality Management*: Gerenciamiento total de la calidad): Corresponde a los fundamentos básicos de gestión de la calidad, creados en 1950, utilizando conceptos de calidad enfocados al cliente. Aunque hoy es obsoleto, sentó las bases y los principios que luego utilizarían sistemas tales como *Six-Sigma*, enfocados mayoritariamente en herramientas estadísticas, aunque no eran las únicas.

⁶ Se conocieron a estas normas con la sigla CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*). Fetherson, Éamonn; Kinzler, Michael; Miller, Shelie (2018) *Assembling our transportation Future*. Michigan, Estados Unidos: *The regents of the University of Michigan*. <https://www.learnkala.com/cases/model-t/10>

⁷*Expertise*: Se refiere al conocimiento en determinada ciencia o disciplina y la capacidad de aplicación de una determinada persona u organización.

compañías de la industria que comenzaron a abastecerse de productos semielaborados y componentes de origen oriental, y llegaron a crear estructuras internas muy complejas.

Es evidente que, en función de cómo ha evolucionado la industria automotriz desde su creación—y, más aún, en los últimos cuarenta años—, ha ido migrando el concepto de calidad, tanto en su definición como en el de la conformidad de cliente en función de las necesidades impuestas, ya sea por el deseo o por el contexto económico. Asimismo, el concepto de fiabilidad también ha tomado otra dimensión, ya que la aceptación de nuevos productos o tecnologías se da en función del grado de cumplimiento de este requisito.

1.1.1 Contexto de la industria actual. Hoy en día, en parte por la globalización de la industria y en parte por la incorporación de conceptos de manufactura flexible, el parque de fabricantes automotrices se divide de la siguiente manera:



Figura 1.1. División de fabricantes en la industria automotriz y sus respectivas marcas⁸.

⁸ Zhan, Benjamin; Gould, Skye (2017, 2 de mayo). *These 14 giants corporations dominate the global auto industry*. New York, Estados Unidos: *Business Insider*. <https://amp.businessinsider.com/car-companies-of-the-world-2017-4>

Si bien en este cuadro se resume el 90 % de las marcas a nivel mundial —controladas solo por catorce grupos (y en un contexto financiero cambiante, donde la última novedad fue la fusión entre Renault y el grupo PSA)—, existen otros fabricantes independientes, en general, de vehículos exclusivos, que no están mencionados en este cuadro, pero bien vale aclarar que muchos de los componentes que utilizan son manufacturados por estas compañías.

Algunas aclaraciones respecto a estos grupos. Corresponden, en su totalidad, a compañías multinacionales que tienen operaciones en los cinco continentes. En la región del Mercosur, con capacidad de fabricación instalada, están ubicadas las siguientes:

- PSA Group (produce Peugeot y Citroën, e importa la marca DS)
- Volkswagen Group (produce VW e importa Audi, Porsche y Seat)
- GM (produce Chevrolet)
- Ford Motor Company (produce Ford)
- Honda (produce Honda)
- Daimler (produce Mercedes Benz y Smart)
- Toyota (produce Toyota)
- Renault (produce Renault y algunos productos de la marca Dacia que comercializa bajo el nombre de Renault y también produce la pick up Nissan)
- Hyundai (produce para la marca en San Pablo)
- Nissan (produce Nissan)
- Fiat Chrysler (produce Fiat, IVECO e importa Chrysler)
- Saab (produce camiones Scania en Brasil y autopartes en Argentina)

La conformación de los proveedores de la industria viene dada, principalmente, por su capacidad de diseñar, calcular, probar y producir un determinado sistema dentro de un vehículo. En función de que esta capacidad disminuya en un proveedor, toma otra calificación. Así, en principio, se pueden dividir de la siguiente manera, según la tabla 1.1:

	Contractual	Consultativo	Maduro	Socio
Responsabilidad de diseño	Cliente	Diseño conjunto	Proveedor	Proveedor
Complejidad de producto	Piezas simples	Ensamblajes simples	Ensamblajes complejos	Subsistema completo
Entrega de especificaciones de cliente	Diseño completo o piezas de catálogos	Especificaciones detalladas	Especificaciones críticas	Concepto
Influencia del proveedor en las especificaciones	Ninguna	Tiene capacidades de influir	Negociables	Colaborador

Momento de involucramiento del proveedor en el proyecto	Etapa de prototipos	Posconcepto	Concepto	Preconcepto
Responsabilidad de prueba de los componentes	Cliente	Pocos ensayos	Conjunta	Proveedor
Desarrollo de capacidades del proveedor	Pequeña	Significativa	Fuerte	Propia

Tabla 1.1. Clasificación de proveedores en función de la capacidad de desarrollo de producto⁹.

Así, partiendo desde proveedores sistémicos que pueden desarrollar sistemas completos de un vehículo¹⁰, se llega a proveedores de componentes de bajo valor agregado.

Desde el punto de vista financiero, sucede algo similar a lo que sucede con las compañías automotrices. Tenemos el ejemplo de la familia de empresas creadas por Ford (Visteon, Lear o Philco), PSA (Faurecia) o Toyota (Toyota Boshoku), aunque el nicho de proveedores multinacionales no corresponde solo a ellos.

También están los proveedores globales, que algunas de sus divisiones de negocio son de la industria automotriz, como es el caso de BASF, Bosch, 3M o Henkel.

En tercer lugar, están los proveedores multinacionales exclusivos en la industria para determinados tipos de componentes, como lo son Brembo (proveedores de frenos) o SKF (rodamientos).

Por último, regionalmente, se suelen incorporar otros proveedores, los cuales, generalmente, son compañías de capitales locales que producirán aquello que por cuestiones estratégicas, económicas o de logística, no resulta conveniente importar de países centrales.

1.1.2 Contexto de negocio actual. Hoy en día, la industria se encuentra enfocada en lo que se presenta como el nuevo desafío de movilidad. El *carpooling*¹¹, *car-sharing*¹², las aplicaciones de transporte comunitario (Uber, Cabify) y la transformación de productos en nuevas plataformas

⁹ Kamath, R.; Liker, J. (1994). *A second look at Japanese Product Development*. Harvard Business Review. Edición de noviembre-diciembre de 1994, pp.154-173.

¹⁰ Se entiende por *sistema* a todos los elementos que conforman un vehículo, partiendo de cinco elementos (chasis, sistemas eléctricos, conjunto de motor y transmisión, sistemas de interiores y sistemas de exteriores). A su vez, estos sistemas estarán compuestos por otros subsistemas, hasta llegar a los componentes individuales.

¹¹ *Carpooling*: Modalidad de transporte donde el dueño de un vehículo particular lo pone a disposición de un determinado grupo para solucionar los problemas de movilidad de este.

¹² *Car-sharing*: Modalidad de transporte donde el dueño de un vehículo particular lo alquila a un determinado grupo o individuo con determinadas condiciones. Los períodos de alquiler generalmente son de algunas horas o hasta un día. A diferencia del *carpooling*, el dueño del vehículo no está incluido dentro de los usuarios del vehículo.

unificadas —que priorizan el uso eficiente de un vehículo, como así también la ampliación de segmentos de mercado y la creación de otros nuevos— obligan a las compañías a buscar nuevos socios estratégicos dentro del rubro, en una diversificación de negocios que ha de ir creándose.

Por una parte, el paradigma tecnológico está migrando fuertemente a energías renovables, cambiando los sistemas motrices comúnmente utilizados en el último siglo a trenes motrices eléctricos. Esto se suma, a su vez, al desarrollo de tecnologías de conducción autónoma, donde se prescinde del conductor, automatizando el tránsito en los centros urbanos con la finalidad de disminuir congestiones y mejorar los tiempos de desplazamiento en las urbes¹³.

Por otra parte, debido a la nueva revolución tecnológica que tiene cada vez mayor incidencia en el rubro, la demanda de profesionales en la industria tiene un foco muy importante en habilidades blandas (gestión cognitiva, negociación o manejo de relaciones son algunos ejemplos). Sin embargo, sigue siendo importante el desarrollo de habilidades técnicas de diversa índole (como la manufactura integrada, el desarrollo de materiales y de producto), ya que el contexto de cambio no da lugar a que dichas disciplinas sean abandonadas. Este equilibrio entre diferentes habilidades es un nuevo desafío para las compañías que integran este rubro, que deberán contar con herramientas de gestión gerencial que faciliten tanto el desarrollo como la aplicación de estas habilidades, que no son ya un arma complementaria, sino necesaria para el éxito en el nuevo entorno.

1.2 Problemática que tratar

Al momento de hablar de las principales características que influyen en la elección de uno u otro vehículo por parte de un cliente, surgen diversos factores que este considera importantes cuando hace una compra. Las características de estos factores no siguen un patrón global. Son diferentes dependiendo del país o mercado del que se solicite esta información y, en general, hay un componente muy marcado entre el subjetivismo y la economía.¹⁴

Al establecer aquellas variables de control por parte de las compañías para poder mejorar la posición de un producto en el mercado, surgen características directamente ligadas a los factores económicos y financieros (el precio del producto y la posibilidad de financiación son algunos ejemplos), mientras que otras están atadas directamente al producto. Por ejemplo, son relevantes las garantías, la fiabilidad, los consumos de combustible, el diseño o el confort de marcha, dependiendo del tipo de cliente que consultemos. Al ser estas características cuestiones

¹³ Equipo IA (2015, 05 de junio). *La transición a los vehículos autónomos*. Madrid: Observatorio IA. <https://observatorio-ia.com/la-transicion-los-vehiculos-autonomos>

¹⁴ Armstrong, Gary.; Kotler, Phillip. (2013). *Fundamentos de marketing*, México, Pearson, 1ra edición, Capítulo 2, página 96.

estrechamente ligadas al desarrollo del producto, cobra una relevancia significativa dicha área dentro de la capacidad de generar ingresos en una compañía automotriz.

Viéndolo desde otra perspectiva ya descrita en la literatura de *lean manufacturing*¹⁵, se puede mejorar el precio de los productos conservando el margen de ganancias y reduciendo los costos. Aunque puede parecer trivial, las áreas de Ingeniería de Producto resultan vitales para lograr desarrollar diseños que estén dentro de un margen de costos limitado, pudiendo de esta forma colaborar nuevamente con el incremento de las ganancias y la sostenibilidad de las ventas¹⁶.

En consecuencia, las áreas de Desarrollo de Producto, a diferencia de las de Manufactura, se apuntalan en que pueden influir en dos tipos de factores clave para el cliente, hecho que las convierte en un actor privilegiado a la hora de tomar acciones que provoquen incrementos en las ventas y participación en los mercados.

Aunque en la actualidad se puede conseguir bibliografía sobre diseño y desarrollo de productos, esta versa, principalmente, sobre las actividades de concepción de producto, fases de definiciones, prueba y comercialización. No es del todo común encontrar material respecto a lo que un producto debe atender una vez que está en el mercado.

Si bien cada compañía tiene definidas las actividades de desarrollo de producto una vez que este es producido en serie, dichas actividades no tienen el mismo nivel de atención y recursos que aquellas que corresponden a productos nuevos. También, estas funciones suelen ser compartidas entre diversas instalaciones (los centros de diseño de producto, que cuentan con los ingenieros que han desarrollado la plataforma, y los ingenieros de producto en las plantas de fabricación, que están en contacto con la planta y con los clientes finales), lo cual incorpora a nuevos actores dentro de la operación.¹⁷

1.2.1 Ejemplos de esta problemática. Normalmente, las consideraciones que un responsable de desarrollo de un producto toma en cuenta, inicialmente, son las de diseñar un vehículo que cumpla con los requisitos del cliente, dejando de lado determinados factores puntuales para cada planta (por ejemplo, la elección de un determinado grado de acero para una pieza por cuestiones de seguridad podría hacer que este deba importarse en el momento de iniciar la producción en una

¹⁵O *manufactura esbelta*, por su traducción al español, se refiere al conjunto de actividades orientadas a la eliminación de desperdicios y mejoras en la operatividad de una planta con el fin de mejorar el ambiente laboral y reducir los costos.

¹⁶ Liker, Jeffrey; Morgan, James (2006). *The Toyota Product Development System*, Florida, CRC Press, 1ª Edición. Capítulo 1, página 3.

¹⁷ Basado en la experiencia del autor y las prácticas comunes de la industria.

planta). Aunque, quizás, el ejemplo más evidente de la existencia de una problemática de rediseño de producto se encuentre en el siguiente caso:

Reclamos de garantía de motores nafteros en el mercado mexicano¹⁸: La planta en cuestión, fabrica *pick-ups* para el Mercosur, países de Sudamérica y México. Las motorizaciones comercializadas abarcan el uso de motores de nafta y diésel (en dos diferentes versiones). El mercado mexicano era, entre el 2013 y el 2106, el principal cliente de las *pick-ups* nafteras, motores que, por cuestiones de mercado, eran fabricados y ensamblados en México, montados en Argentina y enviados nuevamente a su país de origen. Desde junio de 2015, el departamento de servicios de México le reclamaba al centro de ingeniería (quien tiene la responsabilidad por el diseño en vehículos de producción) por la rotura de un cable en un sensor de combustible. Dicho sensor se montaba en el sistema de canister del vehículo, el cual, por cuestiones de homologaciones, retornaba el vapor del combustible al circuito de inyección. Este problema provocaba que la válvula de retorno de gases, operada por intermedio de un solenoide, no se activara y produjera la acumulación de gases con el peligro de generar una fuga de vapores de combustible. La interfaz con el usuario era simplemente encender un *check* de motor averiado en el tablero, el cual indicaba que debía llevar el vehículo al servicio. Ante este reclamo, que se habló con el centro de desarrollo en el extranjero, se obtuvo un rediseño del producto (el agregado de elementos de sujeción del cable para evitar que este entrara en frecuencia de estrés y se dañara) luego de un año del reclamo original. Esto sumó alrededor de doscientos cincuenta vehículos fehacientemente afectados.

La implementación del nuevo diseño se consiguió con el proveedor del cable (en México) en septiembre de 2016 (un año y tres meses luego del reclamo original). Cuando se realizó el instructivo de reparación para las unidades ya producidas, Ingeniería de Servicios (un área que trabaja orientada al soporte de talleres de servicios de reparación y mantenimiento, generalmente, instaladas en concesionarias) envió un instructivo realizado por el centro de diseño foráneo con fecha de agosto de 2015, donde se describían exactamente las mismas acciones.

1.3 Definición de la herramienta

Con lo expresado hasta aquí, surge la problemática sobre la cual versa el presente trabajo: cómo lograr mantener la calidad y los costos de un producto que fue proyectado para cumplir con determinadas características en un ambiente dinámico donde se incluyen otros factores regionales, económicos, estratégicos y culturales, y que no fueron contemplados al momento de diseñarlo. Cómo lograr una integración total de las necesidades de todas las partes interesadas en las actividades de rediseño y poder cumplirlas en tiempo y forma establecidos.

¹⁸ Ejemplo basado en la experiencia del autor.

Para ello, es una buena práctica analizar, en la historia automotriz, cómo se han encarado los problemas de índole similar—o incluso en otras industrias—, a fin de contar con una idea más cercana de las herramientas actualmente en uso en la industria y cómo reutilizarlas para lograr la excelencia en el desempeño.

Puede ser conveniente analizar a quienes han tenido un éxito destacado en los últimos años y han logrado colocarse como una de las más grandes a nivel mundial. En este caso particular, Toyota hoy es la número uno dentro de la industria. La implementación de sistemas tales como el *Just in Time*¹⁹ (filosofía de “justo a tiempo”) o sistemas de producción ordenados, como el *Toyota Production System*, le han dado la ventaja competitiva debido a que se orientan a la eliminación de desperdicios, optimización de procesos y la mejora continua.²⁰

Sin embargo, debido al reordenamiento de la economía (el surgimiento de China como competencia directa en el desarrollo tecnológico, el cambio de paradigma tecnológico y la orientación a productos de manejo autónomo) sumado a la globalización y a la mejora en las comunicaciones, las compañías (a excepción de Toyota) parecen haberse detenido solo en la mejora de los procesos de manufactura o en el piso de trabajo (*gemba*, en japonés).

Aquellas compañías que logren sobrepasar la última barrera de la manufactura esbelta y logren pensar en procesos ordenados de forma tal que la organización se alinee con propósitos determinados serán quienes puedan triunfar en este marco.

A estos fines, la creación de una herramienta de rediseño de producto que opere por indicadores clave, ordene los procesos núcleo y sistematice la obtención de información es vital para lograr la ventaja organizacional y, por ende, un mayor impacto en el beneficio de toda la sociedad.

1.4 Antecedentes

Podemos enunciar como antecedentes de esta herramienta las siguientes normas que tienen un carácter organizador dentro de los sistemas de calidad. Si bien dentro del despliegue de nuestra herramienta podremos tomar de las mismas, conceptos generales, no resulta conveniente su aplicación directa por el tipo de trabajo que se encara en esta tesis:

1. IATF 16949:2016: Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos para el sistema de gestión de la calidad en las organizaciones que fabrican piezas de producción y piezas de servicio en la industria automotriz.

¹⁹Justo a tiempo: es un concepto que se basa en el flujo continuo de producto, uno a uno, para evitar el *stock* y, por ende reducir, todos los desperdicios que ello conlleva.

²⁰Monden, Yashuhiro. (1994). *Toyota Production System*. Nueva York, Chapman & Hall, 2da Edición, Capítulo 1, Página 1.

2. QS 9000: Sistemas de gestión de calidad para la industria automotriz. Obsoleto desde que se lanzó la norma ISO/TS 16949 —también obsoleta—, no obstante, por sus conceptos, resultan aplicables a los efectos de esta tesis.
3. ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental (SGA). Requisitos con orientación para su uso.

A modo de resumen, y para comprender de una forma más clara cuáles son las aproximaciones que estos sistemas tienen con el desarrollo del producto, se identifica que su forma de operar, con el ciclo de Deming como proceso fundamental (*Plan-Do-Check-Act*)²¹, es lo que se utiliza en las fases de rediseño. Este principio de trabajo nos otorga también un ordenamiento en los puntos clave de gestión de nuestro sistema, donde debemos colocar las acciones iniciales de planeamiento (¿qué hacer?, ¿cómo resolverlo?) para pasar a las etapas de desarrollo (*molding*²², piezas prototipos), de validaciones (*PV Test*²³, funcionales de manufactura) y de implementaciones (puesta en producción de los proveedores).

Resulta conveniente mencionar que no solo estas normas organizan el trabajo dentro de las terminales automotrices y sus proveedoras, sino que, en general, se complementan con sistemas de gestión hechos *ad hoc* para cada uno de ellos²⁴. Estos sistemas de gestión deben ser parte de estos antecedentes y son variados, dependiendo de la empresa que forme parte de esta industria, aunque se encuentran denominadores comunes.

Por otro lado, toda la bibliografía relacionada con la manufactura esbelta, así como también aquella en relación con el desarrollo de producto, resulta por demás necesaria a los efectos de acompañar el análisis y la creación de esta herramienta con técnicas ya probadas y validadas que resultarán útiles no solo para este hecho, sino porque, actualmente, están incorporados en el lenguaje de estas compañías y, así, se evita introducir conceptos radicalmente distintos a los utilizados hoy en día.

²¹Conviene utilizar, en forma amplia, el mapa de proceso de la norma ISO/TS 16949:2009 inicialmente. *International Automotive Task Force*. (2009). ISO/TS 16949. Ginebra, Tercera Edición, página 9. International Standard Organization.

²²Moldeo: es una de las técnicas utilizadas para el desarrollo de las piezas de apariencia en el desarrollo de vehículo.

²³Prueba de producto: en general, se realiza en laboratorio, centro de evaluaciones o proveedores que analizarán determinadas características mediante ensayos destructivos y no destructivos, referidos en ocasiones a normas internacionales o a estándares de calidad internos de cada fabricante.

²⁴ Basado en la experiencia del autor y de las prácticas comunes de la industria.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Justificación

Las plantas industriales dedicadas a la producción automotriz son diseñadas, puestas en marcha y operadas, con base en el tipo de producto que deban fabricar²⁵. El desarrollo de producto es entonces, un factor de alto impacto en el destino de dichas plantas industriales y la razón por la que resulta la base del presente estudio. Este concepto de por sí, otorga a este elemento una decisiva importancia frente a cualquier otro factor.

A estar por su preponderancia, el desarrollo de producto resulta un elemento inseparable de todos los factores que hacen viable un negocio y por el cual se decide la producción de un determinado modelo o eventualmente, se cancela dicha decisión²⁶. Las implicancias de este punto son tales que el producto definirá la viabilidad de los modelos (un claro ejemplo son las familias de *pick-up* de la alianza Mercedes-Benz, Nissan y Renault, las cuales, por el tipo de producto que fabrican, terminaron declinando la producción de estas en la región; Nissan comercializa el modelo Frontier, y Renault el modelo Alaskan, ambos producidos en la región en la actualidad), entre otros, por factores macroeconómicos (aunque se puede separar esto último, ya que la versión de Mercedes-Benz fue discontinuada en el resto del mundo).

Si se analiza internamente, la optimización de las variables de operación de un negocio, las mismas vienen dadas también por varios factores. A saber:

- Tamaño de las plantas productivas
- Contenido de piezas locales contra contenido importado
- Cantidad de mano de obra directa e indirecta
- Costos de operación
- Margen de producto

Si bien los productos automotrices hoy en día vienen dirigidos por las estrategias de cada terminal —que desarrollan productos globales mientras que los centros de diseño trabajan para intentar obtener la mejor ecuación costo/beneficio—, siempre existirá una parte de la ingeniería de desarrollo de estos que será local, que se encontrará en las plantas de producción, a fin de soportar

²⁵ Orozco, E. y Cervera, J. (2013). Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos. Investigación e innovación en Ingenierías, Colombia.

²⁶ Basado en la experiencia del autor y en las prácticas comunes de la industria.

distintos procesos de mejora de la capacidad operativa y como un elemento que colaborará con la eficiencia de las plantas productivas.

Desde un simple problema de calidad en el producto, que no es fácilmente atribuible a una causa determinada, hasta una mejora en los costos de la materia prima y en la utilización de recursos en planta, las áreas de desarrollo de producto localizadas en las terminales se ocuparán de todo aquello relativo al producto. Si esta mejora, implicará un aumento en alguno de los indicadores clave del negocio.

Cabe mencionar que las ventajas competitivas frente a otras compañías, ya sea por poseer la capacidad de efectuar las mejoras necesarias no solo en las plantas productoras (por medio de elementos de mejora continua que se encuentran desarrolladas a lo largo de la industria), sino también a través de las actividades de desarrollo de producto, se verán incrementadas de manera exponencial. Esto puede ser observado en la figura 2.1:

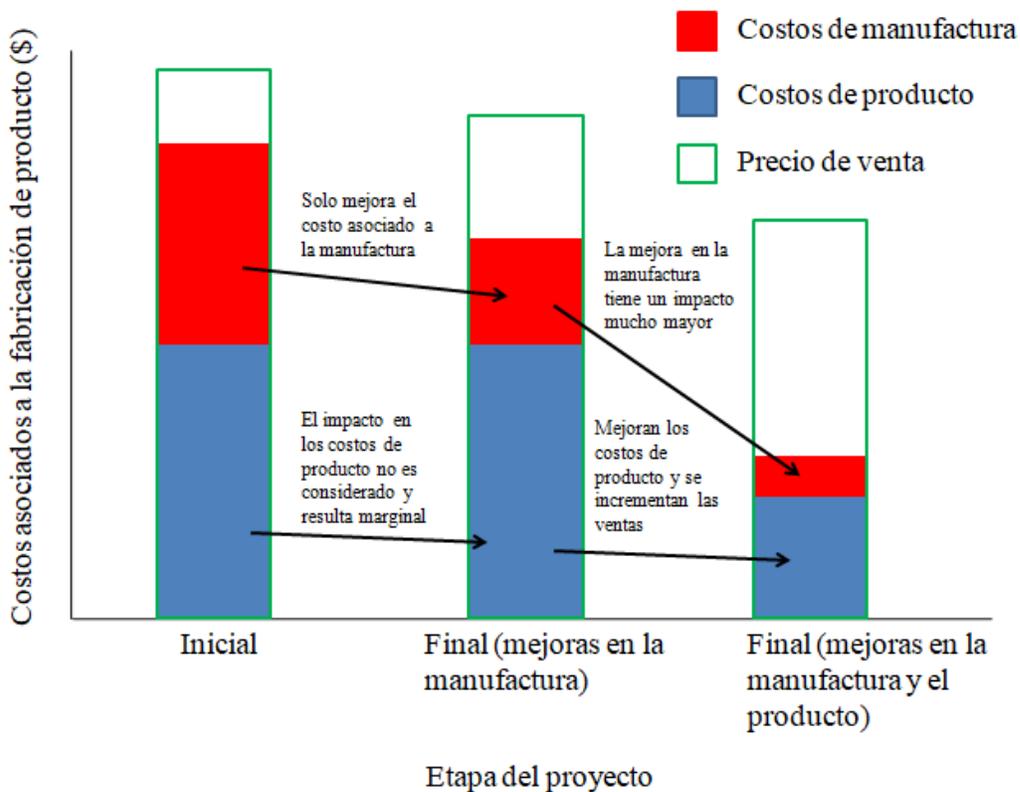


Figura 2.1. Relaciones entre costos de producto, actividades de mejora en las plantas y el uso de actividades de mejora en desarrollo de producto. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 1-10.

Por otra parte, es necesario mencionar los problemas que las áreas de Ingeniería de Producto suelen tener en las plantas productivas, a saber²⁷:

²⁷ Basado en la experiencia del autor.

- falta de conocimiento de los problemas de las plantas en relación con el producto;
- poca interacción entre los miembros de ingeniería de planta y de manufactura;
- revisiones tardías de proyectos, que llevan a tiempos de desarrollo de productos muy extensos;
- falta de integración de objetivos, esto es, si existe un ingeniero responsable por los indicadores de calidad y otro por los de costos, que las acciones sean tomadas independientemente uno del otro o, incluso, vayan en detrimento de sus objetivos en sí;
- pérdida de oportunidades de capitalización de cambios de producto, al manipularse los cambios de manera independiente;
- gastos innecesarios en evaluaciones ya realizadas;
- falta de nivelación de conocimientos técnicos entre los miembros del área.

Esta serie de problemas puede verse incrementada si se agrega una alta tasa de rotación de personal, poca estabilidad en el porfolio de productos de una compañía o incorporación de nuevas tecnologías. Sobre este último punto, hoy en día, la industria está atravesando una nueva revolución tecnológica²⁸, lo cual deriva en la necesidad de implementar herramientas de gestión de mejoras en las áreas de desarrollo de producto.

El impacto de estos problemas resulta por demás evidente dentro de los miembros que participan en la operación (proveedores y plantas de ensamble) y tiene su mayor impacto en el cliente final, lo que genera el peor de los contextos. Una imagen negativa de un producto (problemas graves de calidad y un alto coste de reparaciones sumado a un alto nivel de intervenciones del producto en servicio) acompañada de precios elevados marcarán el ciclo de vida²⁹ de un producto en una región. Los ejemplos más claros de productos que han subsistido a lo largo de décadas son productos que han sido virtuosos en cuanto a su confiabilidad y han sido ofrecidos a bajos costes (el último ícono que se ha mantenido vigente es el modelo Chevrolet Corsa).

Se deben comprender las necesidades que suelen darse en el Mercosur en cuanto a la oferta de productos y la capacidad de mantener un producto o una plataforma en producción luego de haber sido discontinuada en otros mercados a nivel mundial. Si bien la globalización les trajo a los usuarios la ventaja de poder adquirir los mismos productos en cualquier parte del globo, para

²⁸Schwab, Klaus (2016, 14 de enero). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. Ginebra, Suiza: *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

²⁹ En cuanto a los ciclos de vida de producto, son proyectados en función de las tecnologías utilizadas en el desarrollo del vehículo y de su pronóstico de ventas, el cual se irá ajustando a medida que el ciclo avanza. Si los pronósticos de ventas se cumplen, y el producto puede sostenerse por el plazo inicialmente estimado, su ciclo se cumplirá (con la salvedad de verse afectados por factores macroeconómicos, como puede ser la fluctuación del tipo de cambio o el incremento de precios de determinados *commodities*).

mercados emergentes, esto último resulta más difícil de mantener. Esto se debe al alto contenido de piezas importadas que un producto puede tener (y, dependiendo de esto, un producto puede ser considerado local o importado, con la consecuente aplicación de impuestos) sumado a los vaivenes económicos de cada mercado, lo que limita la capacidad de compra de los usuarios y, eventualmente, se perderá volumen de venta.

Para evitar que las compañías automotrices tengan que retirar de la oferta todos sus productos, es que algunas de ellas deciden mantener plataformas económicas en dichas regiones³⁰. También suele suceder, a menor escala, que desarrollan productos directamente para una región (como el caso de la Ford EcoSport, que se diseñó en Brasil), y que, por el éxito que tiene, hoy en día se producen a nivel global. Debido a esto, es menester contar con áreas estables abocadas al desarrollo de productos, pudiendo conservar esta capacidad como elemento estratégico para mantener distintas líneas de producto en cada región.

2.2 JIT: bases y principios de aplicación

Hacia la década del 50, surgió en Japón, de la mano de William Edwards Deming y Taiichi Ohno, un nuevo paradigma industrial que desafiaba el modelo establecido desde la segunda revolución industrial. Deming lo hizo estableciendo las nuevas metodologías de calidad con control estadístico e innovadoras técnicas, mientras que Ohno estableció lo que luego se daría a conocer como el *sistema de producción Toyota*, también denominado *Just in Time* (JIT, por su sigla en inglés)³¹.

JIT brinda los lineamientos necesarios para apuntar a la eliminación de desperdicios y lograr la gestión eficiente de una planta productiva, teniendo como foco los siguientes siete pilares en los cuales se sostiene³²:

- Igualar la oferta y la demanda
- Eliminar desperdicios
- Proceso continuo
- Mejora continua
- Eliminar la sobreproducción
- Planificación de la demanda

³⁰ Castaño, F ; Piñero, F (2016). La Política Automotriz del MERCOSUR (PAM): evolución y actualidad. El eje Argentina-Brasil y su impacto sobre el bloque subregional. VIII Congreso de Relaciones Internacionales del Instituto de Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional de La Plata (IRI-UNLP). Página 3.

³¹ Ohno, Taiichi (1978). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press, Nueva York.

³² Rüttimann, B ; Stöckli, M (2016). *Going beyond Triviality: The Toyota Production System—Lean Manufacturing beyond Muda and Kaizen*. Journal of Service Science and Management, 2016, 9, pp. 140-149.

- El hombre como sujeto del proceso

2.2.1 Igualar la oferta y la demanda. Se basa en producir lo necesario para abastecer solo lo que demanda el mercado. En caso de picos o depresiones, quien produce deberá adaptar su sistema productivo, modificando el *takt time*³³ de cada proceso a fin de obtener el volumen necesario a la salida.

Resulta esencial este punto ya que será el punto de partida para lograr que el sistema no sufra demoras ni atascos dentro de sus procesos.

2.2.2 Eliminar desperdicios. Si bien se menciona en un punto posterior, donde se aclara a qué se denomina desperdicio, consiste en la identificación y posterior supresión, dejando solo las actividades vitales funcionando.

Los principales desperdicios que el JIT debe corregir son³⁴:

- Sobreproducción
- Inventarios
- Exceso de movimientos
- Defectos
- Conocimiento no utilizado
- Tiempos de espera
- Transporte
- Sobreprocesos

2.2.3 Proceso continuo. Una condición que ha de cumplirse en los sistemas operados por *Just in Time* es que los procesos industriales respondan a un flujo interno continuo de producto. Quizás el mejor ejemplo responde a la línea de producción creada por Henry Ford, en la cual una parte del vehículo es montada en cada estación de trabajo; por lo tanto, para que el producto responda a un proceso continuo en cada estación, debe poder realizar todas sus operaciones en el mismo plazo de tiempo; caso contrario, la línea de producto tendrá estaciones sobrecargadas, donde ese tiempo de trabajo será mayor, y otras tendrán tiempos ociosos.

2.2.4 Mejora continua. La implementación de metodologías *Just in Time* ayuda a identificar aquellos elementos en un sistema de producción que, por algún motivo, no alcanzan el desempeño

³³Un ritmo similar a un metrónomo que marca el ritmo del proceso. En cada golpe, se crea un producto. Este ritmo estará dado en función de la demanda del mercado. McManus, Hugh. (2005). *Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual*. Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, 1ra Edición, Capítulo 1, página 18.

³⁴Monden (1994), pp. 1-13.

que la demanda exige. Las actividades que apunten a mejorar la eficiencia de dichos elementos y a mejorar el rendimiento de la organización se pueden encuadrar como actividades de mejora. Llevando este concepto a un marco organizacional, la mejora continua apunta a la eliminación de desperdicios y a la eficiencia organizacional, pudiendo aplicarse en cualquier área (ya sea productiva o administrativa). Este axioma es tomado como principio que atraviesa a todos los elementos, con lo que se logra, de esta forma, que cada miembro pueda aportar las ideas necesarias para mejorar toda la organización.

2.2.5 Eliminar la sobreproducción. Se considera que la sobreproducción, de manera contraria a lo que el imaginario popular puede concebir, se traduce en dinero que se inmoviliza durante un período de tiempo, en ocasiones, incierto. El hecho de que se produzca aquello que excede a la demanda, quizás especulando con incrementos de precios de venta o de costos mayores —si no se logra invertir la ecuación financiera hasta el punto de que sobreproducir sea más beneficioso que ajustarse a la demanda—, genera que el sistema por sí mismo produzca desperdicios (sobre-stock inmovilizado), por lo que esta actividad debe eliminarse del proceso.

2.2.6 Planificación de la demanda. Apuntar a la eficiencia organizacional también implica poder conocer el contexto actual de trabajo y estar preparado para las variaciones de demanda futuras. De no existir una visión hacia los acontecimientos futuros, resulta imposible poder sostener un sistema de *Just in Time*, ya que es necesario contar con pronósticos de demanda futuros a fin de adecuar la producción, evitando discrepancias entre demanda y producción. Es debido a ello que planificar la demanda del mercado, para poder equilibrarla dentro de la operación de planta, otorga la flexibilidad necesaria para adecuar los volúmenes de producción diarios.

2.2.7 El hombre como sujeto del proceso. Todos los procesos estarán bajo el control del hombre; es por ello por lo que los sistemas deberán hacerse en función de la capacidad que cada miembro tenga de identificar las oportunidades de mejora.

2.3 Implementación del JIT en las plantas de manufactura japonesas

Durante la década del 50, en Japón surgió la problemática de producir vehículos a un volumen mucho mayor al que sus plantas podían hacerlo previo a la Segunda Guerra Mundial. Durante la época de guerra, casi la totalidad de la capacidad productiva estaba abocada a la fabricación de maquinaria bélica. Sin embargo, una vez acabado el conflicto y con gran parte de sus industrias destruidas (cerca de un 40 % de sus fábricas fueron destruidas en los bombardeos realizados por las fuerzas armadas estadounidenses, y su producto bruto cayó a menos de la mitad de lo que fue

en el período de entreguerras³⁵), el país debió enfrentar una recesión económica típica de períodos de posguerra. Frente a la escasez de materias primas y de recursos financieros, las industrias debieron crear sistemas enfocados en la utilización eficiente de recursos. Si a ello se suma que la reindustrialización y la creación de nuevas fábricas implicaron una actualización tecnológica que permitió incrementar los volúmenes de producción, debieron ser aún más cautos con dicha racionalización³⁶. Es allí donde nació esta nueva metodología en la que la búsqueda de la eficiencia en el uso de materiales, la mano de obra y el uso de equipos industriales se vuelve una actividad relevante. Esta búsqueda de la eficiencia obligó a los sistemas a operar solo con los procesos necesarios, prescindiendo de todo aquello que generara algún tipo de *muda*³⁷.

La compañía automotriz Toyota fue quien puso en práctica este sistema, lo desarrolló y lo perfeccionó a fin de lograr aumentar la productividad y reducir los costos.

Este sistema se basa en la reducción o eliminación de desperdicios (inventario, tiempos de espera, transporte, defectos, sobreproducción, exceso de movimientos), a lo largo de la cadena de abastecimiento de piezas y de las líneas de producción. Para ello, exige implementar en los proveedores automotrices un sistema de *Kanban*³⁸, a la vez que en las plantas de ensamblaje se utiliza el sistema JIT (la parte necesaria, en el momento necesario, en el lugar indicado). Esto acarrea varias ventajas:

- reducción de inventario;
- reducción de los tiempos de selección de material, al arribar solo lo necesario;
- reducción de movimientos, al no tener que separar material en las estaciones.

Para atacar la sobreproducción es que se debe igualar la demanda y la oferta (*production smoothing*³⁹). Esto hace que se produzca solo el volumen requerido por el mercado y se evita, así, que exista inventario en las playas de venta.

³⁵ Rodríguez Asien, E (2012). Crecimiento económico, crisis y reformas en Japón en las dos últimas décadas. Centro de Investigaciones de Economía Internacional, La Habana, Capítulo 1, página 7.

³⁶ Rodríguez Asien (2012), pp. 11.

³⁷ Traducido del japonés significa “desperdicio”. Monden (1994), pp. 199.

³⁸ Es un sistema de tarjetas que se utiliza para armar los órdenes de producción. Hay diversas formas de uso; una de las más difundidas consiste en colgar una tarjeta en cada lote de piezas de un ensamblaje o conjunto antes de ensamblarse. En el momento que se ensamble el conjunto, dicha tarjeta se retira y se coloca en un buzón junto con las piezas sobrantes, a fin de solicitarle a los proveedores de dichas piezas solo aquellas que han sido utilizadas. Monden (1994), pp. 15.

³⁹ La traducción literal del inglés es “suavizar la producción”. Se refiere a igualar los volúmenes productivos y las cantidades demandadas de un producto en determinado mercado y período de tiempo. De esta forma, se apunta a evitar reajustes de volúmenes de producción de manera drástica, pudiendo planificar las modificaciones necesarias que deben hacerse en una planta para poder adecuarse a los nuevos volúmenes de producción. Monden (1994), pp. 50.

El hecho de igualar la demanda con la oferta también elimina posibles tiempos de espera al no variar la producción entre días (se introduce el concepto de *forecast* o pronóstico), informando a los proveedores qué es lo que será necesario (de forma estimada) cada día con un mes en vista, pudiendo adaptarse así a la demanda de una manera mucho más certera.

Desde el punto de vista interno de la planta, el *Toyota Production System* aborda determinadas acciones de tal manera que reduce los costos de producción:

- acortar el *lead time*⁴⁰ de logística y producción;
- acortar los tiempos de *setup*⁴¹ de la máquina;
- estandarización de tareas/versatilidad de operaciones;
- actividades de mejora (círculos de calidad);
- 5S.

2.4 Teoría del *Toyota Production System*

El *Toyota Production System* es un sistema de producción desarrollado por la compañía japonesa Toyota, cuyo propósito es eliminar, a través de múltiples actividades de mejora continua, diferentes clases de desperdicios dentro de una organización. Con ello, la idea es lograr un incremento del margen de ganancias de una compañía⁴².

A diferencia de incrementar los precios de venta para poder mantener el margen de ganancias, este sistema opera trabajando activamente sobre los costos de la compañía, reduciéndolos y conservando el margen en un precio de venta menor.

Otra de las formas en que este sistema puede incrementar las ganancias de una compañía es a través de la mejora de la productividad mediante el establecimiento del flujo productivo equilibrado. Vale decir también que este sistema se basa en el sistema tayloriano (método científico) y en el sistema fordista (línea de producción), logrando una combinación de ambos⁴³.

2.4.1 Tipos de desperdicios. Dentro de las operaciones de manufactura, tendremos los siguientes tipos de desperdicios⁴⁴:

- Defectos

⁴⁰Es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción (recepción de la orden de compra) hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.

⁴¹Se refiere a las actividades necesarias para configurar un elemento o sistema, modificándolo de un estado hacia otro.

⁴² Monden (1994), pp. 1.

⁴³ Ídem anterior.

⁴⁴ Liker, Jeffrey (2011). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greater Manufacturer*, Nueva York, Mc Graw-Hill, 2ª Edición, Capítulo 3, Página 47.

- Sobreproducción
- Inventario
- Espera
- Tareas que no agregan valor
- Transporte
- Sobreprocesamiento
- Mal uso/no uso del conocimiento del personal

2.4.1.1 Defectos. Aquí podemos englobar aquellas operaciones de valor agregado que no son ejecutadas a tiempo o son realizadas de forma incorrecta, por lo que el producto no puede despacharse para su venta y por lo que es necesario algún tipo de retrabajo.

2.4.1.2 Sobreproducción. Se refiere a todo el exceso de producción, entendiéndose por ello todo aquel producto fabricado que aún no tiene un usuario que lo demande.

2.4.1.3 Inventario. Es todo aquel activo que debe ser almacenado hasta su uso (ya sea materia prima o producto terminado). Este desperdicio también tiene una connotación económica, ya que la liquidez de la compañía disminuye al aumentar el *stock*.

2.4.1.4 Espera. Se corresponde a los tiempos que debe aguardar en proceso sin agregarse valor, algún producto o materia prima.

2.4.1.5 Tareas que no agregan valor. Corresponde a las tareas que se realizan en una línea productiva y que, al ejecutarse, el producto no sufre ningún tipo de modificación ni agregado de valor. Se incorporan también a este conjunto aquellos controles que son redundantes o trabajos innecesarios. Por ejemplo: las caminatas que un operador debe realizar para poder tomar alguna herramienta y luego volver a su puesto de trabajo.

2.4.1.6 Transporte. Se refiere al transporte del producto tanto dentro de una línea productiva como también una vez terminado, hasta el punto de almacenaje y despacho.

2.4.1.7 Sobreprocesamiento. Incluye aquellas actividades llevadas a cabo en productos semielaborados o finalizados que por algún motivo necesitan ser procesados nuevamente por algún operario o equipo industrial. Un claro ejemplo de esto son los productos que, ya habiendo sido procesados en una línea de trabajo, tienen algún componente faltante al momento de ser instalado en la línea y este debe ser colocado fuera del proceso habitual de montaje.

2.4.1.8 Mal uso/no uso del conocimiento del personal. Si bien tiene una apreciación más intelectual, se debe al no uso de determinadas capacidades cognitivas de aquellas personas que trabajan dentro de dicho sistema productivo.

2.4.2 Proceso de eliminación de desperdicios para la reducción de costos. El desperdicio en las áreas de manufactura se debe, primeramente, al exceso de recursos productivos, los cuales aplican tanto a la fuerza laboral, como a las instalaciones o al inventario. Cuando se cuenta con dichos recursos en un volumen superior a los necesarios, solo se incrementan los costos y no se agrega ningún tipo de valor. En este caso, tener fuerza laboral en exceso conlleva costos superfluos de mano de obra, las instalaciones sin uso llevan a una depreciación innecesaria y el inventario en exceso arrastra pérdida de liquidez⁴⁵.

Sin embargo, resulta oportuno aclarar que, ante determinados contextos ajenos a la problemática meramente industrial en sí (generalmente, de aspectos políticos o macroeconómicos), la ecuación de costos puede contradecir a los dictados del *Toyota Production System*, esto es, puede resultar financieramente favorable sostener prácticas que naturalmente acarrearían algún desperdicio. Un claro ejemplo de esto es la acumulación de inventario de producto terminado en épocas inflacionarias⁴⁶.

También hemos de considerar que el exceso de recursos productivos genera sobreproducción, la cual es considerada como el peor de todos los desperdicios, ya que produce todos los demás. El primer desperdicio que se genera debido a la sobreproducción, el más inmediato, es el exceso de inventario. El hecho de contar con bienes extras que no serán vendidos en un determinado plazo implica tener que almacenarlos para que no se deterioren. Dicho almacenamiento también acarrea una serie de costos adicionales, tales como mayores costos de salarios para cubrir los empleos necesarios para almacenar el producto, equipamiento para cargas, espacio de almacenaje y *stock*.

Para poder comprender esto de una forma más directa, se presenta la figura 2.2:

⁴⁵ Monden (1994), pp. 2.

⁴⁶ Ejemplo basado en la experiencia del autor y de las prácticas de la industria.

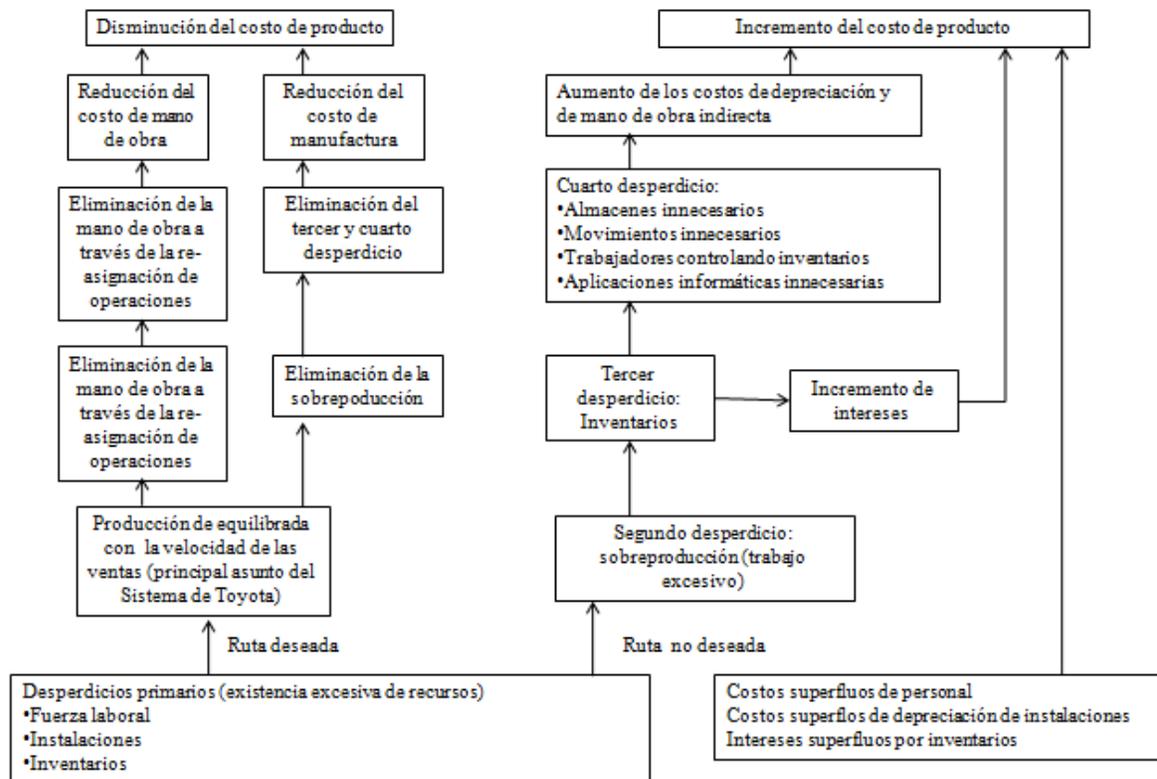


Figura 2.2. Origen de la generación de desperdicios en la manufactura. Fuente: Monden (1994), pp. 3.

Como se desprende del análisis realizado, el principal desperdicio que se debe eliminar es la sobreproducción, la cual se da por los recursos productivos excesivos con los que cuenta una planta (en este caso, mano de obra, instalaciones e inventarios). Es por esto por lo que, haciendo un uso correcto de estos recursos, podemos lograr operar una planta de manera eficiente.

2.4.2.1 Administración de los recursos de forma apropiada⁴⁷. Es evidente que antes de poder atacar estos desperdicios, necesitamos un marco en el cual se pueda operar de forma adecuada para lograr los objetivos necesarios.

Estos objetivos, en líneas generales, se pueden agrupar en tres diferentes categorías:

- **Control de cantidades:** Resulta fundamental comprender que el sistema productivo debe funcionar a un ritmo determinado, el cual, si eliminamos determinados pasos administrativos dentro de la cadena de valor de una empresa, viene marcado por la demanda generada en el mercado. Poder tener la capacidad de adaptarse a la demanda es menester para lograr el éxito de este sistema.
- **Control de calidad:** Alcanzar el flujo de producción no debe lograrse a cualquier precio. Para ello, el flujo debe ser establecido de forma adecuada y cada elemento que se encuentre en el sistema productivo debe estar en óptimas condiciones para ser sometido a la siguiente

⁴⁷ Monden (1994), pp. 3.

etapa. Ello obliga al sistema a asegurar el nivel de calidad requerido, evitando de esta manera desviaciones de flujo o eventuales paradas de planta o retrabajos.

- Respeto por la humanidad: El factor común en todos los libros referidos a la filosofía *lean*⁴⁸ o al *Toyota Production System* es considerar el principio intrínseco de que estos sistemas son operados por personas, las cuales deben tener en cuenta que su bienestar es necesario para no generar distorsiones dentro de los mismos.

Para entender la relación entre estos principios, es conveniente observar el cuadro de la figura 2.3:

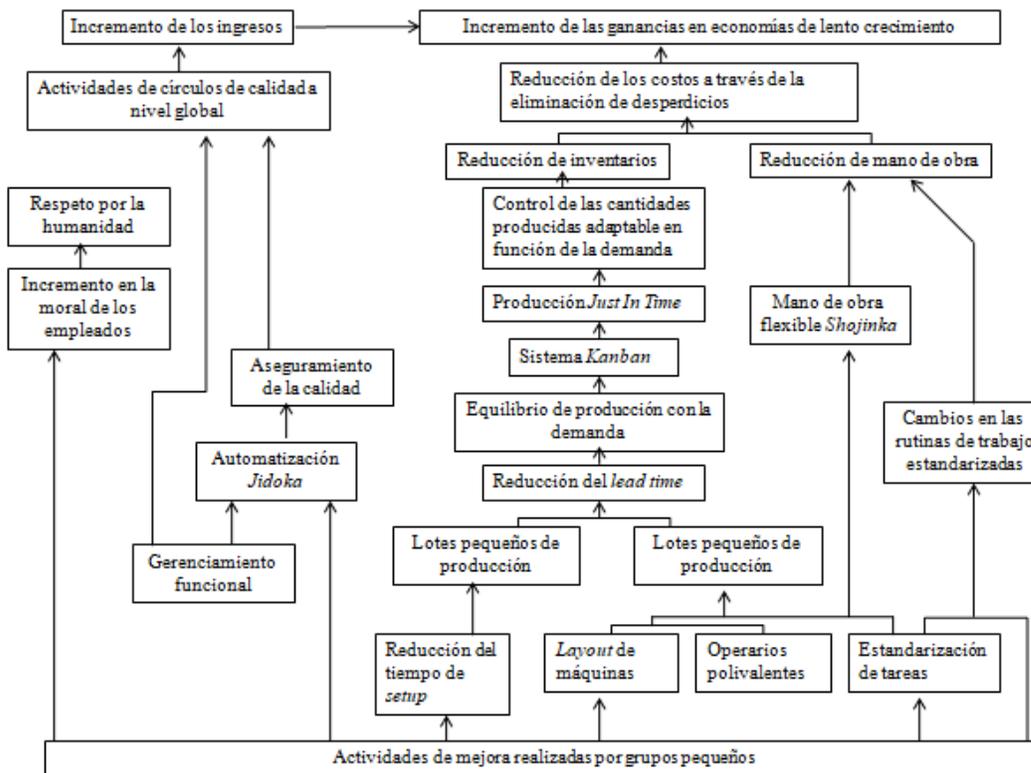


Figura 2.3. Administración de los recursos bajo el sistema de manufactura esbelta. Fuente: Monden (1994), pp. 4.

2.4.2.2 Just in Time y automatización (jidoka⁴⁹). Lograr un flujo continuo de producción, llevado a su máxima expresión, implica eliminar en la ejecución de un proceso todo aquello superfluo que no sea necesario en cada etapa. Además, implica tener un control de calidad confiable para cada etapa del proceso clave. Para poder asegurar lo primero es que existe lo que se conoce como *Just in Time*. Este principio obliga a que determinados componentes de un producto lleguen hasta el punto de instalación en el momento necesario, lo que lleva el inventario a un mínimo óptimo. Por

⁴⁸Su traducción del inglés es “esbelta”. Es el conjunto de herramientas de mejora de la eficiencia y la calidad (muchas listadas en el presente trabajo), bautizadas así en Estados Unidos.

⁴⁹Expresión japonesa para denominar a la automatización de procesos. Monden (1994), pp. 159.

otra parte, para asegurar la calidad necesaria de producto se usan determinados artilugios como la automatización. Esta herramienta libera las operaciones complejas o manuales del hombre y produce, mediante ello, mejores tiempos de ciclo con un nivel de calidad determinado. De acuerdo con los diferentes arreglos que puedan hacerse en una línea de producción, estos principios serán primarios para poder establecer el flujo continuo dentro de un proceso, por lo cual son considerados pilares dentro del sistema.

2.4.2.3 Trabajo flexible, creatividad e innovación. Otros conceptos necesarios para poder explicar el sistema de producción de Toyota son las habilidades para adaptarse a los cambios de demanda en el mercado y al trabajo flexible, conocido también como *shojinka*⁵⁰. El otro concepto necesario para poder adaptarse a esas variaciones es el de *soikufu*⁵¹, el cual consiste en capitalizar las sugerencias de mejoras de los trabajadores en la línea de producción.

Para poder explicar de forma clara los conceptos desarrollados anteriormente, se explicarán los puntos principales de este sistema:

- Sistema *Kanban*
- Regularización flujo productivo
- Acortamientos de tiempo de *setup* de máquina
- Estandarización de tareas
- *Layout* y operarios multicalificados para mejorar tiempos de producción
- Actividades de mejora continua
- Control visual del sistema
- Gerenciamiento del sistema

2.4.3 Kanban⁵². Es una herramienta que facilita la administración de componentes y de material en tránsito para lograr alcanzar el objetivo que propone el *Just in Time*. Consiste, básicamente, en una tarjeta que usualmente está dentro de un sobre transparente. De hecho, la traducción literal de *Kanban* del japonés significa “tarjeta de colores”. En esta tarjeta, se identifica la pieza, subconjunto o producto en el que será usada; la tarea predecesora y la tarea subsiguiente, y la cantidad que se deberá traer.

Para operar con este sistema, se puede proceder de dos formas diferentes:

- Por retiro de tarjeta

⁵⁰Concepto de producción donde se flexibiliza la carga laboral (cantidad de operarios), en función de la demanda Monden (1994), pp. 5.

⁵¹Actividad que capitaliza las sugerencias de mejora por parte de los operarios. Monden (1994), pp. 5.

⁵² Monden (1994), pp. 15.

- Por solicitud de producción (*pull system*)

En el primer caso, se especifica el tipo y la cantidad del producto necesario que el proceso subsiguiente debe retirar del proceso precedente, mientras que el *Kanban*, por solicitud de producción, especifica la cantidad y tipo de producto que debe producir el proceso precedente.

El uso del sistema puede explicarse de la siguiente manera:

1. El abastecedor del proceso subsiguiente se dirige al lugar del proceso predecesor, llevando consigo las tarjetas de *Kanban* y los contenedores de las piezas con él. Se realizará esto a intervalos determinados.
2. Cuando el abastecedor del proceso subsiguiente retira las piezas del almacén, descuelga los *Kanban* de las órdenes de producción. Estos estaban fijados físicamente a las piezas en sus contenedores y los coloca en la caja de recepción de *Kanban* dispuestas para tal fin. También deja los contenedores vacíos en el lugar destinado para ello.
3. Por cada *Kanban* de orden de producción que descuelga, cuelga una de las tarjetas de su *Kanban* de retiro. Cuando se intercambian los dos tipos de *Kanban*. El operario de logística compara cuidadosamente el *Kanban* de retiro con el *Kanban* de orden de producción.
4. Cuando las tareas retornan en el proceso subsiguiente, el *Kanban* de retiro debe ser colocado en el buzón de *Kanban*.
5. En el proceso anterior, el *Kanban* de retiro de orden de producción debe ser recogido del buzón de recepción de *Kanban* en un tiempo definido o cuando un determinado número de piezas se han producido y deben ser colocadas en el tablero de *Kanban* en el mismo orden que fueron retirados del almacén.
6. Se deben producir las piezas de acuerdo con la secuencia ordinal del tablero de *Kanban* de orden de retiro.
7. Las unidades físicas y el *Kanban* deben moverse en pares cuando son procesadas.
8. Cuando las unidades físicas son completadas en este proceso, estas y las órdenes de producción de *Kanban* son colocadas en el almacén, por lo que el abastecedor del proceso subsiguiente puede retirarlas en cualquier momento.

Se puede evidenciar este proceso en la figura 2.4:

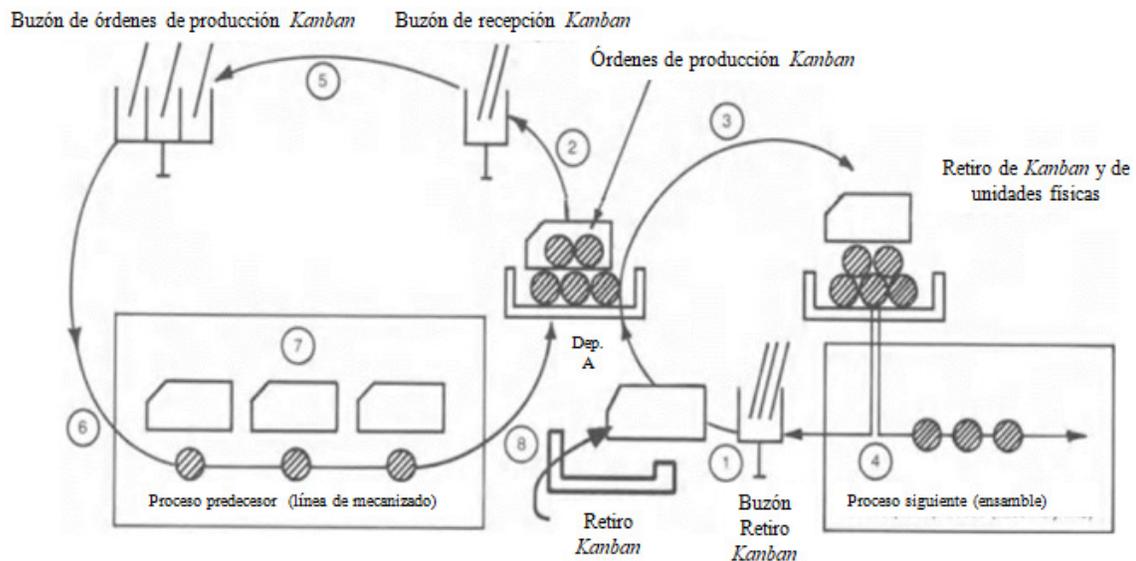


Figura 2.4. Esquema de funcionamiento del *Kanban*. Fuente: Monden (1994), pp. 21.

Se establecen las siguientes reglas de uso del *Kanban*:

1. El proceso subsiguiente deberá retirar los productos necesarios del proceso anterior en las cantidades necesarias en el momento necesario.
2. El proceso predecesor deberá producir sus productos en las cantidades retiradas por el proceso subsiguiente.
3. Los productos defectuosos nunca deben avanzar al proceso subsiguiente.
4. Las cantidades de tarjetas de *Kanban* utilizadas deben minimizarse.
5. El *Kanban* debe utilizarse para adaptarse a las pequeñas fluctuaciones en la producción.

2.4.4 Regularización del flujo productivo⁵³. Básicamente, esto consiste en asegurar que las cantidades producidas por las diferentes áreas dentro de una cadena de valor sean las mismas o se minimicen las diferencias entre ellas. Si bien los planes de producción dependen de la demanda de un producto determinado, estas se agrupan por períodos para lograr, de esta forma, producir la misma cantidad de unidades a lo largo de cada jornada dentro de un período determinado. Como regla general, cuanto más corto sea ese período de producción, mejor se puede asegurar la regularización del flujo productivo.

Se debe dividir la regularización de flujo en dos etapas:

1. Planificación anual de ventas y producción mensual.
2. Planificación mensual y ajuste de variables de producción.

⁵³ Monden (1994), pp. 63.

Como bien se interpreta, la primera de ellas requiere una visión de un mayor plazo. Es una variable estimada que quizás permita conocer los picos de demanda de un determinado producto si es estacional. En cambio, cuando se quiere conocer en detalle qué se producirá y en qué volúmenes con el ajuste correcto, debe avanzarse con la planificación mensual.

Dicho ajuste permite balancear los tiempos de ciclo de las líneas productivas para lograr, de esta forma, cumplir con la demanda en sus picos y reducir el inventario en cada caso. Si se tuviera la condición opuesta, donde decrece la demanda, se puede ajustar con la cantidad de trabajadores o tiempos de ciclos en las líneas.

2.4.4.1 Adaptación en caso de incremento de la demanda. Resulta común que, cuando hay demanda variable por períodos estacionales, se contrate personal para suplir tareas de otros que verán reducidos sus tiempos de ciclo para cada operación, por lo que se deberán ejecutar más ciclos en el mismo período de tiempo. Otra de las vías por las cuales puede cubrirse un aumento de la demanda es mediante el agregado de horas productivas en una jornada de trabajo, siempre que dichas horas estén dentro de la agenda normal de trabajo, como puede ser la incorporación de un turno extra.

2.4.4.2 Adaptación en caso de disminución de la demanda. En el caso contrario, para poder adaptarse a la disminución de demanda, puede procederse de varias formas. Si la disminución no es elevada, pueden mantenerse los tiempos de ciclo y reducir la jornada laboral o los días hábiles de producción mensual o semanal.

Si el caso es que la disminución de volumen es significativa, puede optarse por disminuir la velocidad de línea y reducir la plantilla de operarios. Esto puede tolerarse hasta determinado punto, ya que la cantidad de tareas que los empleados ejecutan deberá ir *in crescendo* si toman más operaciones.

2.4.4.3 Maquinaria flexible para soportar el flujo de producción. Incorporar maquinaria de producción fija resulta muy eficiente a la hora de asegurar un número elevado de producción, bajando el costo de mano de obra. Como contraparte, tener este tipo de esquemas restringe la adaptación de los volúmenes de producción frente a la variabilidad en la demanda de productos. Es por ello por lo que contar con celdas automáticas flexibles que puedan reacomodarse de acuerdo con la demanda es una solución de compromiso para lograr cumplir con los planes de producción.

De manera conceptual, se pueden encontrar resumidos estos conceptos en la figura 2.5:

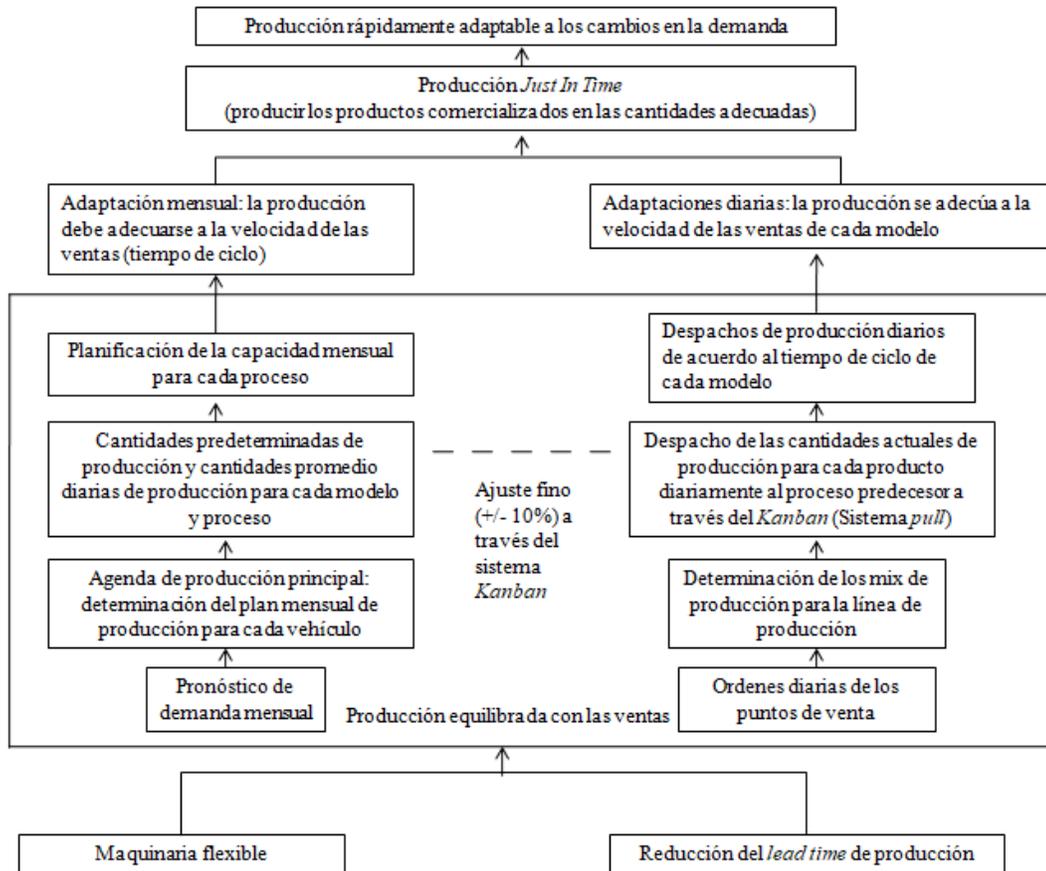


Figura 2.5. Principio de funcionamiento de la manufactura flexible. Fuente: Monden (1994), pp. 72

2.4.5 Acortamiento de tiempos de ciclo⁵⁴. Parte del sistema de producción de Toyota opera sobre los tiempos de ciclo de producción. Esto se debe a diversos motivos, entre los cuales se incluyen los siguientes:

- El tiempo de ciclo para fabricar un automóvil en particular para un cliente en especial se ve reducido.
- Se puede readaptar de acuerdo con las demandas del mercado muy rápidamente, por ejemplo, a mitad del mes, por lo que el inventario de producto terminado puede minimizarse.
- El inventario de producto en proceso se disminuye significativamente reduciendo el *timing* de producción no balanceada entre varios procesos y reduciendo también los tamaños de lote.
- Cuando ingresa un cambio de modelo, el *stock* de producto terminado del modelo ya antiguo se minimiza.

⁵⁴ Monden (1994), pp. 105.

Para entender en qué consiste el tiempo de ciclo, se lo puede dividir en tres partes: tiempo de proceso para abastecer las piezas, tiempo de espera entre procesos y tiempo de transporte de material entre procesos.

2.4.5.1 Acortamiento de tiempo de procesamiento. A diferencia del sistema fordista, para reducir los tiempos muertos de ciclo, algunos grupos de tareas deben ser ejecutados por un mismo operador para evitar, así, la especialización en un solo proceso. Se debe requerir, entonces, que un operador sea polivalente dentro de una línea de producción, pudiendo realizar operaciones de diversa índole dentro de la misma estación. Esto evita, también, congestiones con grandes lotes del producto en proceso. También favorece la rotación de operadores para que aquellos que están dedicados a tareas más fatigosas (ya sea por cuestiones elevadas de peso carga o por alta frecuencia de actividades), puedan intercambiar estaciones de trabajo con otros cuyas tareas son menos exigentes de forma secuencial durante un turno de trabajo.

2.4.5.2 Acortamiento de tiempo de transporte. La reducción de los tiempos de transporte dentro de una línea puede encararse de dos formas: realineamiento de *layout* de planta o adopción de sistemas de transporte automáticos/rápidos. Para el primero, deben alinearse las maquinarias o estaciones de trabajo en función de las etapas del producto que se quiere preparar. En cambio, el segundo enfoque consiste en la utilización de sistemas de transporte que unan los procesos de forma rápida. Esto ayuda también a la generación del flujo continuo de las piezas.

2.4.5.3 Acortamiento de tiempo de espera entre procesos. En el procesamiento de unidades dentro de una línea de producción, se intenta minimizar a la unidad (una unidad ejecutada a la vez por un proceso para ser enviado al siguiente una vez terminado este). Si bien esto no resulta viable en componentes pequeños o algunos subsistemas, es el principio por el cual se puede comenzar a regular el flujo de producción.

Algunas reglas que pueden utilizarse para reducir el tiempo total del ciclo son las siguientes⁵⁵:

1. Realizar instalaciones que permitan pequeños lotes de producción en lugar de grandes lotes.
2. Desarrollar tecnologías para reducir los tiempos de demora en una operación.
3. Eliminar instalaciones excesivamente rápidas que fabrican a mayor velocidad que la demanda.
4. Interconectar máquinas para que los productos fluyan rápidamente.
5. Desarrollar plantas para el futuro basadas en sistemas de manufactura flexible.

La relación entre estos conceptos y el objetivo principal puede encontrarse en la figura 2.6:

⁵⁵ Monden (1994), pp. 117.

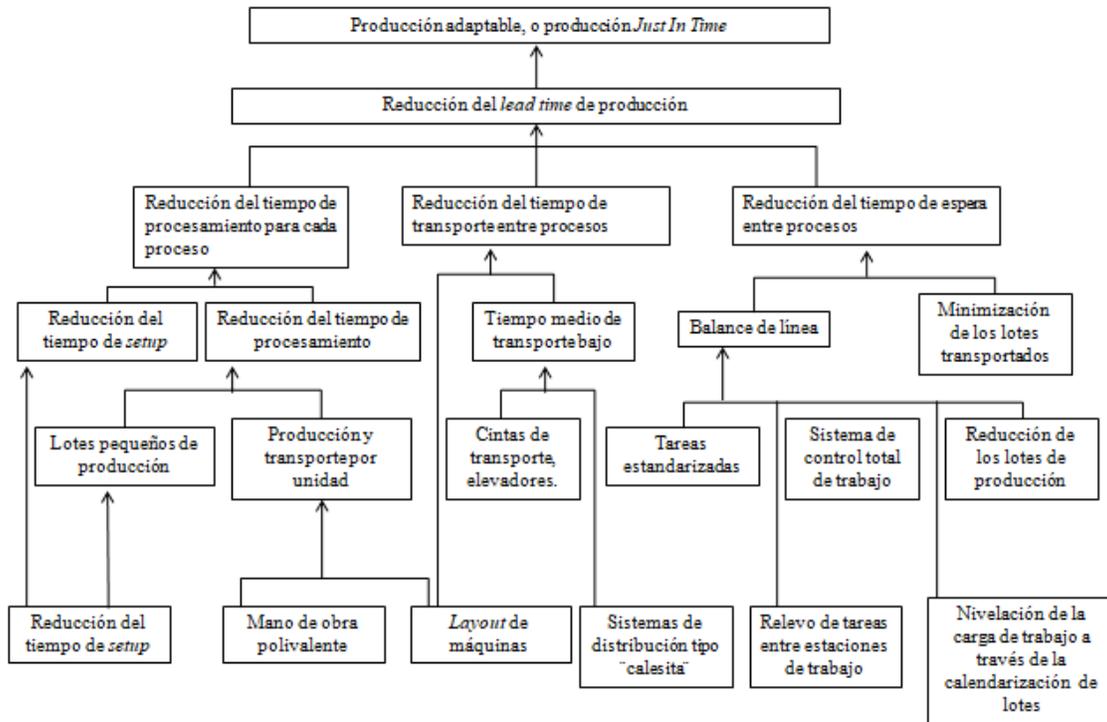


Figura 2.6. Acortamiento del tiempo de ciclo. Fuente: Monden (1994), pp. 108.

2.4.5.4 Acortamientos de *setup* de máquinas. En la actualidad se encuentra muy difundido, inclusive en las universidades donde se enseña ingeniería industrial, el concepto de *single minute exchange of die* (SMED, por su sigla en inglés)⁵⁶. Este método se utiliza para lograr reducir el tiempo de *setup* de máquina en un valor menor a los dos dígitos en minutos, o sea, menos de nueve minutos cincuenta y nueve segundos, definiendo este tiempo entre la última pieza OK previo al cambio y la primera pieza OK luego del cambio.

Inicialmente, esto fue desarrollado en la década del 70 por Toyota, para lograr minimizar los lotes de producción. Lotes cortos de producción implican tiempos cortos de *setup* de máquina, ya que no tiene sentido fabricar pequeñas cantidades si el *setup* de máquina es extenso. A su vez, un *setup* de máquina corto implica menor tiempo de estar parada la producción, por lo que la productividad en el uso de la máquina se ve incrementada.

Para identificar los elementos de mejora dentro de este proceso, se dividen en dos las etapas de configuración de las máquinas:

- *Setup* interno: todas aquellas tareas de configuración que deben realizarse con el equipo detenido.

⁵⁶ Monden (1994), pp. 121.

- *Setup* externo: las tareas o actividades de configuración que pueden hacerse sin detener el proceso productivo del equipo.

Para lograr reducir el tiempo de configuración de máquina, debe analizarse cada una de las operaciones necesarias para detener el equipo, retirar el herramental y volver a colocar el nuevo. Esto ayuda a catalogar las tareas según la clasificación descripta anteriormente. El próximo paso es seguir los siguientes conceptos⁵⁷:

Primer concepto: Separar las tareas de *setup* interno y de *setup* externo. Se deben identificar una vez analizado el proceso de cambio del equipo y reordenarlas en función del tipo de ejecución, con el fin de lograr hacer todas las tareas de *setup* interno en el mismo intervalo de tiempo, sin mezclarse con las de *setup* externo.

Segundo concepto: Transformar la mayor cantidad de tareas de *setup* interno en *setup* externo. Este paso obliga a transformar determinadas operaciones de *setup* interno mediante otro tipo de procedimientos o herramientas. Un ejemplo de esto es la unificación de altura en placas de montaje para matrices de estampa de metales, donde no es necesario el ajuste de la maquinaria a la altura de cada molde.

Tercer concepto: Eliminar el proceso de ajuste de maquinarias y herramientas. Este concepto apunta a suprimir o disminuir el tiempo de las tareas restantes dentro de lo que es el *setup* interno. Ejemplo de esto es la adición de determinados *switch*⁵⁸ para cada posición de ajuste del herramental, en los cuales, comúnmente, opera un equipo para evitar hacer el posicionamiento para cada molde.

Cuarto concepto: Eliminar totalmente el proceso de *setup*. Esto resulta más complicado, pero, en determinadas ocasiones, si el tipo de producto que se fabrica es siempre el mismo, se puede dedicar el equipo a producir en la totalidad del tiempo (considerando las paradas por mantenimiento). Otra forma de lograr esto es realizar los distintos pasos de un producto al mismo tiempo en diferentes máquinas, eliminando el cambio de moldes.

El desafío en la reducción de tiempos de *setup* puede verse en la figura 2.7:

⁵⁷ Monden (1994), pp. 122.

⁵⁸ Dispositivo eléctrico de activación o de corte de energía. Es generalmente utilizado en equipos de potencia (motores y transformadores).

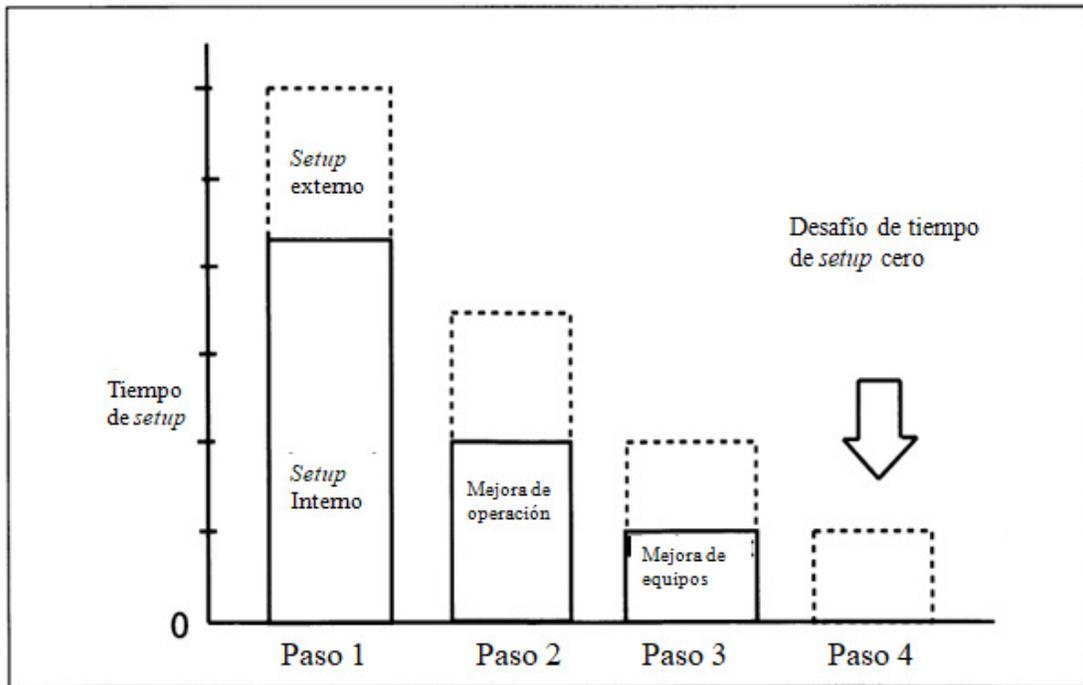


Figura 2.7. Pasos en la reducción del tiempo de setup de máquina. Fuente: Monden (1994), pp. 134.

2.4.6 Estandarización de tareas. Parte del objetivo de reducir desperdicios dentro del *Toyota Production System* es reducir la cantidad de operarios que se encuentran trabajando dentro de una línea de producción, así como también el personal afectado como mano de obra indirecta. Para lograr esto, resulta necesario cuantificar el tipo de tarea que debe ejecutarse y establecer las bases mínimas para luego lograr eliminar aquellas tareas que no resulten necesarias para el agregado de valor de un determinado producto⁵⁹.

La estandarización de tareas tiene tres objetivos primordiales a los que apunta:

- alcanzar una alta productividad;
- lograr el balanceo de línea entre todos los procesos dentro de una línea de producción;
- establecer el volumen mínimo de flujo de producto en proceso para eliminar inventarios.

Determinar de qué forma se va a establecer la estandarización de línea implica observar, dentro de cada estación en un área productiva, qué actividades deben realizarse. Debe contabilizarse el tiempo que cada una de ellas lleva (para este fin, existen diversas metodologías de ingeniería industrial). Esto, a su vez, se deberá incorporar dentro de otra serie de estudios y mediciones, las cuales podemos recopilar en el siguiente listado⁶⁰:

- determinar el tiempo de ciclo;

⁵⁹ Monden (1994), pp. 145.

⁶⁰ Monden (1994), pp. 146.

- determinar el tiempo de operación total para fabricar una unidad;
- determinar la rutina de operación estándar;
- determinar el flujo mínimo de producto;
- confeccionar la hoja de trabajo.

La ejecución ordenada de estas actividades deriva en lo que se conoce como *hoja de trabajo estandarizada*, la cual resume todas las actividades que deben realizarse dentro de una estación o de una celda de trabajo. Este documento sirve de cimiento para trabajar sobre las actividades de mejora continua.

Un ejemplo de un proceso estandarizado puede encontrarse en la figura 2.8:

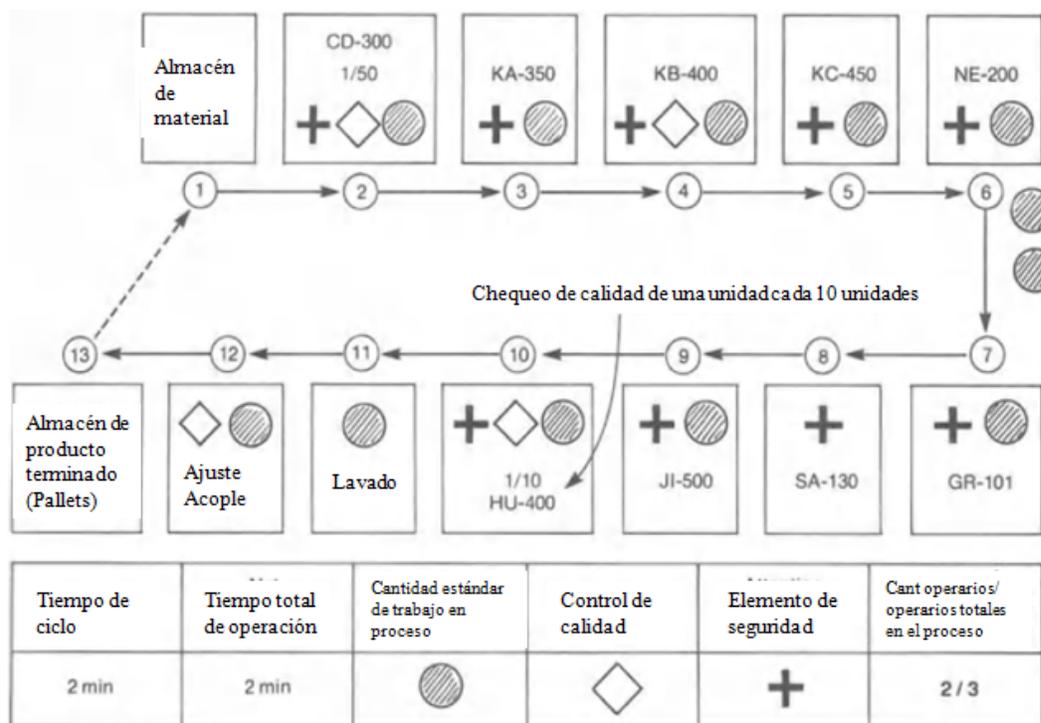


Figura 2.8. Mapa de procesos de producción estandarizado. Fuente: Monden (1994), pp. 157.

La hoja de trabajo contiene la siguiente información:

- Tiempo de ciclo
- Rutina de operaciones
- Cantidad mínima de unidades en proceso
- Tiempo total de operación
- Posiciones para verificar características de calidad
- Puntos de atención para la seguridad del operador

2.4.7 Layout y obreros multicalificados para mejorar tiempos de producción⁶¹. Así como se apunta a la eliminación de desperdicios mediante las actividades que se han mencionado hasta el momento, mantener la capacidad de producción acorde a los requerimientos del mercado resulta necesario para lograr el equilibrio entre demanda y producción, pero, a su vez, evitar generar nuevos inconvenientes que lleven a la generación de desperdicios.

Existe, para tal fin, lo que se conoce en japonés como *shojinka*, que implica, básicamente, adaptar la cantidad de trabajadores que existen en una planta a la demanda existente. En caso de un incremento en la demanda, se incrementa la cantidad de operarios; en caso contrario, se disminuye.

En caso de una reducción de la demanda, se debe ejecutar la misma cantidad de tareas con menos trabajadores, lo cual implica que cada uno de ellos debe absorber más operaciones. Esto deriva en lo que se conoce como *flexibilidad*. Igualmente, no solo es esto necesario para lograr adaptarse a los cambios de la demanda, sino que también debe estar bajo revisión el *layout* de trabajo (ubicación de maquinarias y flujo productivo), además de las hojas de proceso estándar.

Tener en el área productiva líneas que estén pensadas para adaptarse de forma flexible a la demanda facilita el proceso hasta el punto de mover, simplemente, los grupos de tareas a diferentes operarios o redistribuir las diferentes funciones.

Dentro de todas las posibilidades existentes para plantear un *layout* flexible, está el denominado *layout* en U. En este caso, al estar el ingreso y el egreso de material en el mismo punto, permite ahorrar movimientos para su carga y su descarga. Otra de las funciones, al tener forma de herradura, es formar operadores versátiles que trabajen dentro de esta línea, pudiendo operar sobre ambos márgenes, como se ve en la figura 2.9:

⁶¹ Monden (1994), pp. 159-175.

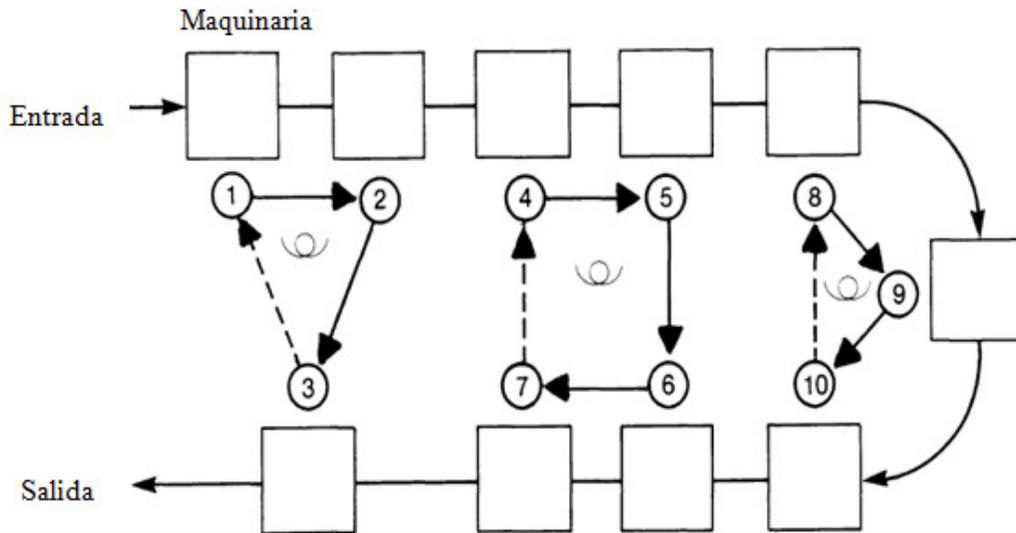


Figura 2.9. Layout flexible en forma de U. Fuente: Monden (1994), pp. 161.

Surge de la combinación de diferentes tipos de *layout* en U la posibilidad de readaptar toda una línea productiva de manera integral. En el ejemplo siguiente de la figura 2.10, se compara, para la misma línea combinada en U, dos tipos diferentes de demanda, por ende, diferente cantidad de operadores por época:

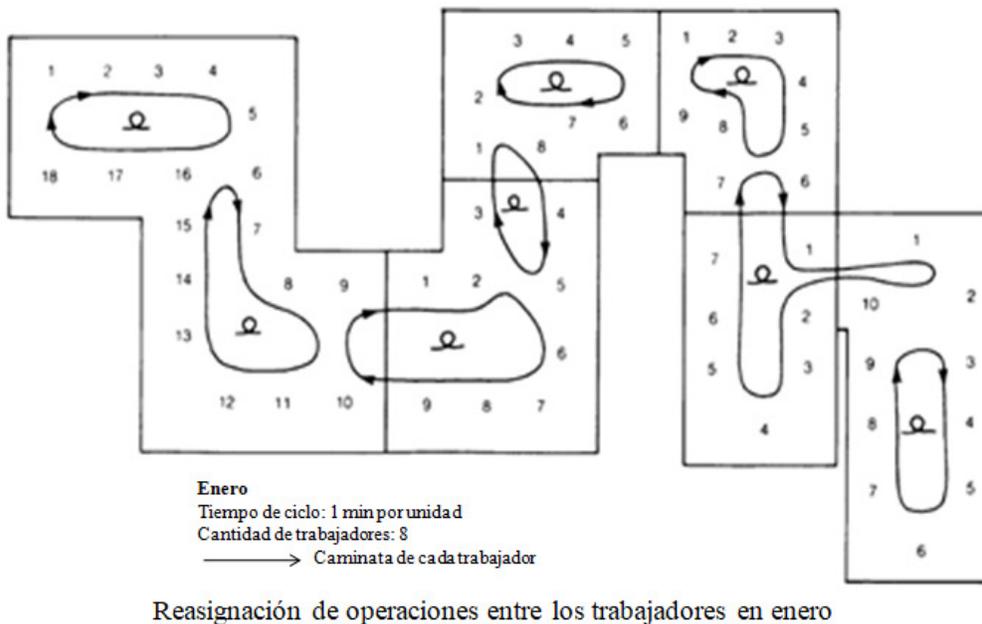


Figura 2.10. Layout flexible con aplicación de *shojinka*. Fuente: Monden (1994), pp. 165.

Resulta fundamental comprender que, para que el *shojinka* tenga éxito, es menester contar con operarios multicalificados para las diferentes tareas que quedan disponibles. Esto plantea la necesidad de ejercer determinadas rotaciones a fin de poder entrenar a cada funcionario dentro de

cada tarea/máquina, las cuales pueden durar desde algunas horas por día hasta algunas semanas, hasta que se logra el nivel adecuado de desempeño. Un ejemplo de cómo se procede en caso de necesitar un entrenamiento en línea es la figura 2.11, donde se identifica el nivel de entrenamiento de cada empleado en cada función:

Nombre de línea		160 Ø Línea de ensamble de diferencial							
Operario	Procesos	1	2	3	4	5	6	7	8
	A		○	○	○	○	○	○	○
B		◐	◑	○	○	○	◑	◑	◑
C			◑	◑	◑	◑			
D		○	○	○	○	○	○	○	○
E		◑	○	○	○	○	○	◑	◑
F		●	●	◐	○	○	○	○	○
G		○	○	○	○	○	○	○	○
H		○	○	○	○	○	○	○	○
Capataz		◑	○	○	○	○	○	○	○

Hoja de plan de entrenamiento de estaciones de trabajo

Figura 2.11. Hoja de plan de entrenamiento. Fuente: Monden (1994), pp. 168.

Como indicador de desempeño del entrenamiento rotativo de los empleados, se determina el porcentaje de masterización, dividiendo la totalidad de estaciones que conocen todos los obreros sobre el total de procesos multiplicado por la cantidad de operarios. Con esta información, se puede determinar cuál es el objetivo mínimo de capacidad de flexibilización y cuál es el progreso que debe obtenerse a lo largo del tiempo.

2.4.8 Actividades de mejora continua. En general, en cualquier tipo de operación (ya sea de una fábrica o en un proceso administrativo), existen tareas de diversas clases. Desde un punto de vista industrial, estas se pueden dividir de la siguiente manera⁶²:

- tareas con valor agregado;
- tareas sin valor agregado, pero necesarias para la operación;
- tareas sin valor agregado y no necesarias para la operación.

Esta subdivisión nos ayudará a identificar, dentro de nuestro proceso, cuáles son las tareas no necesarias y cómo eliminarlas reorganizando las otras.

Para poder identificar y eliminar aquellas tareas que sean consideradas desperdicios, deben utilizarse dos vías:

- Sistema de sugerencias
- Círculos de calidad

El primero consiste en incorporar aquellas ideas que surjan del grupo de trabajo y de aquellos miembros del equipo que deben ejecutar las operaciones con valor agregado. Este método tiene la ventaja de que, al llevarse a la práctica, logra captar el compromiso por parte de los operarios. Si bien esto pareciera ser secundario, ya que el aspecto principal es capitalizar la mejora, está demostrado que lograr el compromiso de los operadores es necesario para mantener cualquier sistema de calidad y mejora continua.

Por otra parte, en los círculos de calidad, debe hacerse foco en la resolución de problemas más complicados en los que se utilizan herramientas de análisis complejas (por ejemplo, estadísticas o de metodologías de tipo A3) para afrontarlos. Al tener un fundamento más formal que el establecido por el sistema de sugerencias, esto implica el compromiso por parte de todos los trabajadores en la participación de alguno de ellos.

En los círculos de calidad, deben plantearse objetivos que alcanzar en los cuales se resuelva alguna de las problemáticas que permitirán lograr estos.

Para poder entrenar al equipo que formará parte de dichos círculos, generalmente, se dictan cursos sobre los siguientes tópicos:

- Cursos de *problem solving*⁶³
- Cursos de *advisor*⁶⁴ (consejero)

⁶² Monden (1994), pp. 177-198.

⁶³ Resolución de problemas.

⁶⁴ Consejero.

- Cursos de entrenamiento de empleados en círculos de calidad
- Presentación de competencias
- *Tour* de inspección en otras áreas

2.4.9 Control visual del sistema⁶⁵. En esta etapa, corresponde enumerar aquellas herramientas que deben utilizarse para poder controlar el desempeño de este sistema productivo. En un principio, pueden destacarse las herramientas de control estadístico para lo referente al control de calidad productivo. Para ello, el *Toyota Production System* se basa en los gráficos de control de características críticas, las cuales se componen por los límites de tolerancia y de control, y el sucesivo demarcado de puntos que ponen de manifiesto la variación del proceso a lo largo del tiempo. A este control, podemos definirlo como proactivo, en principio, ya que, conociendo las tendencias del proceso, podremos detectar alguna anomalía eventualmente.

Otro de los controles que se utilizan es el de la detección y prevención de errores, el cual colabora en la separación de material fuera de especificación, en primer lugar, para luego buscar la posterior solución de dichos problemas. Aquellas herramientas que previenen un error antes de que este ocurra se denominan *poka-yoke*⁶⁶ (o *error proofing*, en inglés), mientras que los dispositivos de detección de errores solo son herramientas de inspección y detención de la línea productiva (en este caso, operados por *andon*⁶⁷).

A los efectos de la correcta gestión de los sistemas de producción, se utilizan las técnicas brindadas por el *floor management*, que consisten en una serie de tableros al pie de línea con la información necesaria para llevar la cuenta de los elementos de producción diarios.

Por otra parte, las áreas de mantenimiento también cuentan con sus propios tableros de gestión, desde el denominado sistema *Total Productive Maintenance* (TPM, por su sigla en inglés)⁶⁸, los cuales se basan en diversos pilares: mejora continua, mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, entrenamiento, monitoreo de arranque de equipos, gerenciamiento de la calidad, entre otros. La utilización de estos controles visuales permite intervenir los equipos en el momento adecuado, a fin de realizar los mantenimientos correspondientes, mientras que sirve para obtener

⁶⁵ Monden (1994), pp. 202.

⁶⁶ Sistema de prevención de errores. Evita que sean cometidos por parte de quien interactúe con las piezas o componentes.

⁶⁷ Monden (1994), pp. 232.

⁶⁸ Mantenimiento productivo total.

también otros indicadores (MTTD⁶⁹, MTTF⁷⁰, MTTR⁷¹ y MTBF⁷²), conforme presentado en la figura 2.12:

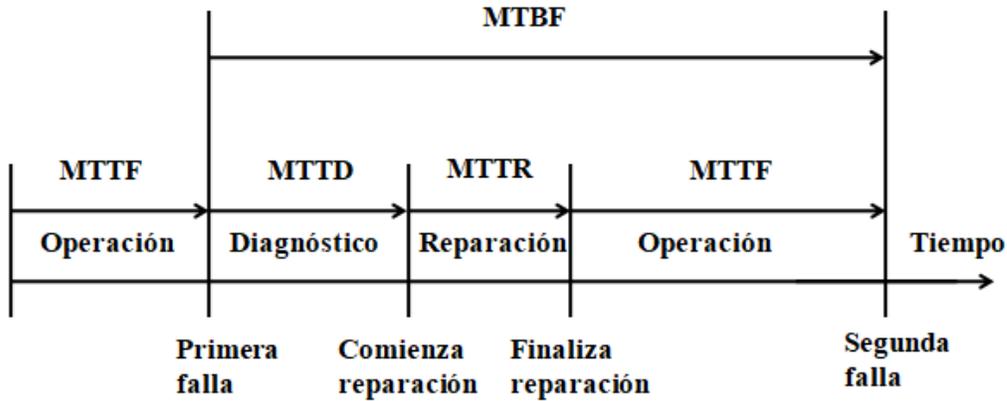


Figura 2.12. Esquema de parámetros de mantenimiento de equipos MTTF, MTTD, MTTR y MTBF⁷³.

Para finalizar, las técnicas de 5S son utilizadas como elementos de gestión visual, tales como la identificación de objetos en función del uso en cada estación (utilización de luces para tomar un objeto, marcas en sombras sobre tableros para las herramientas, entre otras), la delimitación de áreas de trabajo con líneas de colores en el suelo o la categorización de plantas o áreas especiales por determinadas marcas (colores en columnas o pisos de trabajo).

Por otra parte, el uso de elementos visuales de gestión está extendido no solo a la identificación de procesos o zonas en particular, sino también apunta a cuestiones de seguridad (la utilización de carteles que identifican el uso de elementos de protección personal o la demarcación de áreas restringidas).

2.4.10 Gerenciamiento del sistema. Esta última etapa, tiene como función general aunar todas las herramientas antes mencionadas dentro de un único sistema, lo que permite relevar los puntos donde pueden darse mejoras y facilitar la toma de decisiones adecuadas para cada problemática.

⁶⁹Mean time to diagnose. Tiempo medio para diagnosticar una falla. Es el plazo de tiempo que demora determinar una falla de un equipo desde que esta ocurre hasta que se inicia la reparación.

⁷⁰Mean time to failure. Tiempo medio de fallo. Es el tiempo que demora en aparecer una falla en un equipo desde que es restablecido.

⁷¹Mean time to recover. Tiempo medio para recuperar el equipo. Tiempo que demora una reparación de un equipo.

⁷²Mean time between failures. Tiempo medio entre fallas. Es el espacio de tiempo entre que ocurre una falla y esta vuelve a ocurrir (incluye el MTTD, MTTR y MTTF).

⁷³ Calvo, E ; Sierra Fernandez, C (2016). Teoría General del Mantenimiento y de la Fiabilidad. Universidad de Cantabria. Capítulo 2, página 5-31.

Dicho gerenciamiento parte de la práctica de dos actividades que son centrales dentro de este análisis⁷⁴:

- Aseguramiento de la calidad
- Gerenciamiento de los costos

En la primera, debe establecerse cuáles son las variables para tener en cuenta, a fin de poder apuntalar los objetivos de calidad dentro de la manufactura de un producto. Estos siempre estarán enfocados en la satisfacción del cliente y en ellos se detalla qué y cuándo debe asegurarse algo, así como también por quién y dónde.

La segunda apunta al gerenciamiento de los costos como actividad central, lo que evita, de esta forma, caer solo en actividades de reducción de costos. Estas establecen objetivos de costos en cuatro áreas definidas: objetivos de costos de producto/lanzamiento, planeamiento de inversiones, costos de mantenimiento y costos de mejoras.

Estas actividades han de ser vectores dentro del gerenciamiento de un sistema de producción como el que establece Toyota, ya que ata todas las actividades a un objetivo específico o a varios de ellos.

El poder relacionar las actividades que han de ejecutarse junto con las actividades medibles (indicadores claves del desempeño, o por su sigla en inglés, KPI⁷⁵) debe permitir establecer las relaciones de los procesos con dichos indicadores para poder encontrar en ello el diagrama primario de los procesos dentro de un área productiva, la definición de las entradas y salidas del sistema, y la posibilidad de organizar las prioridades.

2.5 Estudio de sistemas de desarrollo de producto

La siguiente sección se orienta a analizar los diversos sistemas de desarrollo de producto, teniendo en cuenta los puntos comunes de todos ellos, independientemente del fabricante automotriz.

2.5.1 Proceso general de diseño y lanzamiento de un producto automotriz. Para explicar esta etapa⁷⁶, se brinda la figura 2.13:

⁷⁴ Monden (1994), pp. 239.

⁷⁵ *Key Performance Indicator*, o indicador clave de desempeño, son aquellas variables que cada departamento dentro de una organización es posible de modificar en función de su desempeño. Generalmente, son variables de negocio que están alineadas mediante actividades de *hoshin kanri*.

⁷⁶ Liker, Jeffrey ; Morgan, James (2019). *Designing The Future*, Nueva York, Mc Graw-Hill, 1ª Edición. Capítulo 1, Página 39-76.

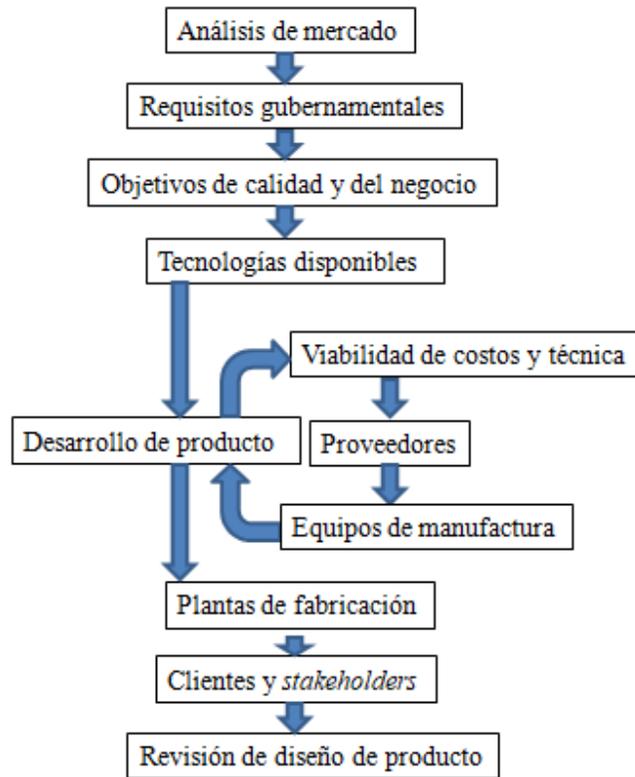


Figura 2.13. Mapa de proceso generado a partir del proceso de Strategic Development de Global Product Development System & TPDS. Fuente: elaboración propia.

1. Análisis de mercado: Es el punto de inicio de cualquier proyecto automotriz. Aquí la tarea primordial es determinar qué es lo que hay que fabricar oyendo la voz de los potenciales clientes y atendiendo aquellos nichos a los que deseamos apuntar. Si bien se intenta circunscribir estos proyectos a plataformas estandarizadas (segmentación por dimensiones o capacidades, por ejemplo), también se crean nuevos nichos (los *crossover* son un ejemplo de ello, donde se toman características de algunos vehículos de determinados segmentos y se aplican en otras plataformas disímiles, lo que da una utilización distinta a un vehículo que comúnmente servía para otra tarea). Nacen también aquí algunos datos que nos darán las trazas iniciales del diseño (por ejemplo, capacidades de carga, velocidades máximas, aceleración, número de ocupantes o hasta tipos de combustibles/energías).

2. Requisitos gubernamentales: En esta instancia, se darán las normas aplicables que rigen en cada región donde es realizado el análisis del mercado. Consideremos que, si bien las plataformas son en su mayoría globales (todos los mercados comercializan el mismo tipo de vehículo), no necesariamente se aplican las mismas normas (un ejemplo claro es la Comunidad Europea con las normas Euro 6, al contrario de América del Sur, donde aún la norma Euro 5 está vigente). Esto condiciona el diseño y, por ende, genera fenómenos de diseño que han sido tendencia (por ejemplo, hace unos años se comenzaron a diseñar motores con esquemas de *downsizing*, al tener exenciones

impositivas los motores de igual o menor cilindrada a los reglamentados, habiéndose impulsado, para ello, tecnologías tales como turbos variables o sistemas de válvulas de admisiones independientes). Deben considerarse estas normas, que tienen un carácter de vigencia y aplicación constante, donde las diferentes etapas de cada producto deberán cumplir con ellas. Podemos enumerar algunas de las normas requeridas: IMDS⁷⁷ (*International Material Data System*), Normas Euro⁷⁸, GADSL⁷⁹ (*Global Automotive Declarable Substance List*) o Normas SAE⁸⁰.

3. Objetivos de calidad y negocio: En este punto, se determinará el nivel de calidad aceptable para cada vehículo (CPU⁸¹, R/1000⁸² y TGW⁸³ son algunos de los indicadores comunes que existen para conocer el nivel de calidad que cada producto genera para la compañía). Dónde se fabricará cada producto, dependiendo del tipo de plantas, impuestos, tecnologías e inversiones, también constituye una tarea dentro de esta etapa. Los recursos son dispuestos según las necesidades de manufactura y los clientes a los cuales se venderán estos vehículos.

4. Tecnologías disponibles: Previo al inicio de las etapas de diseño, es necesario contar con el detalle de las tecnologías con las que contará el vehículo. Las últimas tendencias tecnológicas obligan a fabricar productos que, desde el punto de vista del usuario, sean compatibles con las tecnologías móviles actuales, así como también con los avances en la conducción autónoma y semiautónoma. El otro punto para tener en cuenta es el uso de impulsores basados en energías renovables (vehículos eléctricos) o alternativos (biodiésel).

⁷⁷*International Material Data System*, o Sistema Internacional de Datos de Materiales, es un repositorio de información, donde se deja constancia del tipo de material utilizado en los componentes de un automóvil actualmente en producción. El objetivo es identificar aquellos componentes que eventualmente sean fabricados con material prohibidos por las normas de regulación internacionales. Algunos de los materiales prohibidos son el plomo, el mercurio y el cadmio.

⁷⁸Es el conglomerado de normas regulatorias que versan sobre el nivel de emisiones aceptable de un vehículo para la venta en los Estados Miembros de la Unión Europea. Para que un vehículo pueda ser comercializado en función de su categoría, debe poder cumplirlas. Como dato relevante, estas normas son utilizadas en otros mercados donde puede no existir una regulación local propia (como es el caso de Chile).

⁷⁹Lista global de sustancias declaradas en la industria automotriz. Es el listado de todos los materiales químicos existentes en la industria con su respectiva declaración en función del uso que tendrá en un automóvil (en material puede estar prohibido para determinados usos, pero permitidos para otros). Es la base de datos del IMDS.

⁸⁰*Society of Automotive Engineers*, o Sociedad de Ingenieros de la Automoción, es una organización que se encarga de recopilar, analizar, redactar y publicar todo tipo de normas técnicas referidas a la industria de la automoción (no solo automotriz, sino otras industrias como la aeroespacial o aquellas vinculadas con la construcción de vehículos).

⁸¹*Cost per unit*. Costo por unidad. Es un indicador de calidad utilizado en la industria, en el que se prorratan en total de los gastos de reparaciones de los usuarios realizados en períodos de garantía sobre el total de las unidades producidas en un lote determinado.

⁸²Reparaciones cada mil unidades. Contabiliza la cantidad de intervenciones realizadas en todos los vehículos producidos en un determinado lote dividido mil. Da una idea general del uso de las garantías como así también de aquellas intervenciones repetitivas, pudiendo buscar soluciones para evitarlas.

⁸³*Things gone wrong*. Literalmente del inglés significa “cosas que salieron mal”. A diferencia del CPU o TGW, es una medida subjetiva de los problemas de calidad a ojos del cliente. Su cálculo se basa en función de la cantidad de clientes que tienen alguna queja sobre algún tipo de característica del producto, ya sea puntal (por ejemplo, una determinada pieza) como de desempeño (por ejemplo, cierre de puertas con esfuerzo excesivo).

5. Desarrollo de producto: Ya en esta etapa, comienza a darse forma al proyecto, utilizando como *input* la información otorgada por el análisis de mercado, los requisitos gubernamentales, los objetivos de negocio y las tecnologías disponibles dado el tipo de proyecto. Aquí se define lo que se conoce como *trustmark*⁸⁴ aplicable para cada vehículo (líneas distintivas de una marca, logos, colores, así como estándares que maneja cada terminal y se utilizan como herramienta de marketing; este es el caso de la marca Tesla, en la que sus vehículos son en su totalidad eléctricos). Se materializan los diseños en *clay*⁸⁵, modelos, prototipos, características que se puedan complementar con tecnologías ya utilizadas y evaluadas (en muchos casos estas definiciones logran ahorrar inversiones y mantener bajo control los costos de diseño). Cabe mencionar que esta actividad contempla no solo el diseño de las dimensiones de las piezas y sus componentes, sino también las actividades de validación y prueba.

6. Viabilidad de costos y técnica: Dentro de los proyectos y desarrollos de vehículos, el análisis de negocio que se hace para cada caso debe repagar el costo de diseñarlos, lanzarlos, producirlos, etc. Aquí se encuentra un limitante que debemos respetar para que el vehículo pueda comercializarse. Como puede apreciarse, hay un ciclo entre el diseño y los proveedores, lo que indica que hay una retroalimentación entre estas etapas con las de diseño hasta que se logren las definiciones finales que deberán seguirse (ver figura 2.13).

7. Proveedores: En este punto consideramos a los proveedores de diseño (proveedores maduros o socios en la industria, ver tabla 1.1). Habiendo identificado aquellos proveedores que serán partícipes en las etapas de diseño, se los incorpora en esta actividad. Con los objetivos de costo y viabilidad establecidos, estos participarán aportando sus sugerencias de diseño (en un proceso que se conoce como ingeniería concurrente, donde los responsables del diseño de un vehículo estudian todas las alternativas de diseño antes de decidir por el definitivo en función de sus objetivos).

8. Equipos de manufactura: Se incluyen, en este punto, a los especialistas de manufactura, que serán responsables de llevar todas las inquietudes y requisitos de fabricación y montaje a los responsables de diseño de producto. La intención de un equipo multidisciplinario de ingeniería es, justamente, poder realizar el diseño final de un producto integrando todas las necesidades, evitando problemas en etapas futuras (como debe ser el lanzamiento de un vehículo en producción).

⁸⁴ Traducido del inglés significa “marca de confianza”. Son aquellas características en un producto o servicio que identifican a un determinado fabricante y que este utiliza para deleitar al usuario o destacar su producto por sobre otros de la competencia.

⁸⁵ Es una técnica en la industria donde se modela el vehículo con materiales generalmente utilizados en diseño de moldes para figuras. El mismo otorga la flexibilidad al diseñador a modificar líneas en función de las características de diseño del vehículo.

9. Plantas de fabricación: Una vez finalizado el diseño, se procede a las etapas de puesta de producción del vehículo. Para ello, inicialmente, los proveedores harán sus primeras pruebas de producción de componentes para luego ensamblar los subsistemas, y, finalmente, en la planta de montaje, los ensayos de ensamble de vehículo, como una etapa más de validación. Todos los problemas de desarrollo de producto encontrados durante esta etapa serán relevados a fin de darles una solución. Cabe mencionar que un problema de diseño de producto puede ser solucionado mediante la modificación de algún estándar de planta, el agregado de mano de obra o la modificación de alguna instalación, aunque ese tipo de soluciones no resulte en sí conveniente, ya que todas generarán algún detrimento en los costos o en los estándares de manufactura.

10. Clientes/*stakeholders*⁸⁶: El cliente resulta el destinatario final del producto, de quien se obtendrá la retroalimentación, o lo que se conoce también internacionalmente como “*feedback*” necesario para entender qué hay que mejorar o solucionar. Uno de los puntos que dio inicio a esta investigación fue, justamente, cómo cerrar el *gap*⁸⁷ que hay entre diseño-proveedores-producción-clientes-*stakeholders* de una forma rápida y eficiente, a fin de fortalecer el negocio y las relaciones entre las partes.

11. Revisión de diseño: Esta es la actividad en donde focalizaremos este trabajo, a fin de conocer cómo podemos disparar las tareas de mejora en función de lo que nos entreguen como entrada el resto de las partes. Esta apunta a recolectar, analizar, optimizar, y plasmar las acciones que surjan. Para ello, contaremos con una serie de herramientas y de sistemas que se encuentran difundidos en la industria (una de ellas es Seis Sigma, pero también el AMFE, APQP, SCAAF, PPAP, PSW o GPDS, entre otros).

2.5.2 Pasos del proceso de diseño en ingeniería de producto. Para describir estos pasos, tenemos en cuenta dos escalas de diseño: el diseño de producto de plataformas nuevas y aquellos que son rediseños de plataformas existentes⁸⁸. Se hace esta salvedad porque las etapas constitutivas de ambas escalas no son las mismas.

2.5.2.1 Diseño para plataformas nuevas. Básicamente, el diseño se inicia luego de un determinado análisis de mercado, en donde se revisan tendencias, gustos, nichos, usos y posibilidades para un determinado vehículo.

⁸⁶ Partes interesadas en un proceso o negocio.

⁸⁷ Traducido del inglés significa “separación”. En este caso, esa separación será considerada en función del entendimiento de las partes y del grado de cumplimiento de los acuerdos a los que se arribe. Se entiende que las relaciones entre diseño, proveedores, producción, clientes y *stakeholders* no es lineal ni unidireccional, sino que puede plantearse como un círculo donde todas las partes exponen sus necesidades en función del proyecto planteado. En el caso de los clientes, la figura más relevante para ello es el *chief engineer* (analizado más adelante en este capítulo).

⁸⁸ Department of Defense, Systems Management Collegue (2001). *System Engineering Fundamentals*. Estados Unidos: Defense Acquisition University Press. Capítulo 2, página 11.

En la actualidad, todas las compañías automotrices que operan a nivel global deben tener productos similares en todas las regiones, definido esto por una serie de ventajas competitivas para operar a nivel mundial. Esto también se tiene en cuenta en la etapa inicial de un proyecto, ya que dicho producto debe seguir la estrategia de negocio de cada compañía. En esta etapa cero del proyecto, se establece el nivel de calidad mínimo que una plataforma debe tener (indicadores de R/1000, CPU y TGW).

Las directivas del diseño más duras resultan de un análisis intensivo de mercado (ejemplo: el *focus group* como herramienta principal o la incorporación de un *chief engineer*, que será responsable de la voz del cliente). En esta etapa se definen puntos técnicos tales como la clase de chasis, el rendimiento, la velocidad final o la aceleración (parámetros físicos que definirán al vehículo).

Para la variable física, se da forma a la carrocería (con *clay*), se analiza el tipo de motor y cilindrada, la clase de frenos, las estructuras dinámicas y las funciones eléctricas y de interiores.

Cuando se obtiene esta información, el *expertise* para fabricar cada elemento del vehículo se aporta en conjunto con un proveedor especialista (ya sea que haga la manufactura de la pieza o no), a fin de obtener la mejor relación costo-beneficio posible en esta primera etapa.

Dentro de esta etapa, se utiliza la evaluación por CAE (*computer aided engineering*, según su sigla en inglés), a fin de determinar las características mecánicas, estáticas y dinámicas del diseño automotriz, evaluando cada subsistema por separado para ser probados en conjunto al final.

Dependiendo de la decisión de la Gerencia, se podrá realizar una etapa preliminar a la construcción seriada, lo que se conoce como VP (*vehicle prototype*, según su sigla en inglés), a fin de evaluar directamente desde las funciones elementales hasta la experiencia de manejo del vehículo.

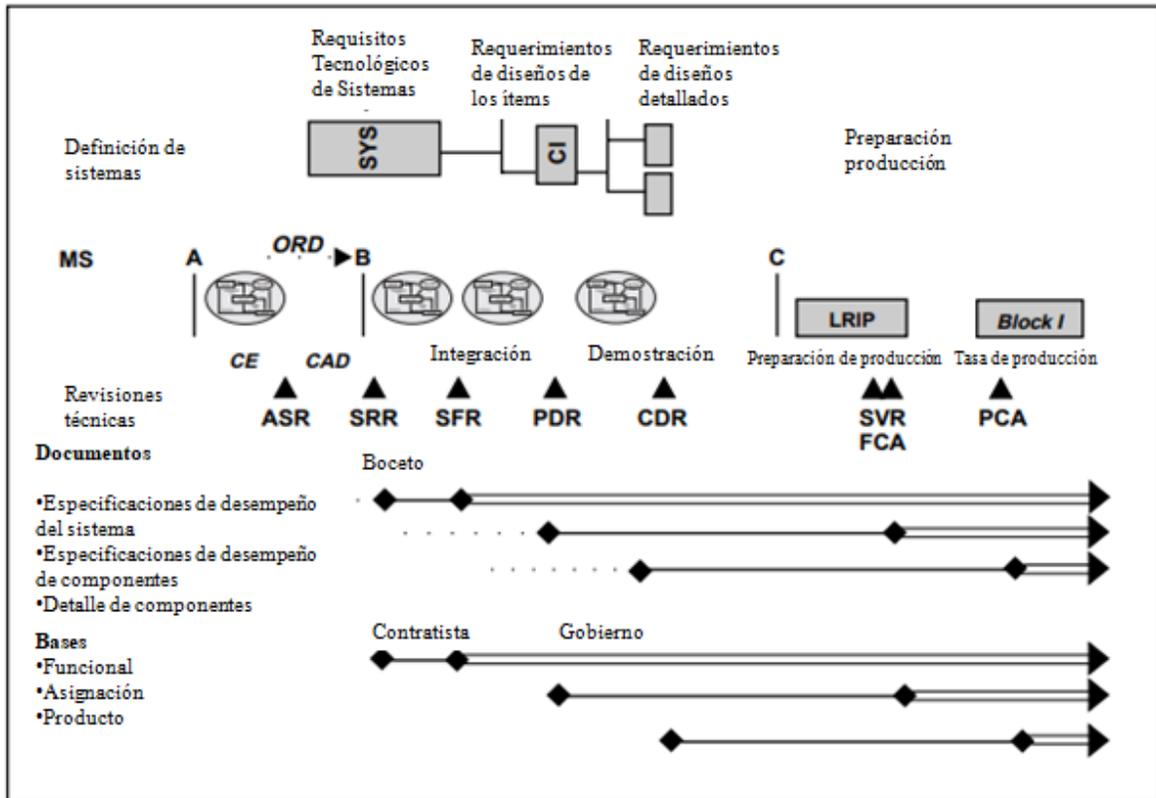
En la etapa de implementación (*deployment*), se verifican las necesidades de manufactura para el vehículo (métodos, tiempos, herramientas, necesidades, etc.). Cuando el vehículo supera las fases de preserie productiva y comienza la producción masiva, se evalúan aquellos indicadores que impactan en los clientes (ya sea internos o externos).

Aquí cada especialista dentro de la función asignada deberá evaluar las acciones necesarias que se deben tomar para que el producto no produzca un impacto negativo en toda la cadena de *stakeholders*. Estas acciones son evaluadas en conjunto con el centro de diseño a fin de incorporarlas en futuros rediseños de la línea correspondiente.

Para un mayor detalle de lo expuesto hasta aquí, a continuación se desarrolla un ejemplo de los sistemas que se utilizan actualmente en algunas compañías automotrices.

2.5.3 Herramientas de diseño de producto en la industria automotriz. Cada compañía utilizará el sistema que considere correspondiente a su estrategia global, en función de las alianzas comerciales y los proveedores que posea.

Se hará el despliegue correspondiente para los sistemas de desarrollo de producto, indicando sus conceptos primarios y las etapas que deben llevarse adelante. Al corresponder a una serie de procesos que deben terminarse en un tiempo finito y que, de no concluirse, no permiten avanzar en el proyecto, se sigue un diagrama de Gantt⁸⁹, en el que se materializan los hitos y actividades, según se muestra en la figura 2.14:



⁸⁹ Wilson, James (2003). Gantt charts: A centenary appreciation. European Journal of Operational Research 149, pp. 430-437.

Siglas

ASR. *Alternative System Review*. Revisión alternativa del sistema.
SRR. *System Requirement Review*. Revisión de requerimientos del sistema.
SFR. *System Functional Review*. Revisión funcional del sistema.
PDR. *Preliminary Design Review*. Revisión preliminar del diseño.
CDR. *Critical Design Review*. Revisión crítica del diseño.
SVR. *System Verification Review*. Revisión de verificación del sistema.
FCA. *Functional Configuration Audit*. Auditoría de configuración del funcionamiento.
PCA. *Physical Configuration Audit*. Auditoría de configuración física.
LRIP. *Low Rate Initial Production*. Producción inicial de bajos volúmenes.
MS. *Manufacturing Stage*. Etapa de manufactura.
CE. *Concept Engineering*. Concepto de ingeniería.
CAD. *Computer Aided Design*. Diseño asistido por computadora.

Figura 2.14. Proceso de diseño, validación y puesta en producción de un producto⁹⁰.

Las líneas que comienzan con rombos y se extienden hasta la flecha corresponden a las actividades para realizar; los triángulos corresponden a los llamados *gateways*⁹¹ y la finalización de determinados *gateways* formarán lo que se denomina *milestones*⁹².

El despliegue de ingeniería se realiza desde la vista general del vehículo, para luego ir separando los diferentes subsistemas hasta llegar al análisis pieza a pieza. Esto permite conocer y entender todas las características solicitadas, comprendiendo qué es lo que debe cambiarse o mejorarse para lograr la satisfacción final del cliente⁹³.

A este proceso se lo conoce dentro de estos sistemas por las actividades que realiza, a saber:

- Descomposición: A un sistema integrado se lo descompone en los distintos subsistemas hasta llegar a los componentes.
- Definición: Se procede a definir el uso y composición de cada pieza y qué es lo que se debe diseñar/modificar.
- Verificación: Por medio de métodos empíricos o herramientas de soporte, se procede a analizar que dicho diseño cumpla con el objetivo por el cual se ideó.
- Realización: Se corresponde a la etapa de fabricación y armado de los subcomponentes, pasando a analizar la ingeniería de manufactura.

⁹⁰ United States Government US Army (2013). Createspace Independent Pub, Virginia, EE. UU., página 101.

⁹¹ Traducido del inglés significa “portales”. Son etapas donde, en función de las actividades realizadas previamente, se toma la decisión de avanzar en un proyecto o abortarlo.

⁹² Traducido al castellano significa “eventos”, conjunto de actividades completamente finalizadas que indicarán una etapa de todo el proyecto.

⁹³ United States Government US Army (2013), pp. 65.

- Validación: Se evalúan los sistemas/subsistemas en pruebas de campo y de cliente final.

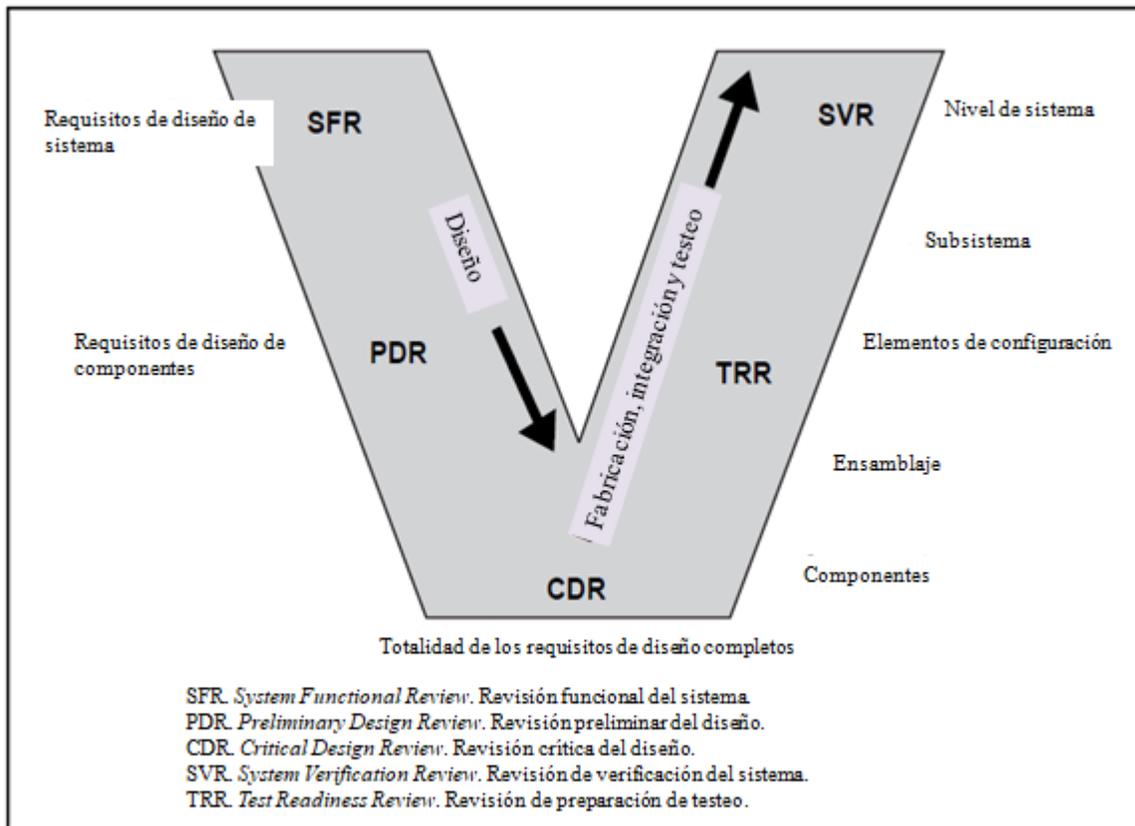


Figura 2.15. Proceso de diseño de sistemas y componentes. Fuente: United States Government US Army (2013), pp. 65.

Para poder lograr un análisis factible y un diseño apropiado, se debe dividir el vehículo en dos fases:

- *Top hat system*⁹⁴: Sistemas exteriores e interiores.
- *Platform system*⁹⁵: Estructura interior, arquitectura eléctrica, carrocería inferior, chasis y *powertrain* (conjunto caja-motor).

Los sistemas *Top hat* se diseñan, generalmente, en función del requerimiento directo del cliente, mientras que los sistemas de plataforma tienden a ser sistemas ya evaluados y probados con alta confiabilidad.

⁹⁴En la actualidad, con los sistemas modulares adaptados a los vehículos y subdivisión en plataformas (varios vehículos se sirven de la misma plataforma para ser diseñados, esto es, comparten elementos estructurales y motrices), es muy común que los arreglos de piezas de apariencia (aquellas que el cliente ve y con las que puede interactuar o tocar), se definan de esa forma.

⁹⁵Son aquellos sistemas y subsistemas que hacen al desempeño funcional de un automóvil, generalmente suelen estar en producción mucho más tiempo que las piezas de subsistemas *top hat* y su uso y diseño viene dado no solo por gusto del cliente, sino también por cuestiones funcionales y constructivas.

Básicamente, esta división de sistemas se realiza basándose en la complejidad de cada subsistema y sus arreglos en particular. Puede citarse como ejemplo la figura 2.16, donde, para cada arquitectura especial, ha de seguirse un proceso predefinido:

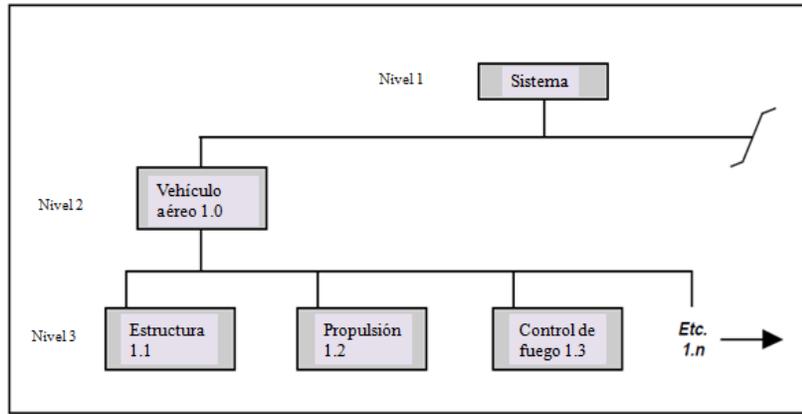


Figura 2.16. División de desarrollo de producto en función de los sistemas, subsistemas y componentes. Fuente: United States Government US Army (2013), pp. 87.

Cada uno de ellos, en función del proyecto, tendrá una escala de tiempo de trabajo dependiendo de las categorías de las modificaciones:

Escala	<i>Upper Body</i> ⁹⁶	<i>Under Body</i> ⁹⁷	<i>Powertrain</i>
6	Totalmente nuevo	Totalmente nuevo	Totalmente nuevo
5	Interior y exterior totalmente nuevo. Mantiene la estructura	UN4 + Cambios en el bastidor. Incluye cambios en la geometría de la suspensión	Conjunto caja y motor completamente nuevo
4	Exterior totalmente nuevo	Cambios en paneles de piso. Sin cambios en bastidor o en tanque de combustible	Conjunto caja y motor parcialmente nuevo (derivado de un conjunto ya existente)
3	UP2 + Cambios en capot, guardabarros y portones de baúl/caja de carga	Cambio parcial de suspensión	Cambio de conjunto caja y motor por uno ya existente (implica cambios en el montaje)
2	Cambios de diseño frontales y traseros (paragolpes, ópticas y grillas)	Reconfiguración de suspensión	Cambios menores en el montaje y desarrollo de desempeño
1	Cambio en insignias	Sin Cambios	Menores a un cambio de calibración

Tabla 2.1. Escalabilidad de cambios⁹⁸.

⁹⁶Se refiere a todas aquellas piezas de carrocería y de interiores. Es sinónimo de *Top Hat*.

⁹⁷Incluye todos los elementos estructurales de un vehículo. También se incluyen las piezas de elementos funcionales (frenos, dirección, suspensiones y bastidores), excluyendo las que hacen al tren motriz y su funcionamiento.

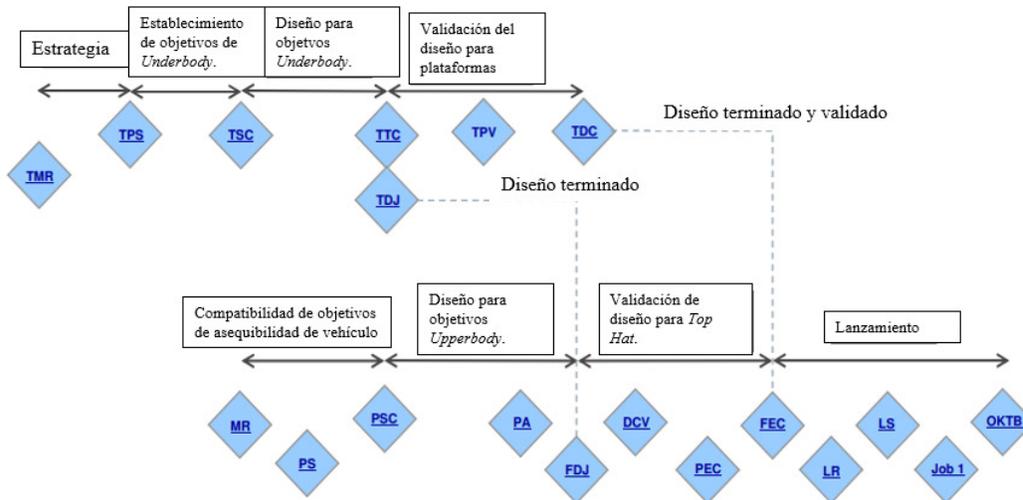
⁹⁸ Ford Motor Company (2017) Global Product Development System V3.0 Overview. Página 13.

En la tabla se muestra el tipo de escala que tiene cada cambio para cada plataforma. Es función de ello, principalmente, la severidad del cambio que trae aparejado en cada subdivisión y del cual se deriva, a su vez, el tiempo necesario para desarrollarse, según se observa en la tabla 2.2:

GPDS 3.0			GPDS 2.5	
Escala de cambios de ingeniería			Plantilla de tiempo de proyecto	
<i>Upperbody</i>	<i>Underbody</i>	<i>Powertrain</i>		
Grande	Grande	Nuevo/ Mayor	Paquete grande	666/655
Grande	Grande	Nuevo/ Mayor	Paquete <i>top hat</i> simple	666/655
Mediano	Grande	Mayor	Paquete MCA (<i>Mid Cycle Action</i> – Acción a mitad de ciclo)	345
Mediano	Grande	Mayor	MCA <i>Top hat</i> simple	345
Mediano	Mediano	Moderado	ICA (<i>Initial Cycle Action</i> – Acción a inicio de ciclo) <i>Top hat</i> simple	333
Grande	No afectado	Menores	<i>Top hat</i> simple grande solo	522
Mediano	No afectado	Menores	<i>Top hat</i> simple mediano solo	322
No afectado	Mediano (<i>top hat</i> simple)	Mayor	<i>Powertrain & underbody</i> solo	245
Pequeño	Pequeño (<i>top hat</i> simple)	No afectado	Localización	Localización

Tabla 2.2. Escalabilidad de cambios actual. Fuente: Ford Motor Company (2017), pp. 13.

Finalmente, en el diagrama de Gantt de este sistema se ordenan todas las actividades, según la figura 2.17:



Siglas

- TMR. *Technology Management Review*. Revisión gerencial de tecnologías.
- TPS. *Technology Program Start*. Inicio de tecnologías del programa.
- TSC. *Technology Strategic Confirmation*. Confirmación de la estrategia de tecnologías.
- TTC. *Technology Target Confirmation*. Confirmación de los objetivos de tecnologías.
- TDJ. *Technology Data Judgement*. Juicio de datos tecnológicos.
- TPV. *Technology Prove-Out Vehicles*. Demostración de tecnología vehicular.
- TDC. *Technology Development Completion*. Terminación de desarrollo tecnológico.
- MR. *Management Review*. Revisión gerencial.
- PS. *Program Start*. Inicio del programa.
- PA. *Program Approval*. Aprobación del programa.
- FDJ. *Final Data Judgement*. Juicio final de la información.
- DCV. *Development Completion Validation*. Terminación de la validación del desarrollo.
- PEC. *Preliminary Engineering Completion*. Terminación preliminar de ingeniería.
- FEC. *Final Engineering Completion*. Terminación final de ingeniería.
- LR. *Launch Readiness*. Preparación para lanzamiento.
- LS. *Launch Start*. Inicio de lanzamiento.
- Job1. Primer vehículo producido.
- OKTB. *Okey to Buy*. Listo para la compra.

Figura 2.17. Pasos para el proceso de desarrollo, validación y puesta en producción de un producto nuevo bajo el *Global Product Development System*. Fuente: Ford Motor Company (2017), pp. 43.

Sin entrar en detalle, en cada uno de estos eventos, la secuencia de actividades describe en sí cómo son las sucesivas etapas del diseño de un vehículo. Para plataformas existentes, se ejecuta una parte de este proceso para las actualizaciones de cada modelo, lo cual implica una gran cantidad de cambios (ver figura 2.17, son los contemplados en las últimas cuatro líneas).

Estas actividades de actualizaciones de los vehículos se realizan en función del ciclo de vida de cada producto, a fin de mantener una imagen vigente de estos frente a las nuevas ofertas de la competencia.

Estos cambios que se realizan una vez lanzado el producto a la venta pueden contemplar diferentes cuestiones. Pueden ir desde una actualización legal (por algún cambio de normativa)

hasta otras más evidentes al público, como los cambios en la apariencia general del vehículo (ópticas, faros, guardabarros, grillas o paragolpes).

Debido a que los cambios resultan ser puntuales y difícilmente existan cambios de tecnologías que impliquen mayores modificaciones, estos “nuevos” productos no llevan la misma cantidad de recursos ni actividades para poder llevarlos a cabo.

Al momento de iniciar las etapas de desarrollo de producto, estas se inician desde el *gateway* PS (ver figura 2.17) para luego volver a iniciar el ciclo de diseño hasta su lanzamiento.

2.6 Análisis de las tareas de Ingeniería de Producto en plantas productivas

En líneas generales, y tal como se expresó en el primer capítulo de esta tesis, en la actualidad, los productos automotrices siguen el diseño planteado en los centros de diseño, por lo cual tienden a ser iguales en todas las plantas donde se los fabrique. Se aclara que los productos, a pesar de poseer el mismo nombre y tener la mayoría de los componentes iguales, siempre tienen alguna característica que variará en función del mercado donde se comercialice.

En primer lugar, debido a las homologaciones y reglamentaciones que existen para cada país o mercado, varían las características de producto⁹⁹. Por ejemplo, en países como Brasil, un automóvil puede venir desprovisto de una traba de volante, pero, en Chile, esta es obligatoria. Se puede mencionar también el caso de Maserati y la primera generación del modelo 3200 GT, el cual contaba con un grupo de faros LED (los primeros de esta tecnología montados en un automóvil de producción). Por índoles de desempeño, estos faros no cumplían con los estándares de iluminación mínimos requeridos en Estados Unidos, por lo que fue descartado para la venta en ese mercado al no poder homologarse. Este hecho hizo que se precipitara el lanzamiento de la siguiente generación, que contaba con nuevos grupos ópticos que sí cumplían la reglamentación estadounidense. Cabe mencionar que, en esta categoría, se encuentran también los requisitos de emisión de cada país o región.

En segundo lugar, se tienen en cuenta las necesidades de marketing para cada país y región. Aquí entran todas las características que no son respectivas a homologaciones y quedan en manos de cada fabricante la decisión de incorporar estos requisitos en sus vehículos. Por ejemplo, dependiendo el mercado, una *pick-up* puede incorporar un gancho de remolque o no, o incorporar alguna pieza de ornamentación distintiva para un mercado, eventualmente.

Todas estas son, en definitiva, entradas al diseño que han de tenerse en cuenta al momento de bocetar un vehículo, que el *chief engineer* utilizará. Sin embargo, una vez diseñado el vehículo,

⁹⁹ De la experiencia del autor y de las prácticas comunes de la industria.

establecidos los procesos de construcción y ensamblaje, y lanzado en una determinada planta para que se inicie su producción, comienzan a tenerse en cuenta otros factores.

Dichos factores están englobados en las siguientes categorías: ergonómicos, costos, calidad de clientes (internos y externos) y abastecimiento¹⁰⁰.

Ergonómicos. Eventualmente, este es un proceso que corresponde a las etapas de diseño inicial de un vehículo. Sin embargo, suele suceder que por diversos motivos (ajustes en los dispositivos de montaje de las autopartes, cambios en las instalaciones de una planta, o modificaciones de producto en etapas de serie), surjan problemas ergonómicos para los operarios.

Si bien resulta mucho más atribuible a un proceso de montaje que a un problema de ergonomía (dependiendo como fuese planteado un puesto de trabajo en la etapa de análisis y los factores que no fueron contemplados y generan una condición subestándar en cuanto respecta a la ergonomía), desde el punto de vista del diseño de producto, pueden encararse diversas alternativas, en caso de que el producto lo permita, para resolverlo.

Si los límites constructivos del diseño lo permiten, se pueden modificar algunas piezas involucradas; por ejemplo, cambiar las posiciones de fijación para permitir una mejor postura o el uso de diferentes tipos de piezas o fijaciones para disminuir los esfuerzos de montaje si la solución lo requiere. De forma similar a cuando se plantea el inicio del diseño del proyecto con los *module development teams*¹⁰¹ (MDT, por su sigla en inglés), esta clase de actividades deben hacerse en coordinación con los ingenieros de manufactura, quienes también deberán incorporar ideas y validar soluciones.

Calidad. Generalmente, es una de las actividades que más tiempo ocupa a un ingeniero de producto que trabaja en una planta productiva. Esta disciplina abarca los problemas internos de calidad (pueden ir desde el análisis de problemas de calidad de proveedores que son encontrados al pie de una línea de producción hasta resolver algún problema de calidad que afecta a un cliente final). Aquí también entran, dependiendo de la capacidad de absorber tareas de un área de desarrollo de producto, los problemas de calidad que pudieran tener los proveedores en cuanto respecta a la manufactura de un componente o subsistema. Estrictamente planteado, este tipo de problemas puede resolverse con modificaciones del diseño de producto.

¹⁰⁰ De las prácticas comunes de la industria.

¹⁰¹ Equipos de desarrollo modulares. Consisten en tres especialistas de las siguientes disciplinas: manufactura, producto y diseño. Se encargan de proponer y revisar todas las alternativas de diseño y explorarlas hasta llegar a una propuesta final. Liker & Morgan. (2006), pp. 87.

Costos. Bien conocidos resultan los beneficios del *lean manufacturing* en cuanto a costos; sin embargo, se suscriben al ámbito de aplicación en la planta y no existe una aplicación igual de exhaustiva en el diseño de producto. En ese caso, la capacidad de reducción de costos encarada desde el producto es mucho mayor en lo que respecta a las plantas y existe, de esa forma, una proporción correspondiente a ingeniería de producto. Con esta finalidad, es que existen determinados eventos en las etapas de diseño inicial que justamente, se orientan a reducir costos en materia prima y horas de trabajo para el ensamblaje de un vehículo, aun así, cuando un producto es localizado en una planta, el mismo es plausible de ser mejorado aún más, ya que pueden analizarse alternativas de nacionalización de componentes y subsistemas. Con la aplicación de herramientas de *lean design*, allí es donde no solo se verá reducido el costo en cuanto a diseño de producto, sino también se potenciarán las actividades de *kaizen* en planta, lo que surtirá un efecto mayor en los objetivos.

Ventas. Corresponderán todas las actividades abocadas a la redefinición de productos para poder mejorar márgenes de ventas, lograr una correcta separación entre las categorías de vehículos y mantener la estrategia de portfolios de productos para cada región. Básicamente, cualquier cambio de producto que deseen realizar las áreas de marketing o ventas, deberá ser analizado por cada equipo de planta, a fin de poder verificar el impacto de cada sugerencia y poder, de esta forma, contemplar todos los cambios necesarios que deberán ser llevados a cabo en un producto.

Homologaciones. Es responsabilidad de las áreas de desarrollo de producto poder soportar los procesos de homologación, adaptando los cambios necesarios en función de cada mercado. Como actividad, se procederá a homologar no solo aquellos productos fabricados dentro de una misma planta, sino también resulta común que, para cada región, todo el contenido de automóviles importados también sea homologado.

Abastecimiento. La última categoría sobre la que se va a encuadrar el trabajo de un ingeniero de producto en una planta es la de garantizar tanto la generación de alternativas de uso de componentes como así también las validaciones necesarias en caso de desabastecimiento de un componente por cuestiones de flujo logístico (material de reemplazo provisorio o definitivo). Esta actividad se realiza a fin de evitar paradas de plantas por inconvenientes logísticos, un hecho común cuando existe materia prima o componentes importados.

2.7 Descripción de cada una de las tareas de rediseño

Se describirán, a continuación, todos los tipos de actividades que un área de Ingeniería de Producto en una planta puede realizar, basadas en las dimensiones previamente enumeradas

(costos, calidad, ergonomía, ventas, homologaciones o abastecimiento). Para describir la relación de las actividades con las categorías enumeradas, se presenta la tabla 2.3:

Categorías de trabajo	Actividades realizadas por las áreas de Ingeniería de Producto en una planta productiva
Calidad	Cambios de producto provenientes del centro de diseño, ya sea por problemas o por mejoras surgidas en otras regiones. Cambios de <i>layout</i> y herramientas dentro del proveedor. Análisis de reclamos de garantías. Análisis de reclamos de clientes por disgustos por piezas, por su diseño, funcionalidad, habitabilidad. Análisis de reclamos de alto riesgo. Reclamos en la terminal por piezas defectuosas/incompatibilidad de diseño y manufactura. Reclamos para el proveedor por defectos, procesos, materiales o herramienta que resultan en un sobre costo o cuello de botella dentro de su proceso productivo, y sea posible modificar el producto. Análisis de reemplazo de piezas en servicio. Sugerencias de mejoras provenientes de planta. Sugerencias de mejoras provenientes de proveedores/ <i>stakeholders</i> .
Costos	Cambios de producto provenientes del centro de diseño, ya sea por problemas o por mejoras surgidas en otras regiones. Cambio de proveedor/localización de componentes. Ideas de reducción de costos. Sugerencias de mejoras provenientes de planta. Sugerencias de mejoras provenientes de proveedores/ <i>stakeholders</i> .
Ergonomía	Reclamos en la terminal por piezas defectuosas/incompatibilidad de diseño y manufactura. Reclamos para el proveedor por defectos, procesos, materiales o herramienta que resultan en un sobre costo o cuello de botella dentro de su proceso productivo, y sea posible modificar el producto.
Ventas	Reordenamiento de catálogos de productos.
Homologaciones	Proceso de homologaciones de producto.
Abastecimiento	Análisis de cambio de piezas <i>non-job stopper</i>

Tabla 2.3. Relación entre las actividades de Ingeniería de Producto y la categoría de trabajo a la cual se relaciona. Fuente: elaboración propia.

Como puede verse en la tabla 2.3, existen actividades que atienden diversas categorías de trabajo, ya que se consideran entradas de información para poder iniciar el desarrollo de producto necesario¹⁰².

Cambios de producto provenientes del centro de diseño, ya sea por problemas o por mejoras surgidas en otras regiones. Este tipo de cambios pueden incluir modificaciones en los herramientas productivos de algún componente, así como también modificaciones de las instalaciones de una planta. En el caso de verse afectada una pieza o conjunto entregado por un proveedor productivo, deberá evaluarse en conjunto con dicho proveedor toda la documentación

¹⁰² De la experiencia del autor y de las prácticas comunes de la industria.

necesaria para la liberación de una pieza (proceso de PPAP/PSW). Una vez que el proveedor demuestra capacidad para producir una pieza de acuerdo con el nuevo diseño, se procederá a evaluar su instalación en la planta de montaje. Allí, se debe validar todo aquello que debe verse modificado: medios de transporte de piezas, secuencias de montaje, ergonomía del operario (la cual no debe verse afectada o, en el mejor de los casos, debe ser mejorada luego del cambio de diseño). Por otra parte, se debe revalidar que las características de calidad del vehículo no se vean afectadas o, si lo estuviesen, que esté dentro de lo contemplado.

Cambio de proveedor/localización de componentes. Se refiere al caso donde el proveedor de una determinada pieza o subsistema debe cambiarse por diversos motivos (abandona la región, cierre de negocio o cambio de firma), mientras que una localización de componentes implica desarrollar una pieza en una planta regional, cambiando la fuente de abastecimiento. En este caso, se hará una evaluación del nuevo proveedor, a fin de conocer sus capacidades industriales y de gestión de la calidad. Si el proveedor resultase aprobado, se deberán liberar los costos para los herramientas necesarios y las inversiones en las plantas requeridas (esta actividad se realiza en conjunto entre Ingeniería de Producto y las áreas de Compras y Finanzas). Será responsabilidad del ingeniero desarrollar el plan de validación de las nuevas piezas, así como también definir todos los ensayos que deberán realizarse. Finalmente, el proceso acaba de manera similar al punto anterior: una vez que el proveedor demuestra la capacidad necesaria para producir el nuevo componente, se evaluará el montaje en la planta de fabricación del vehículo en conjunto con las pruebas de producto necesarias.

Cambios de *layout* y herramientas dentro del proveedor. En este caso, todas aquellas modificaciones de *layout* y actualización de maquinarias que se realicen con un proveedor, deberán ser aprobadas por las áreas de Ingeniería de Producto, debiendo realizarse los ensayos necesarios que demuestren que dicho cambio no afecta los niveles de calidad del producto. Vale mencionar que, generalmente, este tipo de cambios realizados en un proveedor suele deberse al incremento de las capacidades de producción de estos.

Análisis de reclamos de garantías. Aquí se revisarán los reclamos de las piezas cambiadas en concesionarios y talleres de posventa. Al incluirse las piezas de garantías, las terminales deberán ser responsables de su costo de recambio. Por eso, se asignan recursos a fin de determinar las causas por las cuales una pieza puede fallar en el campo. Este análisis abarca desde el contacto con el taller de servicios hasta el reclamo de la pieza cambiada para su análisis. Vale mencionar que son recurrentes las técnicas de *mizen boushi*¹⁰³ (también conocidas como *GD3*), para hacer un

¹⁰³ Su traducción del japonés significa “medidas preventivas”. Ver anexo 1.

análisis exhaustivo del modo de falla. Una vez valuada la pieza, si esta no presenta ninguna falla, es devuelta al taller de servicio a fin de reclamar la devolución del costo de la garantía. En caso de que la pieza sí presente alguna falla, se procederá de la siguiente manera dependiendo el origen:

- Falla generada por la manufactura de la pieza (proveedor): Deberá analizar la pieza en conjunto con el proveedor, a fin de definir cuál fue la falla producida y qué debe hacerse para subsanarse. El documento de salida de este proceso es el 8D¹⁰⁴.
- Falla generada en el montaje: Se analiza con el equipo multidisciplinario de planta cuáles deben ser las mejoras y controles que implementar para evitar dicha falla. El documento de salida se registra en las hojas de trabajo de los operarios.
- Falla generada por el diseño de la pieza: Cuando se verifica que el diseño no cumple las expectativas del cliente, se analiza, en conjunto con el centro de diseño y las otras plantas de manufactura, cuáles deben ser las acciones que se deben tomar para mejorar el producto. Se tienen en cuenta los estándares que deben cumplir, a fin de ajustarse a las reglas de diseño vigentes. El documento de salida es la hoja de rediseño, con la apertura del detalle de cambios y la posterior implementación en planta (el proceso es similar al punto 1).
- Falla generada en la entrega: Se analizan los potenciales de mejora que pueden existir con los transportistas, las pre-entregas y los diagnósticos en caso de servicios, a fin de obtener las acciones que se deben implementar. Dependiendo del caso y del origen de la falla, el documento que se genera se denomina TSB¹⁰⁵ (*Technical Service Bulletins*).

Análisis de reclamos de clientes por disgustos por piezas, por su diseño, funcionalidad, habitabilidad. En este caso, para la recolección de información existe una encuesta que proveerá información a los ingenieros responsables de las piezas, a fin de dirigir las acciones necesarias para corregir los reclamos. Estos casos deben acarrear una mejora dirigida en su totalidad por el centro de diseño. En función de las tecnologías disponibles, el análisis de otras terminales frente a estas funciones y una clara visión de lo que el cliente necesita llevan a un cambio que se espera que impacte en el gusto del cliente de manera positiva.

Análisis de reclamos de alto riesgo. Aquí se hace el análisis de piezas o sistemas que atañen a la seguridad de los ocupantes y que, debido a la severidad del tipo de problema surgido, puede

¹⁰⁴ Ocho disciplinas. Es una metodología surgida en la Segunda Guerra Mundial para resolver problemas siguiendo una lógica predeterminada y evitar que vuelva a ocurrir.

¹⁰⁵ Boletín técnico de servicio. Es un informe generado por Ingeniería de Producto que detalla todos los pasos que se deben seguir en caso de una aparición de una determinada falla, que, generalmente, no es de simple resolución o es nueva en el mercado. Izaguirre Neira, Javier; Párraga Velásquez, Rosario (2017). Aplicación de las metodologías 8D y AMFE. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Revista Industrial Data. vol. 20, núm. 2, 2017, pp. 61-70.

requerir investigaciones *in situ*. En caso de problemas donde la causa raíz no sea tan evidente, puede requerirse la asistencia de un equipo de especialistas, a fin de determinar la causa de la falla. En este punto se engloban defectos tales como incendios, pérdida de control de vehículo o falla de elementos de seguridad. Si la causa fuera encontrada y correspondiera un cambio de diseño, el proceso es similar al punto 1, con el incentivo de que, además de desarrollar un componente nuevo, deberá de buscarse una alternativa de reemplazo de los componentes actuales hasta que el nuevo diseño esté disponible en su totalidad (esta acción es normalmente conocida como *interim containment action*, ICA, por su sigla en inglés¹⁰⁶).

Ideas de reducción de costos. El proceso de generación de ideas para poder reducir el costo del vehículo tiene dos vías principales. La primera es comprender las leyes impositivas que se aplican a cada región en función del contenido de material importado. Aquí, la comparación de material que es posible fabricar en un país o región se puede aproximar mediante una tabla con los valores de las piezas, donde se filtrarán aquellas que tecnológicamente se pueden fabricar. La segunda vía, quizás la más difícil para proceder, es la de la modificación del diseño del producto, en donde la reducción de costo se da por el uso de materias primas y procesos de manufactura más económicos.

Reclamos en la terminal por piezas defectuosas/incompatibilidad de diseño y manufactura. En esta categoría se engloban todos los reclamos provenientes de las plantas de manufactura, las cuales incluyen desde problemas generados en las estaciones de trabajo hasta no conformidades en las áreas de calidad respecto al producto que no sean atribuibles al proceso productivo.

Reclamos para el proveedor por defectos, procesos, materiales o herramental que resultan en un sobre costo o cuello de botella dentro de su proceso productivo, y sea posible modificar el producto. Es muy común que los proveedores de autopartes sufran en sus líneas de producción de fenómenos tales como la denominada “fábrica oculta”¹⁰⁷, donde en ocasiones se pasen por alto problemas de calidad que generan una pérdida de dinero a un proveedor y que sea este mismo quien intente buscar soluciones para ello. La mirada occidental sobre este asunto puede pasar por alto los problemas de manufactura en un proveedor, pero si se considera de una forma más abarcativa, los costos subyacentes en los proveedores impactan en los precios de las autopartes y las negociaciones que se llevan a cabo por estos, por lo que esta herramienta coloca los reclamos al mismo nivel que los que ocurren dentro de una planta de ensamble. Esto es debido a que, en el negocio automotriz, y tal como se explica en la sección siguiente, los proveedores productivos

¹⁰⁶Acción de contención intermedia. Corresponde a las acciones necesarias que deben ser tomadas para evitar que un problema siga ocurriendo. Se las consideran transitorias y de carácter urgente, las cuales son reemplazadas por las acciones permanentes.

¹⁰⁷ Se refiere a procesos productivos que no se encuentran registrados, por lo que no se consideran inicialmente en el costo de fabricación y son necesarios para sostener el funcionamiento de una línea de producción.

deben ser socios estratégicos de las terminales, con lo que se equiparan sus intereses. Si existiese un problema de calidad posible de ser resuelto mediante una modificación en el diseño de producto, tendrá que incorporarse al resto de los cambios.

Análisis de cambio de piezas *non-job stopper*¹⁰⁸, en caso de faltantes por demoras en entregas de proveedores. Evaluar reemplazos posibles, atendiendo a todos los puntos críticos de ingeniería y manufactura. Si, debido a algún acontecimiento, alguna pieza puede verse puesta en riesgo en cuanto a su abastecimiento, se pueden analizar alternativas de reemplazo previo a cualquier parada de línea. Para ello, deben tomarse las siguientes consideraciones:

- i. Diferencias en estándares de ingeniería
- ii. Apariencia
- iii. Usos y disponibilidades

Una vez analizado, debe validarse por la planta y por los clientes internos, a fin de que dicho reemplazo temporario sea aprobado.

Análisis de reemplazo de piezas en servicio. Este es el caso de los productos que ya no se encuentran en producción y que, por algún motivo, no hay repuestos disponibles en las áreas de servicios. Aquí se evalúan reemplazos posibles, atendiendo todos los puntos críticos de ingeniería (no así los de manufactura, ya que esta área no se verá afectada por este problema).

- En el caso de piezas que se encuentran fuera de producción y de las cuales ya no hay disponibilidad en servicio, eventualmente, pueden reemplazarse por partes actuales, siempre que se atiendan los siguientes puntos:
 - i. Similitud física y funcional
 - ii. Seguridad en uso
 - iii. Disponibilidad
- Por medio de un breve informe, se darán las características esenciales y los puntos para tener en cuenta en el montaje.

Sugerencias de mejoras provenientes de planta. Se revisarán las sugerencias de mejora provenientes de las plantas de manufactura. Cabe aclarar que lo que es una sugerencia no es un reclamo por problemas de montaje o defectos, por lo que no existe la necesidad de una contención rápida. Las sugerencias se analizan con el equipo multidisciplinario de planta para evaluar las acciones necesarias y las acciones e impacto de estas.

¹⁰⁸Son aquellos componentes de un vehículo que, en caso de no estar en el punto de instalación, debe detenerse la línea de producción. Un claro ejemplo de este estilo de piezas son las ruedas.

Sugerencias de mejoras provenientes de proveedores/*stakeholders*. Similar al punto anterior, todas las sugerencias de mejoras que impacten en un incremento del rendimiento de un proveedor o una reducción de costos serán canalizadas a través de esta actividad.

Reordenamiento de catálogos de productos. Este tipo de tareas se realizan, generalmente, con las áreas de marketing para conocer cuál es la diferenciación de productos tanto en vehículos propios (incluso distintos catálogos del mismo producto) como así también con otros de la competencia. Allí se analiza la función de cada característica de los productos en particular y se analiza qué impacto tiene en el cliente, de forma tal que se pueda mejorar la oferta para cada uno de ellos. A fin de poder realizar este análisis, se utilizan dos herramientas:

- *Benchmarking*¹⁰⁹ de productos. Consiste en analizar, desde el punto de vista del producto, aquellas diferencias existentes entre productos de la terminal y otros de la competencia. Este proceso puede resumirse en el análisis de folletos, hojas de datos de productos de la competencia o, en el mejor de los casos, revisiones *in situ* de cada auto de la competencia. Hay que contemplar que el análisis en estos casos se realiza hasta donde lo permita el producto, evitando proceder al desmontaje de piezas, ya que esa actividad está contemplada en otra etapa.
- Despiece de vehículos de la competencia. En esta actividad, el proceso de *benchmarking* toma una relevancia mucho mayor, ya que se pueden analizar con mucha más profundidad las estrategias de producto de las marcas que conforman la competencia. Se puede, inclusive, evaluar piezas en entornos de laboratorio (ya sea mediante ensayos destructivos y no destructivos, o evaluaciones reales de producto). Este tipo de actividades sirve a muchos fines, desde tareas orientadas a la calidad hasta otras como los costos o las ventas.

Proceso de homologaciones de producto. Para iniciar el proceso de homologación de un producto, se debe segmentar el nicho del producto al cual se debe aplicar (vehículos comerciales, eléctricos, de pasajeros, etc.). Para cada uno de ellos, existe una normativa diferente que el producto deberá cumplir para poder ser ofrecido a la venta en el mercado al que se apunte. Este proceso se orienta a detectar aquellas características que, eventualmente, no cumplan con la homologación (peso establecido, luces de frenos, sistemas de incendio, ancho del vehículo, entre otras) y a analizar los cambios que deban realizarse, a fin de poder someter el proceso a análisis por parte de las entidades gubernamentales.¹¹⁰ Una vez enviada la documentación y realizado el

¹⁰⁹Actividad de comparación de productos y servicios producidos por diferentes compañías, a fin de analizar las similitudes y diferencias entre estos.

¹¹⁰El proceso de homologaciones para Argentina fue modificado bajo la resolución 15/2019 de la Secretaría de Industria, sancionada el 31 de enero de 2019 y publicada en el Boletín Oficial el 04 de febrero del mismo año. Ver anexo 2.

análisis pertinente por parte de las autoridades, se devolverá el expediente aprobado, en el mejor de los casos. Por otro lado, en caso de ser denegada la aprobación, se retornará con los puntos que deben ser subsanados por parte del solicitante.

2.8 Problemas habituales en las áreas de Ingeniería de Producto en plantas productivas

Dentro de un área de desarrollo de producto, se pueden encontrar diversos problemas dentro de su proceso. Algunos de ellos se enumeran a continuación¹¹¹:

- Actividades superpuestas para distintos objetivos: suele ser común que un área de Ingeniería de Producto se encuentre dividida en función de algunas de las categorías enumeradas en la tabla 2.3 (por ejemplo, un grupo de trabajo para actividades de calidad, otro para costos, y algunos miembros destinados a las funciones de homologación de productos). En dicha situación, no habrá un ingeniero asignado a una pieza o subsistema, sino varios. Si bien esto permite que cada miembro pueda trabajar con relativa libertad sobre el área correspondiente para su objetivo, en ocasiones puede darse que un problema de calidad se resuelve con un incremento en los costos de materia prima, o por el contrario, una reducción de costo acarrear un problema de calidad. En esos casos, el problema suele ser relevado posteriormente, ya que cada miembro se verá obligado a proceder con cada idea en función de lograr su objetivo.
- No clarificación de entradas de información: al momento de relevarse un problema de calidad o alguna sugerencia por parte de las áreas clientes, los intereses de estas pueden ser contrapuestos a los de la misma área de Ingeniería de Producto u otras áreas *staff*. Esto en general lleva a discusiones entre las áreas que puede no dirimirse, o de hacerlo, termina demorando el inicio del desarrollo de un cambio de producto, en detrimento de algún indicador de la compañía.
- Investigaciones superfluas: debido a la premura de algunos problemas de calidad o alguna iniciativa de reducción de costos, se decida ejecutar algún cambio de producto sin haber evaluado en su totalidad el impacto que puede ocasionar en algún factor relevante del vehículo. Este tipo de problemas genera toda clase de retrabajos, desde administrativos hasta operativos.
- Errores en la emisión de documentos de cambios de producto: esto dependerá del conocimiento de cada ingeniero de producto y de lo alineado entre las distintas áreas que coordinan los ingresos de cambios de productos en las plantas. Un problema de emisión de

¹¹¹ Liker & Morgan. (2006), pp. 72-74.

documentos puede demorar la realización y ejecución de implementaciones de modificaciones, siendo este un error bastante normal en estas áreas.

- Tiempos de desarrollo muy extensos: la falta de estandarización de tareas deriva en *lead times* de cambios de producto por demás largos, generando en ocasiones que un determinado proyecto no pueda materializarse debido al ciclo de vida del producto.
- Directivas del centro de diseño contrarias a los reclamos de clientes: dependiendo del tipo de problema o reclamo elevado desde una planta productiva, puede ocurrir que la serie de modificaciones necesarias en el producto para poder resolverse no sea factible de ser realizada. Esto dependerá de que el cambio propuesto esté acorde a las reglas de diseño y estándares existentes para un producto, donde la capacidad de explorar alternativas no es puesta en evidencia desde un primer momento.

Estos son algunos de los problemas que serán planteados en el sistema de desarrollo de producto propuesto.

2.9 Principios del *Just in Time* en las herramientas de desarrollo de producto

El proceso de desarrollo de producto es, básicamente, parte de un sistema de gestión y, como tal, descansa en tres factores esenciales¹¹²:

- Procesos
- Personas
- Herramientas y tecnologías

Puede encontrarse dicha relación en la figura 2.18:

¹¹² Liker & Morgan. (2006), pp. 15.



Figura 2.18. Componentes principales de un sistema de desarrollo de producto esbelto. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 16.

Cada subsistema se rige por una serie de principios que son vectores en la organización y gestión de los sistemas de desarrollo de producto.

Los principios que deben tenerse en cuenta son los siguientes¹¹³:

Procesos:

- Establecimiento de la definición de *valor agregado* desde el punto de vista del cliente y separación del valor agregado de desperdicio.
- Generación de alternativas de desarrollo de producto desde el inicio del proceso.
- Creación de un flujo nivelado de información en el proceso de desarrollo de producto que impida atascos en los procesos (de forma similar al flujo de producto en el TPS).
- Utilización de forma rigurosa de la estandarización para reducir la variación y tener resultados flexibles y predecibles.

Personas:

- Desarrollo de un sistema de jefes de ingeniería para integrar el desarrollo de producto de principio a fin.
- Organización del sistema para balancear el *expertise* funcional y la integración transversal.

¹¹³ Liker & Morgan (2006), pp. 15.

- Desarrollo de todos los ingenieros hacia la competencia técnica.
- Integración de los proveedores en el sistema de desarrollo de producto.
- Construcción del sistema dentro del aprendizaje y la mejora continua.
- Construcción de una cultura para mantener la excelencia y buscar la mejora de forma constante.

Herramientas y tecnología:

- Adaptación de la tecnología para que se ajuste a la gente y a los procesos.
- Alineación de la organización a través de la comunicación visual y simple.
- Utilización de herramientas poderosas para la estandarización y el aprendizaje organizacional.

2.10 Desarrollo de principios del TPDS

2.10.1 Establecimiento de la definición de valor agregado desde el punto de vista del cliente y separación del valor agregado de desperdicio¹¹⁴. Este tópico se basa en definir correctamente un producto, focalizándose, en primera instancia, en aquello que deseará el cliente que adquiera dicho producto y está dispuesto a pagar. Si bien pareciera bastante trivial, este principio sienta sus bases en que, muchas veces, las definiciones de las características de producto distan de estar dentro del ámbito del cliente y se pierde el foco en el mismo.

Un ejemplo de la pérdida de foco en el cliente es la restricción en el diseño de producto debido a las tecnologías utilizadas por determinados proveedores, con los cuales, por no incrementar el costo de un vehículo, muchas veces se está obligado a trabajar con ellos, por lo que se pierde aquel valor agregado que el diseño dará a quien adquiere el producto.

Otro ejemplo es la visión que determinadas compañías automotrices tienen, en efecto, sobre las actividades que corresponden a un determinado desarrollo de producto. El foco en muchas de estas compañías se basa en estudios demográficos, revisión de *focus group*¹¹⁵, análisis de *benchmarking* o datos de campo. Si bien esto apunta a tener resultados objetivos, los cuales indican las características de un determinado producto, lejos está de generar un vínculo emocional con el cliente que lo comprará.

Se utiliza el análisis numérico como elemento central del análisis y se pierde el foco en el cliente. Luego del inicio de un proyecto de estas características metodológicas, es común que,

¹¹⁴ Liker & Morgan (2006), pp. 27.

¹¹⁵ Actividad, generalmente, llevada a cabo por las áreas de estudio de mercados. En esta, se analizan los diferentes puntos de vista y opiniones de potenciales clientes respecto de un producto o servicio, a fin de recolectar información que sirva como variables de entrada al proceso de diseño de un producto o servicio.

durante el proceso de desarrollo de producto, las partes involucradas y los miembros de otros equipos funcionales no conozcan los objetivos principales del proyecto, por lo cual se dedican a atacar aquellos puntos en los que están afectados en el día a día.

El concepto aquí, entonces, se torna diferente. La idea de estar cerca del cliente debe ser ejecutada mediante un interlocutor capaz de poder aunar todos los requerimientos del cliente, a la vez que conozca de productos similares y su funcionamiento. Es por eso por lo que, dentro del modelo de desarrollo de producto de Toyota, aparece la figura de *chief engineer*.¹¹⁶ Este inicia el proceso de evaluación de valor para el cliente, muchas veces, actuando él mismo como cliente, a la vez que interactúa con potenciales compradores o nichos. El hecho del contacto directo con el producto (*genchi gembutsu*¹¹⁷) brinda a aquel que desarrolle esta función los conceptos iniciales para entender cuál es el objetivo general de un nuevo proyecto. Este concepto se plasma en lo que se conoce como documento conceptual, donde se fijan las bases de los elementos en los cuales habrá de asirse todo el equipo para desarrollar cada una de las piezas que habrán de conformar un nuevo producto.

De forma similar a una línea de producción, el desarrollo de producto es una serie de actividades concurrentes que convergen hacia una integración general, hecha por varios integrantes que parte de una idea o concepto hasta llegar a un cambio que impacte en el producto y, consecuentemente, en el cliente. Es por eso por lo que, partiendo del documento conceptual, todos los miembros del equipo deben seguir trabajando con objetivos alineados, generando lo que se conoce como jerarquía de valor. Partir de un concepto general hasta una operación de campo es parte de llegar de forma acertada al cliente, ya que ese concepto se genera en función de sus necesidades y no de otro tipo de factores.

Si bien el *chief engineer* parte de objetivos generales que luego irá revisando a lo largo de las diferentes etapas del diseño, es conveniente observar que los diferentes equipos que son responsables del desarrollo de cada subsistema de un producto deben estar también alineados a estos. Dichos equipos no trabajan para un único proyecto, ya que son especialistas en diversas funciones de un vehículo (sistemas eléctricos, chasis, o carrocerías son algunos ejemplos),

¹¹⁶Traducido del inglés significa “ingeniero jefe”. Es una función ejercida por un miembro de Ingeniería de Producto que, por su experiencia en el producto y por entender las necesidades del cliente, es quien se encargará de delinear y seguir las actividades claves en un proyecto automotriz.

¹¹⁷La traducción del japonés es “lugar real, cosas reales”. Principio que alienta a examinar las situaciones y problemas de cerca, y es cada individuo quien está en contacto con ello y no mediante intermediarios. Esto mismo se puede aplicar al análisis de un producto. Liker & Morgan (2006), pp. 173.

independientemente del modelo o marca (en el caso de compañías que son dueñas de *holdings*¹¹⁸, es común que muchos departamentos de Ingeniería de Producto sean únicos para el *holding*, atendiendo las necesidades de todas las empresas que lo integren). Aquí deberán establecerse, para cada uno de estos grupos funcionales, los objetivos de un vehículo en particular, los que serán evaluados a lo largo de las diferentes etapas del proyecto.

La intención primaria de establecer aquello que será crítico para el cliente obliga a plantear todos los procesos hacia abajo en la estructura de forma tal de identificar aquellas actividades que generan valor y discriminarlas de aquellas que no lo generan y pueden ser descartadas o disminuidas.

2.10.2 Generación de alternativas de desarrollo de producto desde el inicio del proceso¹¹⁹.

El inicio de cualquier proyecto, donde las piezas que conformarán el producto aún no han sido definidas, resulta el ambiente propicio para alentar la exploración de todas las alternativas de diseño posibles, por más que alguna de ellas sean extravagantes o, *a posteriori*, inviábiles. Dicha condición de límites no establecidos es una chance única para analizar todas las soluciones posibles y de la que será imposible disponer una vez cerrado el proyecto, ya que no existirá la misma flexibilidad para modificar un producto. El hecho de explorar las alternativas de desarrollo en conjunto con los equipos especializados en cada subsistema crea el ambiente ideal para generar las mejores ideas, aplicar lecciones aprendidas o adelantarse a posibles problemas que pudieran generarse. En definitiva, también se verá impactada la variabilidad del proceso, evitando, de esta manera, que se puedan generar cambios tardíos en el diseño, los cuales podrían impactar negativamente en los objetivos de entrega de un proyecto.

Dentro del sistema de desarrollo de producto de Toyota, se generan dos frentes donde se inicia la exploración de alternativas de diseño, las cuales pueden separarse en:

- Estandarización de procesos, arquitecturas y actividades y objetivos específicos.
- Creación de un evento particular denominado *kentou*¹²⁰, el cual está orientado a resolver problemas, conflictos, encontrar fuentes de variabilidad y segregarlas del resto del proceso de desarrollo del producto. El principal objetivo de esta actividad es eliminar todo aquello que interfiera con la ejecución de las actividades de cada ingeniero.

¹¹⁸Agrupación de empresas donde una de ellas adquiere a la totalidad o mayor parte de las acciones de las demás, con el fin de poseer el control total de estas. Generalmente, son parte de una organización que trabaja orientada al beneficio de la compañía que posee a las demás.

¹¹⁹Liker & Morgan. (2006), pp. 39.

¹²⁰“Estudio” en japonés. Aplicado a la industria, es la actividad que se encarga de revisar y proponer las alternativas de diseño de producto en su fase inicial. Liker & Morgan (2006), pp. 51.

Es conveniente mencionar que este enfoque será diferente de acuerdo con lo que se conoce como *escalabilidad del proyecto*. No todos los proyectos tienen el mismo alcance; para ello, se pueden definir, esencialmente, cuatro tipos de proyectos, aunque dependiendo de la compañía en cuestión, puede haber escalas más amplias:

- Nuevos productos que representan cambios totalmente radicales en el uso de las tecnologías. Ejemplo: vehículos eléctricos.
- Nuevos productos o plataformas que requieren nuevos subsistemas y componentes. Ejemplo: cambio de plataformas para una misma denominación de un vehículo (cambio de planta motriz, chasis, carrocerías o sistemas eléctricos).
- Productos derivados de plataformas ya existentes. Ejemplo: dos o más vehículos que utilizan la misma planta motriz o chasis, pero que solo cambian la marca, *ergo*, la ornamentación y los componentes de interior.
- Mejoras incrementales en productos. Ejemplo: *facelift*¹²¹ de productos.

El siguiente punto para tener en cuenta en un proyecto nuevo (las dos primeras categorías recién mencionadas) es determinar cuáles serán los productos que se derivarán de una determinada plataforma. Ello obliga a considerar todos los subsistemas necesarios de forma tal que todos estén contemplados en la plataforma, cuidando, a su vez, que las diferentes piezas entre modelos tengan sus elementos característicos para evitar, de esta forma, caer en una no diferenciación de producto. El enfoque de *lean design*, se encarga de buscar el equilibrio entre la complejidad del producto y su estandarización.

Dentro del proceso de generación de ideas al inicio de cada proyecto, se debe utilizar lo que se conoce como *set-based concurrent engineering*¹²² (ingeniería concurrente). En esta se establecen todas las alternativas posibles al inicio de las etapas de diseño, donde se analizan las ventajas y desventajas de cada una de ellas. En lugar de tomar un diseño e ir modificándolo a medida que avanza el proyecto, este tipo de metodología colabora con la exploración de alternativas, a la vez que pone a trabajar la creatividad de cada grupo de ingenieros. A medida que avanza el proceso de selección y el análisis por parte de cada área se profundiza, los diseños de cada subsistema y los componentes se van descartando hasta llegar a las opciones más viables y que contemplen los puntos de vista de cada área. Obviamente, para poder llegar a un acuerdo que sea acertado para el cliente, quien toma la decisión final es el *chief engineer*.

¹²¹Son los cambios estéticos que se realizan a un vehículo en un determinado momento de su ciclo de vida.

¹²² Ingeniería concurrente; es un proceso de estudio de propuestas y selección de estas mediante la interacción de las áreas de ingeniería involucradas, no solo desde el punto de vista de producto. Liker & Morgan. (2006), pp. 140.

Avanzado ya el proceso de diseño y antes de llegar a las etapas de producción, otro hito importante es el denominado *system compatibility*¹²³. Este hito busca asegurar que un componente diseñado cumpla con las especificaciones de todos los *stakeholders*. De esta forma, se reduce la cantidad de retrabajos e iteraciones al momento de lanzar un nuevo producto, lo que disminuye, a su vez, la cantidad de personal encargado de realizar cambios de ingeniería de producto.

Resulta menester, en este caso, considerar que los equipos encargados de revisar cada subsistema deben estar conformados por diversos profesionales de diferentes disciplinas, los cuales velaran, cada uno de ellos, por las necesidades de cada área. Se pone de ejemplo el diseño de una puerta de un automóvil. Más allá de contemplar un diseño exterior, este debe tener en cuenta cómo será armado por dentro, qué componentes se utilizarán, cómo serán sus refuerzos estructurales, además de verificar que sea posible armarla. En ese caso, será trabajo del ingeniero de producto no solo diseñar la puerta, sino también validar dicho diseño con el equipo de *system compatibility*. La intención final es que los miembros de los equipos dediquen la mayor parte del tiempo a planificar los diseños, para luego dejar una fracción de tiempo mucho menor a la ejecución de los ensayos y validaciones físicas de estos, sin apresurarse a realizarlos, ya que aumentan las probabilidades de falla.

Otro elemento, al momento de iniciar un proyecto, el cual puede resultar una actualización de un vehículo ya existente, es definir aquellos subsistemas que podrán ser reutilizados en nuevos diseños. Esto permite un grado mayor de confianza en cuanto al éxito del proyecto, ya que las piezas que pueden utilizarse de un modelo a otro no solo reducen las inversiones de los proyectos, sino que también permiten reconocer aquellos subsistemas robustos que no necesitan actualizaciones por cuestiones de calidad.

Se debe tener en cuenta que el proceso de diseño de producto en tales sistemas contempla, de manera casi central, la adaptabilidad a la manufactura. Esto deriva en que quienes sean responsables del diseño deben incluir también a los ingenieros a cargo de llevar adelante los procesos de fabricación. A esta actividad se la conoce como *simultaneous engineering*¹²⁴ (ingeniería simultánea), en donde acaecen dos actividades en paralelo, ejecutadas por el mismo equipo: el desarrollo del producto y el desarrollo de la manufactura. La idea es entender, en función

¹²³ Compatibilidad de sistemas. Es la integración de los diversos componentes y sistemas de un vehículo donde se verifica que este funcione correctamente.

¹²⁴ Ingeniería simultánea. Propone construir los modelos de diseño en conjunto con otras áreas, en lugar de plantear una interacción donde el proceso se debe culminar en el diseño para que otra área haga el estudio correspondiente a este.

del alcance y del presupuesto de cada proyecto, las alternativas que se pueden contemplar para ambas partes y cuáles son limitantes en función del cliente.

Finalmente, la actividad en la que concurren todos los análisis y alternativas estudiados se denomina *kozokeikaku*¹²⁵ (o K4), en la cual el principal objetivo es revisar todas las interacciones que se deben generar entre los diversos componentes, evidenciando, de esta forma, aquellos que no se den de acuerdo con lo estipulado en las etapas iniciales de cada alternativa y aprobando aquellos diseños que sean correctos, previo a la fabricación de cualquier herramental o dispositivo de fabricación.

2.10.3 Crear un flujo equilibrado en el proceso de diseño de producto¹²⁶. Este principio sienta las bases para analizar el proceso de diseño de producto de una forma muy similar al proceso de ensamble de un vehículo en una planta industrial. La salvedad es que el bien al que se le agregará valor será la información en lugar de un producto. Aplicando este concepto es que se pueden identificar, dentro del proceso de generación y de transformación de la información, aquellas actividades que generan valor y diferenciarlas de aquellas que no lo generan. Aquí es donde la discusión se torna más compleja, ya que, a diferencia de una línea de armado de producto, donde las actividades de agregado de valor son más evidentes, es necesario considerar la complejidad de este proceso de desarrollo de producto para poder hacer la separación valor agregado-no valor agregado.

También vale aclarar que, en los tiempos de agregado de valor, a diferencia de una línea fabril, donde vienen dados en función de su disposición y de su *takt time*, no existe un parámetro o equipamiento que obligue al pensamiento creativo a fluir en el momento estipulado. Pero, aun así, la finalidad de ordenar un proceso de diseño de producto es evidenciar aquellos puntos donde se deberá hacer foco para dar lugar al proceso creativo. No es posible sistematizar el pensamiento creativo, pero es posible organizar su entorno y la generación de datos asociados.

Para poder apuntar a un proceso que pueda ser mejorado, es necesario identificar aquellas actividades que son consideradas meros desperdicios. Se pueden identificar las siguientes actividades:

Sobreproducción: procesos *batch*, tareas concurrentes no sincronizadas.

Espera: espera de información, toma de decisiones, distribución de información.

¹²⁵ Es un proceso de integración realizado con las piezas de carrocerías y estructurales, donde los diseños de cada uno de estos componentes son evaluados previamente a ser completados y, en función de ello, se obtienen los requisitos de diseño individuales que deberán modificarse eventualmente. Liker & Morgan. (2006), pp. 64.

¹²⁶ Liker & Morgan (2006), pp. 67.

Transporte: *hand-off*¹²⁷ (entrega de proyectos para *surveillance*¹²⁸), distribución de información.

Sobreprocesamiento: Tareas *stop n' go*¹²⁹, tareas redundantes, rediseño, variación del proceso, falta de estandarización.

Inventario: procesos *batch*, sobreutilización del sistema.

Movimiento: largas distancias de viaje, reuniones redundantes, revisiones superficiales.

Corrección: grupos de calidad externos, corrección, retrabajo.

Sin embargo, la idea de este punto no se enfoca solo en la eliminación de desperdicios, sino también en cómo se genera ese desperdicio. Aquí se hace una división en tres aspectos:

*Muda*¹³⁰: Es todo aquello que es considerado como un desperdicio.

*Muri*¹³¹: Es lo contrario a *muda*. Es llevar las maquinarias, los procesos y a las personas más allá de los límites. Se considera igual de perjudicial que el *muda*.

*Mura*¹³²: Es la base por la cual se genera el *muda*. Básicamente, resulta de los procesos que no están nivelados en su flujo, lo cual produce picos y depresiones. Esto genera, inevitablemente, otros desperdicios.

Es desde aquí que se tiene como objetivo principal eliminar el *mura*. Por eso, el foco se basa en nivelar el flujo del proceso.

Dentro de las características de un proceso de desarrollo de producto, se pueden enumerar las siguientes, las cuales atentan contra la posibilidad de facilitar un flujo ordenado de información dentro del proceso, pero no por ello evitan que el proceso sea pasible de ser mejorado¹³³:

- Áreas de desarrollo de producto, que se caracterizan por trabajar en grandes lotes a través del proceso de *milestones* (*Muda*).
- Contar con diferentes centros de diseño de distintas capacidades, los cuales al trabajar, ignoran cuál es su capacidad real de realización de tareas, lo que lleva, indefectiblemente, a que se encuentren sobrepasados (*Muri*).

¹²⁷ Proceso formal de entrega de un proyecto de un equipo (generalmente, el responsable de la concepción y desarrollo) a otro, que se encargará de mantenerlo o completarlo.

¹²⁸ Vigilancia.

¹²⁹ Para y seguir. Se asocia a las actividades en el flujo de diseño de producto que deben detenerse hasta que el responsable realiza las actividades necesarias para poder liberar el retomar el flujo.

¹³⁰ Liker & Morgan (2006), pp. 74.

¹³¹ Liker & Morgan (2006), pp. 75.

¹³² Ídem anterior.

¹³³ Liker & Morgan (2006), pp. 76.

- Trabajo impredecible que toma todo el tiempo de todos los ingenieros asignados a un proyecto (*Muri*).
- Cargas de trabajo altamente cíclicas, caracterizadas, a su vez, con paradas de actividades, seguidas de grandes congestiones en los sistemas. Esto extiende los tiempos de trabajo más allá de los límites de entrega (*Muri*). Ver ejemplo de la figura 2.19.

Actividad	Tiempo (días)				
	10	20	30	40	50
1. Seleccionar configuración primaria	█	█	█		
2. Realizar análisis y planos preliminares		█	█		
3. Realizar análisis y modelos detallados			█	█	█
4. Crear plan de manufactura				█	█
5. Preparar reporte de diseño o presentación					█

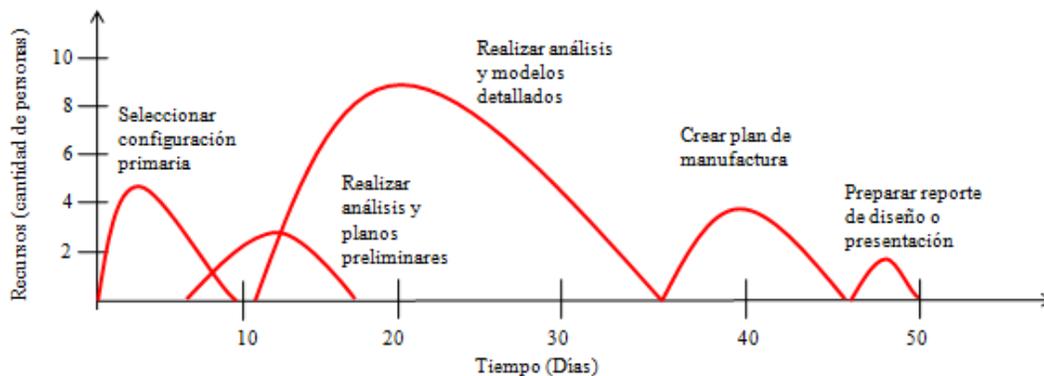


Figura 2.19. Carga de trabajo en un proyecto de desarrollo de producto. Fuente: McManus (2005), pp. 39.

Esto determina dos clases distintas de variaciones; a saber:

- Variabilidad por las tareas: Es la diferencia de métodos y duración de tareas específicas en la mayoría de las etapas de desarrollo del producto.
- Variabilidad entre tiempos: Se refiere a la diferencia de tiempo desde que un trabajo es agendado hasta que dicho trabajo realmente es ejecutado. A menudo, es causado por el primer tipo de variabilidad, así como también por los cuellos de botella dentro del proceso.

Al combinarse ambos tipos de variabilidad, resulta impredecible determinar el tiempo de ejecución real de cualquier proyecto, ya que será difícil señalar cuál es la auténtica fuente de variación y eliminarla. Si a esto sumamos que el sistema puede estar sobreutilizado, estos factores obligan a suponer que, probablemente, un proyecto será entregado sin los niveles necesarios de calidad, o bien será demorado por plazos que no son los aceptables.

Parte del análisis de este principio es lograr ordenar el proceso lógico dentro de las etapas de diseño. Esto lleva a indicar quién y cuándo se hará cada parte del proceso, lo que ordena, de esta forma, las actividades de manera secuencial. Desde el punto de vista del orden productivo de un área de desarrollo de producto, los procesos deben apuntarse para que sean a prueba de errores o fallos, a fin de evitar que terminen derivando en retrabajos. Como solución a esto, el sistema de desarrollo de producto de Toyota encara las etapas de diseño de la siguiente manera: primero, a un nivel macro, organiza los diferentes programas (que van a derivar en productos), de manera tal que pueda mantener el proceso funcionando sin cuellos de botella. En segundo lugar, divide cada programa en diferentes subsistemas (sistemas eléctricos, chasis, *powertrain*, interior o exterior) para lograr definir el nivel de cambios que alcanzará a cada uno de ellos. Una vez realizado esto, se define la cantidad de piezas para modificar y, de acuerdo con ello y con su criticidad, se le da una escalabilidad, de la cual se deriva cuáles han de ser los distintos procesos y *milestones* que deben cumplirse.

Una vez finalizado el primer principio (*kentou* o etapa de estudio), se define el nivel de inversiones y los fabricantes de herramientas comienzan a trabajar. A partir de allí, el enfoque cambia radicalmente respecto al primer principio, ya que, en general, se buscan inversiones que se materialicen en plazos breves y de la forma más rápida posible. Para ello, se sirve de las siguientes herramientas¹³⁴:

- Sincronización de actividades transfuncionales e intrafuncionales: Consiste en coordinar las agendas y actividades laborales de los distintos equipos de diseño (ya sean modulares o transfuncionales) de forma tal que puedan atender el flujo del proceso. Cuando está definido el nivel de cambios, el equipo puede empezar a trabajar en distintas variables sin esperar a tener el diseño final de una determinada pieza (por ejemplo, en el caso de diseño de herramientas, teniendo las geometrías básicas de la pieza, ya se puede entender cuántas etapas puede llegar a necesitar, cómo se puede optimizar y qué tipo de extractores o punzones puede tener una matriz).
- Crear capacidad flexible: La idea primordial de esto es lograr atender, de forma atinada, las diversas variaciones que pueden acaecer dentro del flujo de diseño. Esto se puede lograr de dos formas diferentes: versatilidad en el *staff* o mediante compañías satélites.

El primero, de forma similar a una línea de producción, consiste en tener ingenieros que puedan realizar, dentro de su especialidad, diversos proyectos. Con ello (y, ahora sí, a diferencia de un área productiva donde un operador puede llegar a realizar distintas clases de armados y subarmados

¹³⁴ Liker & Morgan (2006), pp. 88-92.

en un vehículo), se logra utilizar el *expertise* de cada miembro del equipo para soportar las etapas correspondientes.

En el segundo, dependiendo de la relación comercial existente entre las terminales y los proveedores, parte de los diseños de algunos subsistemas se encargan a algún proveedor¹³⁵ (puede que no sea el mismo que luego lo fabrique, ya que eso dependerá del tipo de calificación que dicho proveedor tenga, y será *design and spec*¹³⁶ para responsable de diseño o *build to print*¹³⁷ si solo puede fabricar las piezas).

De esta forma, cualquier pico dentro del flujo de trabajo en el área de desarrollo de producto se encuentra, en principio, contenido por los recursos a los cuales se puede reasignar.

Hay otras herramientas que apuntan a nivelar el flujo del proceso en un área de diseño, las cuales pueden ser las siguientes agendas detalladas para evitar picos de trabajo, detalles de operaciones necesarias para evaluación de productos o liberaciones de productos escalonadas a través de las distintas áreas. Todo esto colabora a la construcción de un ambiente donde la información fluye ni bien está disponible, por lo que se evita así cualquier sobrecarga o parada de proceso dentro del sistema.

En materia de herramientas visuales, con el propósito de sostener el flujo de información de manera constante y sin reprocesos, se utilizan ayudas tales como *poka-yokes*, que cumplen la misma función que en las áreas de manufactura: evitar que un error se genere y siga adelante en el proceso¹³⁸. Para ello, se apoyan en el *checklist*¹³⁹, que obliga a analizar características críticas en las etapas de diseño y a verificar que estén de acuerdo con lo que el cliente interno subsiguiente necesita. Otra herramienta se conoce como *obeya*¹⁴⁰ (“gran sala”, el lugar donde se encuentra la información vital de un proyecto). Esta permite analizar el flujo lógico de la información y sus decisiones, basándose en la naturaleza del proceso y en los resultados que se espera obtener. Ya desde un punto de vista más amplio, otra forma de sostener este sistema es mediante el uso estandarizado de piezas y subsistemas. Parte de reducir el error consiste en utilizar aquellas piezas o conjuntos que ya están probados desde hace tiempo en un vehículo y se trasladan a lo largo de

¹³⁵ Liker & Morgan. (2006), pp. 92.

¹³⁶Especificación y diseño. Son aquellos proveedores integrales de un subsistema que no solo fabrican los componentes, sino que también realizan el desarrollo de producto.

¹³⁷Denominación correspondiente a plantas industriales que fabrican productos que no son desarrollados por estas.

¹³⁸ Liker & Morgan. (2006), pp. 94.

¹³⁹Listado de chequeo de información crucial o relevante.

¹⁴⁰Traducido del japonés significa “gran habitación”. Es el lugar físico donde se consolida toda la información necesaria para poder analizar un proyecto y, en función de ello, decidir cuáles serán las siguientes acciones a realizar. Liker & Morgan. (2006), pp. 159.

los distintos productos o se adaptan para otros nuevos. Así también, se puede reducir la inversión o recambio constante en equipos de manufactura, lo que permite, de esta forma, evitar cambiar constantemente procesos que son críticos en las plantas de ensamblado. Todo lo que se detalló hasta aquí tiene como finalidad producir resultados predecibles, a través de la reducción de los tiempos del ciclo de administración de la información.

2.10.4 Utilización de estandarización rigurosa para reducir la variabilidad y producir flexibilidad y resultados predecibles¹⁴¹. A diferencia de lo que se podría pensar en un área de Ingeniería, donde se pone en práctica constantemente la creatividad, vale aclarar que, en el rubro automotriz, el nivel de madurez en lo que al producto se refiere es lo suficientemente importante como para permitir que las actividades que se suponen más allegadas a la creatividad puedan estandarizarse. Parte de que la estandarización no se aplique al entorno creativo es motivo de que, en ocasiones, los tiempos de los procesos de generación de ideas e información sean elevados. Poder sostener la estandarización de actividades, procesos, conocimientos y demás permite que, a mediano y a largo plazo, los resultados mejoren y tengan un impacto notable en el desempeño de un equipo de trabajo.

La estandarización para un área tal como la de desarrollo de producto se puede dividir en tres categorías:

2.10.4.1 Estandarización del diseño. Es la estandarización de los productos o componentes entre diferentes líneas de vehículos. Esto incluye el uso de componentes ya probados y compartidos a lo largo de toda la gama de vehículos de un fabricante, así como también la construcción de nuevos modelos sobre plataformas ya desarrolladas, modularidad y diseño para estándares de manufactura que crean arquitecturas robustas y reutilizables.

En esta primera categoría, es inevitable no caer en el detalle de las reglas de diseño (ya sea de *craftmanship*¹⁴² o de requerimientos) que los ingenieros de desarrollo de producto están obligados a seguir. Es muy común leer estándares tales como que determinada dimensión no debe ser superior a determinado valor. En cambio, en otras compañías, es muy común que se otorgue mayor libertad a quien diseña, con enunciados encuadrados en que, si sucede determinada condición, entonces debe cumplir con otra determinada.

¹⁴¹ Liker & Morgan. (2006), pp. 99.

¹⁴² Artesanía. A diferencia del *trustmark*, son elementos de diseño transversales a todos los vehículos de una compañía que se siguen en función de su aplicabilidad y disponibilidad; generalmente, se asocia a colores y acabados. Un ejemplo, son los tonos de color de las piezas que se encuentran debajo de un capó o la cobertura de los cables de un conector eléctrico.

2.10.4.2 Estandarización de procesos. Esto incluye la estandarización de tareas e instrucciones de trabajo, y la secuencia de tareas en el desarrollo del producto en sí mismo. Esta categoría de estandarización también incluye los procesos subsiguientes para probar y fabricar un producto.

La ventaja de estandarizar procesos es que brinda un espacio fértil a las distintas cualidades que se destacan en un sistema de diseño de producto esbelto, aprovechándolas plenamente.

Como características de estandarización de procesos, lo podemos comprender de una forma práctica a través de la división de las cualidades de los procesos: tareas, tiempos y secuencia de actividades. Como cualidad general, es la única forma de conocer de manera precisa qué hacer y cuándo hacerlo, y qué deben hacer el resto de las áreas *staff* y en qué momento.

Haciendo un paralelismo con la estandarización de procesos en áreas de manufactura, la idea principal es poder generar una “fábrica de proyectos”, los cuales tienen un *timing* y se puede crear un determinado *takt time* para poder entregarlos.

Es menester mencionar también que, así como las actividades generales muy comúnmente se encuentran detalladas y bien definidas en la mayoría de las automotrices, el foco principal se encuentra en poder solapar estas actividades con las de menor rango. En lugar de dejar las actividades de ejecución a libre disposición de cada área, el hecho de poder estandarizarlas logra un mejor uso de los recursos y evita, de esta forma, caer en demoras u *outsourcing*¹⁴³ de diseños.

2.10.4.3 Estandarización de habilidades de ingeniería. Esto corresponde a la estandarización de habilidades y capacidades aplicables a los equipos técnicos y de ingeniería. Esto está basado en un profundo compromiso para desarrollar a los miembros del equipo y su crecimiento a través de competencias demostradas.

Como ejemplo, se puede ver a Toyota Japón, que apenas contrata el 1,1 % de los candidatos para las vacantes de Ingeniería de Producto. Aquellos que hayan sido seleccionados, deben invertir un mínimo de dos años de entrenamiento intensivo dentro del área, realizando tareas de baja responsabilidad para luego presentarse para un puesto de mayor rango. Antes de que dicho miembro sea considerado un gran contribuyente dentro del área de Ingeniería de Producto, deben pasar tres o cuatro años más. Durante este período de entrenamiento (se considera que un ingeniero llega a su máximo rendimiento luego de ocho años), se realizan una serie de entrevistas de frecuencia trimestral, en donde se analizan los avances y los puntos para mejorar a corto y mediano plazo. Lo usual es que quien lidera un área de Ingeniería de Producto conozca el trabajo que se

¹⁴³ Subcontratación o tercerización de servicios.

realiza mejor que los ingenieros que lo ejecutan, para lograr, de esta forma, mantener un proceso de *coaching*¹⁴⁴ y *mentoring*¹⁴⁵ constante.

2.10.5 Desarrollar un sistema de jefes de Ingeniería para integrar el desarrollo de producto de principio a fin¹⁴⁶. Parte de un sistema *lean* de desarrollo de producto cuenta con una función que tendrá la responsabilidad última de ejecutar un determinado proyecto. Basándose en el principio de atención al cliente, esta función se denomina *chief engineer* (CE, según su sigla en inglés). Más allá de sus responsabilidades, las cuales se enumerarán, este cargo es uno de los más representativos de un proyecto y es su cara visible desde la generación de la idea hasta la puesta en marcha. Sus actividades son las siguientes:

- Representar la voz del cliente
- Definir el valor agregado a través del cliente
- Delinear el concepto del producto
- Establecer los objetivos del programa
- Definir la arquitectura del vehículo
- Definir el rendimiento del vehículo
- Definir las características del vehículo
- Alinear los objetivos del producto con los objetivos de la organización
- Establecer las tareas para todos los equipos funcionales del programa
- Atender los objetivos de costo
- Planificar el tiempo de ejecución del proyecto

El objetivo último por el cual existe un *chief engineer* dentro de una automotriz, para una línea de vehículo, es entregar valor al cliente. Algunas de las características por las que un *chief engineer* logra su propósito son las siguientes:

- un sentimiento visceral por lo que el cliente desea;
- habilidades excepcionales en ingeniería;
- confiar en la intuición además de basarse en hechos;
- innovador en lugar de escéptico con las tecnologías no probadas;
- visionario en lugar de práctico;
- un profesor duro, motivador y disciplinado en lugar de un oyente paciente;
- una actitud sin concesiones para alcanzar los objetivos;

¹⁴⁴ Actividad donde un líder de un área entrena, da consejo y colabora en el desarrollo de un subordinado directo.

¹⁴⁵ Similar al *coaching*, pero quien lo realiza no es el líder directo de quien lo recibe, sino el jefe del líder del empleado.

¹⁴⁶ Liker & Morgan (2006), pp. 117.

- un comunicador excepcional;
- siempre listo para “ensuciarse las manos”.

El modelo de liderazgo del *chief engineer* se enmarca dentro del liderazgo flexible, por lo que otorga, a los diferentes miembros del equipo, la libertad necesaria para ejecutar sus tareas, sin dejar de lado las habilidades técnicas que lo caracterizan, además de tener una fuerte visión de lo que el producto debe ser para el cliente. Un esquema referente a esto se encuentra en la figura 2.20:

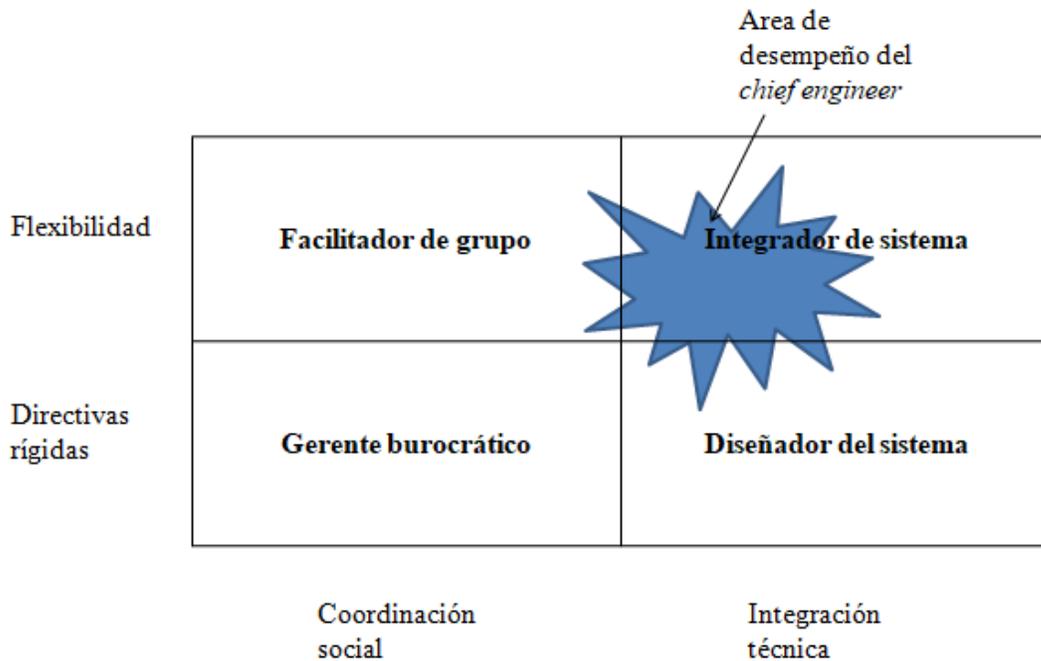


Figura 2.20. Características de un *chief engineer*. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 132.

A diferencia de cómo debería funcionar, en algunas compañías automotrices se menciona a determinados *chief engineers* que pasan a cubrir una función más relacionada a lo que corresponde a un *program manager*¹⁴⁷, donde abandonan la función técnica y el contacto con el cliente y pasan a ocupar un lugar desde el que se emiten órdenes, se ordenan políticas, se definen objetivos de programas (costos, *timings*, características), y se pierde, de esta forma, el foco en el cliente final.

Otro de los objetivos que tiene el *chief engineer* es evitar caer en consensos generales entre las diversas áreas *staff*, ya que es dicha función la que debe ordenar en qué trabajar. En lugar de ello, el *chief engineer* debe apuntar a que las áreas técnicas puedan definir con detalle los trabajos que un área de Ingeniería de Producto debe realizar.

El siguiente punto encuadra parte de la metodología sobre la cual se sustenta la función del *chief engineer* y es nexo entre las diversas áreas funcionales y las distintas líneas de vehículo.

¹⁴⁷ Gerente de programa.

2.10.6 Organizar el sistema para balancear el *expertise* funcional y la integración transversal¹⁴⁸. A lo largo de la historia automotriz, se han encarado diferentes formas de organizar una estructura dentro de una compañía automotriz. En sus comienzos, la industria dependía de aquellas mentes sobresalientes que ideaban y recreaban el automóvil una y otra vez, y lograban que este producto se masificara y la industria creciera. Tanto fue ese crecimiento que obligó a las organizaciones a tener que dividirse en áreas funcionales, las cuales se fueron especializando en cada una de las materias que atendían (especialistas en soldaduras, en motores, en carrocerías, por mencionar algunas). Esto tuvo una serie de ventajas, como, por ejemplo:

- Los miembros de un área funcional podían hablarse unos a otros en un lenguaje especializado.
- Compartían las últimas tecnologías y métodos entre ellos, profundizando en su conocimiento técnico.
- Asistían a las mismas conferencias profesionales, leían los mismos informes y seguían capacitándose incluso después de terminar la universidad.
- Podían estandarizar sus técnicas y las tecnologías que utilizaban en el producto, lo que ahorra en costos y compartía soluciones para los diversos problemas.
- Un ingeniero podía desplegarse eficientemente según lo necesitase cada proyecto, en lugar de utilizar todos los recursos de un área.

Si bien esto resulta beneficioso para cualquier compañía en cualquier industria, aquí es donde las desventajas se hicieron más evidentes, ya que los miembros de cada área funcional se dedicaban a acrecentar su conocimiento y, como fruto de ello, se tenía la visión de que la compañía se vería beneficiada a largo plazo, pero, por el contrario, se perdía el foco en el cliente y este quedaba relegado a un segundo plano. A este tipo de áreas se las conoce desde entonces como *chimeneas*. Este aspecto negativo hizo que, en las últimas décadas, ese enfoque cambiara en la mayoría de las compañías automotrices, que se orientaron más hacia el cliente.

La otra alternativa generada es la de dividir la organización en función de cada producto. Esto mitiga totalmente lo mencionado en el párrafo anterior, ya que cada área es responsable de un vehículo (con los miembros correspondientes para cada área funcional). A su vez, mientras se desarrolla el producto, se crean los diversos procesos (tanto de desarrollo de producto como los de manufactura) utilizando la ingeniería concurrente (cada producto es diseñado en función del proceso y viceversa). Los beneficios resultan también evidentes:

¹⁴⁸ Liker & Morgan. (2006), pp. 139.

- Alinear las diferentes funciones alrededor de metas comunes y objetivos que son necesarios para crear productos que satisfacen a los clientes.
- Comunicar y coordinar efectivamente para reducir los tiempos de entrega.
- Tomar decisiones tanto del producto como del proceso, teniendo en cuenta las diversas perspectivas para incrementar la calidad.
- Crear equipos autogerenciables para ser flexibles y adaptables a los cambios en el entorno.

Si bien este enfoque pareciera resolver lo mencionado anteriormente (por funciones), crea otra serie de problemas. A partir de esta organización, ya no se comparte la información entre las distintas plataformas, la estandarización de piezas entre distintos modelos disminuye y las metodologías de trabajo cambian respecto a la línea de vehículo. A su vez, ante la variación de carga de trabajo debido a los ciclos de vida de cada producto, se genera una rotación de personal necesaria pero difícil de ejecutar, ya que cada miembro que rota debe aprender el trabajo prácticamente desde cero, por lo que se produce una gran pérdida de tiempo hasta el aprendizaje de la nueva plataforma.

Parte del antídoto que se encontró a esto fue la creación de clubs tecnológicos, los cuales comparten, a lo largo de las diversas plataformas estándares, tanto piezas como procesos. Pero esto, a su vez, hace que estos clubs sean un *front desk*¹⁴⁹ por la catarata de consultas que se generan en las plataformas.

En definitiva, las opciones no se basan en escoger un tipo de organización (funcional o por línea de productos), sino en combinar ambas para obtener los beneficios de ambos modelos:

- lograr un balance entre el *expertise* funcional y la integración transversal;
- profundizar técnicamente e incrementar la eficiencia funcional.

En un comienzo, estas matrices organizacionales (basadas en funciones y proyectos) fueron diseñadas por la NASA en la década del 60. El gran problema de ello es que estas matrices suelen ser confusas, ya que implican que un ingeniero tenga dos jefes.

Para ello, el sistema de Toyota le da el poder de ser el jefe real de los equipos de trabajos a uno de ellos (los jefes funcionales), mientras que los *chief engineer* son quienes marcan el paso y generan la integración entre las diversas funciones para cada tipo de producto.

Puede encontrarse un ejemplo de estas matrices en la figura 2.21:

¹⁴⁹Plataforma de ingreso de inquietudes de áreas funcionales.

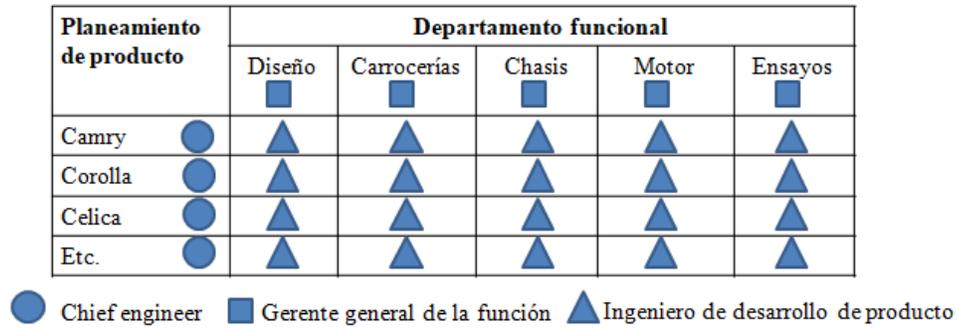


Figura 2.21. Organización de trabajo y división de tareas en un área de desarrollo de producto. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 143.

Parte de las tareas de un jefe de un área funcional son las siguientes:

- seleccionar y desarrollar ingenieros en la especialidad;
- coordinar las revisiones de desempeño de los ingenieros que le reportan a él;
- mantener el estado del arte de la especialidad/función;
- asegurarse la coordinación técnica, como la comunización de partes a lo largo del porfolio de productos;
- trabajar con los proveedores de los componentes relacionados a la función;
- asignar a los ingenieros que trabajarán en los proyectos que gerencian los *chief engineer*.

Por lo tanto, las actividades que comprenden a un jefe funcional son las más tradicionales de cualquier compañía, a partir de la administración de los recursos, desarrollo de liderazgo y gestión de tareas. En cambio, la responsabilidad de diseñar un vehículo es, ya sí, totalmente del *chief engineer*.

El enfoque tomado por parte de Toyota para la nueva estructura que comenzó a crecer en la década del 90, para ejemplificar, partía de que las funciones de un *chief engineer* no estaban atadas solo a un vehículo, sino que podía hacerse una aproximación más general y que sería utilizada en el desarrollo del trabajo. La división de desarrollo de producto se separó en cuatro centros de diseño, que se ocupaban de trabajar para las diversas familias de productos:

- vehículos de tracción trasera;
- vehículos de tracción delantera;
- vehículos utilitarios y comerciales;

- desarrollo de motores, ingeniería eléctrica, investigación y componentes estándares utilizados en los centros de diseño anteriormente mencionados.

Las divisiones funcionales, a su vez, se vieron integradas de manera tal que cada departamento (chasis, carrocerías, interiores) podía atender ya no a distintos productos, sino a familias completas de desarrollos de productos (en lugar de trabajar con segmentos que iban del A al E¹⁵⁰, se trabajaba con familias de productos, marcando la tendencia de lo que sería el avance de los portafolios de productos a comienzos del nuevo milenio y segmentándose al día de hoy).

A partir del siglo XXI, el nuevo salto hacia un sistema aún más eficiente e integrado consistió en aplicar lo que se conoce como ingeniería simultánea. A diferencia del enfoque tradicional de desarrollo de producto, donde se diseñaba la ingeniería básica para luego pasarse al plano de detalle, por lo que resultaba muy difícil volver hacia atrás, aquí las áreas que llevan adelante tanto el diseño como la implementación y la puesta en producción se reúnen en un mismo lugar, donde se analizan los diseños y se levantan los puntos críticos que otrora hubiesen sido detectados en otro tipo de estadios del proceso (evaluación, puesta en marcha de producción o, peor aún, el cliente final).

Para ello, el lugar definido para discutir las diferentes acciones y tomar decisiones se conoce con el nombre de *obeya*. Allí es donde todo el equipo técnico funcional se reúne con el *chief engineer* en un espacio preparado con los *sketch*¹⁵¹, avances, *timings*, objetivos y toda la información necesaria, a fin de no tener ningún tipo de hueco en el detalle de los diseños y poder tomar la decisión más apropiada.

Existe una segunda mejora que se deriva del uso del *obeya* y es que el *chief engineer* es quien define el *timing* de cada proyecto, ya que en ese lugar puede discutir con las áreas funcionales cada actividad en detalle, en lugar de como era antaño, donde las diversas áreas funcionales eran las que entregaban los *timing* y era el *chief engineer* quien debía organizar la agenda en función de ello (el *chief engineer* se pasa de un sistema *push* a un sistema *pull*, con las ventajas que eso trae).

La tercera mejora implementada es el uso de tecnología para el desarrollo de los proyectos, que se pone al alcance de todos los miembros del equipo. En lugar de que el ingeniero de diseño estudie por su cuenta y realice las mejoras necesarias en las plataformas 3D para tal fin, puede recurrir al *input* de los distintos miembros, compartir la información en el momento y aprobarlos cambios antes de iniciar cualquier prototipo.

¹⁵⁰Segmentación de automóviles de pasajeros. Es la división utilizada por distancia entre ejes de un vehículo, tamaño de la carrocería y cantidad de pasajeros que puede transportar.

¹⁵¹Bocetos con indicaciones de características críticas y significativas.

La cuarta y última mejora es la de extender el uso de la ingeniería simultánea a lo largo de las actividades de ingeniería, lo cual derriba la última barrera de los compartimentos estancos y acelera los procesos de toda la organización a fin de entregar productos mejores en menos tiempo.

2.10.7 Desarrollar a todos los ingenieros en la competencia técnica¹⁵². Este principio genera controversias dentro de las diferentes compañías de la industria automotriz. Aquí se analizarán dos enfoques distintos en función del origen de cada compañía: el occidental y el oriental. El principio que utiliza el enfoque oriental resulta mucho más pragmático que el occidental: una persona que desee tener poder en las decisiones que deban tomarse, debe conocer de primera mano de qué se trata de lo que se está discutiendo. Ello implica un involucramiento desde lo práctico, trabajando desde el inicio de una carrera en las áreas de piso, ir tomando conocimiento, crecer en el momento que sea necesario hasta que la madurez conceptual sea alcanzada.

Aquí el foco se concentra en poner al frente de los equipos de trabajo al personal que ha demostrado ser capaz de alcanzar el conocimiento técnico necesario y que, por ese mismo motivo, sea reverenciado por sus discípulos o, de una forma más objetiva, por sus colaboradores. Esto se basa en el principio de confianza profesional: la integridad (las personas deben tener la intención de hacer lo que dicen que van a hacer) y la competencia (ser capaces de hacer eso que dicen).

Considerando que un área técnica debe basarse en la selección de personal y en su crecimiento en función del conocimiento y de la ejecución de diversas técnicas (aparte de sostenerse en capacidades de gestión humana y administrativas), sucede lo contrario en las compañías occidentales, las cuales encuentran mucho más valioso contratar personal únicamente desde el punto de vista académico, a veces dejando de lado el sustento profesional. Suele suceder también que el desarrollo del ingeniero no viene atado a una lógica o política, sino que se sustenta en las necesidades primarias del negocio (en ocasiones, porque el personal que ha alcanzado cargos de dirección lo ha hecho de la misma forma).

En cambio, si se piensa en un sistema desarrollo de producto esbelto, y tomando como fundamento las bases de lo que un sistema *lean* debe ser, el enfoque resulta totalmente contrario. Una carrera dentro de una compañía industrial, cualquiera que fuese su nicho, debe considerar lo siguiente como un principio, que, si bien puede que no sea seguido a rajatabla, es usado para la búsqueda de los mejores recursos. Realizar una carrera de ingeniero de producto dentro de una compañía implica que este se encuentre desde el principio trabajando de forma directa con el producto —el desarrollo de herramientas, la puesta en marcha en producción o la ejecución de cambios en el producto—, por lo que genera así un vínculo mucho más fuerte con este y, a su vez,

¹⁵² Liker & Morgan. (2006), pp. 163.

con el cliente (lo que hay que hacer y cómo hacerlo). Algún miembro del equipo que ha logrado ubicarse en ese lugar y ha adquirido la madurez necesaria es capaz de tomar nuevos desafíos relacionados con el producto. El resultado final es que estos acaben liderando áreas funcionales técnicas y conociendo el trabajo mucho mejor que sus subordinados, y logran así que el proceso de *mentoring* entre directores y subordinados funcione de forma apropiada.

En Occidente, es común que cada región se encargue de sus políticas de contratación de personal. Si bien hay políticas de Recursos Humanos en compañías multinacionales que deben cumplirse, las selecciones de personal son llevadas a cabo por cada región, considerando las diferencias culturales existentes. Esta es la primera barrera que se encuentra en cuanto a Recursos Humanos. Una vez realizada la contratación, se comienza con el entrenamiento y la rotación entre puestos del personal, a veces desmedido, con el único fin de que el empleado aumente sus conocimientos respecto de la compañía y del negocio (qué se hace y para qué). Los entrenamientos, en muchas ocasiones, no son planificados (*learning on-the-job*¹⁵³) y el *mentoring* que puede realizarse, generalmente, es muy pobre en su contenido y termina resultando contradictorio entre las diversas áreas. Por el contrario, quien está mucho tiempo (hablando en términos de años) en una misma posición es visto como alguien que no va a ascender o bien no va a ninguna parte. Además de esto, es común que se sume más variabilidad en el proceso de desarrollo del producto, ya que hay miembros del equipo que toman decisiones sin mayores cuestionamientos desde lo técnico. Aquellos que desean aprender por su cuenta, fuera de lo que puede ser un proceso ordenado de entrenamiento, terminan también ejecutando acciones y tomando decisiones por su cuenta, sin contrastarlas con otras áreas, lo cual resulta igual de dañino para el desarrollo del producto.

Si se analizan las compañías orientales, se identifica claramente una filosofía orientada hacia el desarrollo real de cada miembro del equipo en relación con el producto. La estructura de entrenamiento y recompensa es mucho más ordenada, con plazos y estándares claros para todos los miembros, de qué debe hacerse para poder ascender dentro de la estructura. Se considera que desarrollar a una persona es igual de importante que desarrollar un producto.

La primera gran diferencia comienza con el proceso de contratación de los nuevos miembros. En compañías como Toyota, es muy reverenciado un cargo dentro de Ingeniería de Producto por lo que ello implica en la sociedad. El primer reclutamiento se hace mediante entrevistas grupales, donde un título de grado universitario es lo mínimo exigido, incluyéndose también candidatos con posgrados o doctorados. Igualmente, y más allá de los requisitos académicos, las entrevistas se

¹⁵³Aprendizaje de un trabajo mediante su ejecución.

basan en explorar de manera profunda la personalidad de cada uno de los aspirantes, ya que este es un aspecto igual de relevante. En ese momento, aún no se determina en que área trabajará cada miembro, lo cual restringe la chance a los candidatos de construir discursos que se amolden a las vacantes. Algunos de los puntos relevados para analizar si un candidato puede ser incorporado a una automotriz son:

- interés genuino en los productos y disponibilidad para realizar tareas técnicas;
- capacidad técnica;
- habilidades creativas para la resolución de problemas;
- trabajo en equipo (*Nemawashi*¹⁵⁴, cooperación);
- capacidad de comprender problemas rápidamente, en profundidad y de forma detallada (hacer las preguntas justas, saber qué mirar y qué se necesita para trabajar);
- habilidad para comunicar situaciones de forma precisa;
- disciplina para trabajar de forma ordenada, atendiendo un *timing*;
- motivación para trabajar en función de objetivos;
- dedicación a la especialización técnica y a la compañía.

Una vez seleccionados los nuevos miembros, los tiempos de entrenamiento y las actividades que harán ya están establecidos: el primer mes es para conocer la historia y las tradiciones de la compañía, luego estarán un plazo de tres meses trabajando en diversos puestos en una línea de producción, armando carrocerías o ensamblando vehículos. Una vez realizado esto, son asignados a áreas de ventas donde se encargarán de vender autos por el plazo de tres a cuatro meses. La idea de esto último es que el ingeniero de producto pueda ver y comprender el negocio, tanto desde el punto de vista de Toyota como desde el cliente. Una vez finalizado este entrenamiento, que puede llegar a durar hasta un año, la idea de un sentido común se hace evidente entre los nuevos miembros en conjunto con la idea de que, independientemente de cuál sea su función, todos son empleados de Toyota, no de un puesto determinado o un área.

Al tomar posesión de un cargo, se asigna al nuevo ingeniero a un proyecto relativamente simple, donde tendrá como tarea buscar varias soluciones a un determinado problema (en general, de bajo impacto en el cliente, ya que se busca evaluar la capacidad técnica directamente en el piso de trabajo). Dicho proyecto, en general, tiene una duración de seis meses a un año y tiene como resultado una presentación A3, donde deben constar todas las posibles soluciones, con sus ventajas y desventajas. La evidencia principal, más allá de los resultados, es que se hayan analizado todas las alternativas en profundidad.

¹⁵⁴Se refiere a la generación de consenso mediante la actividad laboral diaria. Liker & Morgan. (2006), pp. 221.

El siguiente cargo es para poder realizar tareas dentro del proceso de desarrollo de producto. El entrenamiento es del tipo *on-the-job* (ejecutándolo desde el trabajo) y puede durar hasta un lapso de tres años para poder ingresar a una nueva función o cargo. Los principios dentro de la ingeniería de producto son básicos: un miembro comienza dibujando sus propias piezas en CAD (y es algo que se hará por el resto de la carrera en el área de desarrollo de producto). Luego, tiene bajo su órbita y es responsable de algunas piezas dentro de algún subsistema para, finalmente, al cabo de tres años y si las competencias técnicas fueron alcanzadas, llegar a ser líder de algún sistema funcional.

Las evaluaciones para poder alcanzar un puesto gerencial se basan en una serie de discusiones con el ingeniero líder (el cual puede llevar ocho años trabajando dentro del área de desarrollo de producto), las cuales se realizan entre tres y cuatro veces al año. Aquí se evalúa tanto la capacidad funcional técnica como la adherencia a los procesos dentro del área. Una vez que ese miembro logra terminar con todo (lo cual tiene un mínimo de diez años), puede ser seleccionado para tomar un cargo de dirección.

El enfoque oriental se sustenta en el principio de *genchi gembutsu* (estar en contacto con el producto). En líneas generales, si se desean grandes productos de calidad superlativa, es necesario contar con ingenieros capaces de poder diseñarlos y desarrollarlos. Y la única forma de crear ingenieros sobresalientes es mediante el contacto directo con el producto (en un mismo sentido, si se desean excelentes ingenieros de manufactura, estos deben estar en contacto con las líneas de armado y ensamble).

Algunas prácticas que hacen que el ingeniero deba estar en contacto con el producto, entendiéndolo de la forma más acabada posible:

- Desarme de vehículos de la competencia: Consiste en conocer cuáles son los productos que desarrolla la competencia, determinar materias primas y los procesos con los cuales se los fabrica.
- Construcción de prototipos: Es el aprendizaje por medio de la construcción de productos. Esto vincula el desarrollo de piezas con el armado y la futura manufactura. Es uno de los usos más prácticos de este principio.
- Reuniones diarias de revisión de prototipos: Aquí se elevan todos los problemas que existieron durante el armado, así como también permite dar los lineamientos en caso de que hubiera que modificar alguna pieza o subsistema.

2.10.8 Integrar a los proveedores en el sistema de desarrollo de producto¹⁵⁵. Explicar la génesis del crecimiento exponencial de proveedores existentes en la industria en las últimas tres décadas resulta esencial para comprender la importancia de ellos en las fases de desarrollo del producto. En Estados Unidos, los grandes fabricantes automotrices notaron que eran muy rentables en tres procesos clave dentro del negocio: ensamblaje de partes, diseño y ventas. La fabricación de piezas dentro de las compañías resultaba costosa debido a las inversiones necesarias, el uso de mano de obra intensivo y el flujo de dinero necesario para obtener la materia prima y la coordinación logística. Para los fabricantes, la idea básica era diseñar un vehículo, comprar los componentes a distintos proveedores, ensamblarlo y venderlo o, en el mejor de los casos, brindar la financiación para comprarlo. Mantener el negocio como estaba siendo llevado hasta entonces significaba un retorno de inversión muchísimo menor y, si los costos de fabricación de piezas podían verse reducidos o directamente eliminados, la opción de concentrarse en estas tres actividades clave era una opción muy favorable. Aquí es donde la competencia entre distintos proveedores de piezas comienza a surgir, donde aquel que ofreciese el mismo nivel de calidad de un producto por un costo menor obtenía el negocio. Cuanta más responsabilidad pudiese tomar un proveedor (en algunos casos manufacturando más piezas o directamente diseñando la ingeniería básica de subsistemas completos como pueden ser ejes, asientos, frenos, interiores o hasta carrocerías completas), resultaba aún más conveniente para el negocio de las terminales, ya que la inversión de estas disminuía, y se compartían los riesgos en los proyectos que llevaran adelante.

El atractivo se encontraba en los siguientes puntos para las automotrices:

- A lo largo del tiempo, ellos podían quitar inversiones en sus plantas para forzar a que sean realizadas directamente por los proveedores.
- Los proveedores, tradicionalmente, manejaban costos de mano de obra menores, debido a los acuerdos sindicales más favorables e índices salariales más bajos que las terminales, además de instalarse en países de economías emergentes.
- Los proveedores solo tenían que preocuparse por las piezas que tenían que manufacturar, por lo que lograban un *expertise* mucho mayor que lo que cualquier terminal pudiera lograr.
- Se podía negociar de manera mucho más dura las reducciones de precio de los componentes por parte de las terminales, basándose en la oferta de proveedores que existen en el mercado.

A partir de este modelo, se considera que un proveedor productivo es, ante los ojos de las terminales cliente, un socio estratégico para el negocio. Esto se debe a que la responsabilidad de

¹⁵⁵ Liker & Morgan. (2006), pp. 179.

un problema de calidad por parte de un cliente es siempre atribuible a las terminales, ya que quien adquiere un vehículo lo hace a un fabricante y dicho cliente no puede exigir ni reclamar ante un proveedor de un subsistema. El responsable final por la calidad de un vehículo siempre será la automotriz.

La consideración que debe tener en cuenta una terminal es que los proveedores deben desarrollarse desde un comienzo a partir de las directivas de las terminales, lo que genera un lazo de confianza donde cada proveedor puede alcanzar el nivel de madurez necesario para desarrollar los componentes que le sean requeridos.

Para seleccionar diversos proveedores, las terminales tienen, generalmente, cuatro clasificaciones diferentes para ellos en función de diversas características:

- **Socios:** Son compañías (generalmente, multinacionales) que tienen un tamaño similar a las automotrices en empleados y en facturación. Tienen capacidad para poder desarrollar sistemas y subsistemas completos, pudiendo fabricar prototipos y realizar evaluaciones. En los proyectos suelen estar involucrados desde las etapas iniciales, aportando diseños y detalles previos a tener un contrato. Suelen contar con ingenieros residentes en las terminales que colaboran con el desarrollo y aportan soluciones a los diferentes problemas. Una ventaja de contar con residentes que trabajan por un tiempo en las terminales y luego regresan a las casas matrices es que estos colaboran en la implementación del sistema de desarrollo de producto propio de cada compañía.
- **Maduras:** Suelen ser la gran mayoría de proveedores directos (*Tier 1*¹⁵⁶), que no llegan a contar con autonomía total para desarrollar subsistemas completos, aunque pueden aportar el conocimiento necesario en caso de ser requerido. Los productos que suelen fabricar no suelen ser complejos y, en la gran mayoría de estos, dependen de las especificaciones que entregan las terminales.
- **Consultativas:** Estos proveedores fabrican componentes tales como baterías o neumáticos. Suelen ser consultados en el caso de nuevas tecnologías para incorporar a los proyectos. A su vez, ellos aportan su conocimiento a través de innovaciones, modificando los estándares existentes en las terminales. La colaboración entre las distintas áreas de ingeniería suele ser bastante menor y se alcanzan los picos de trabajo en las etapas de prueba y de lanzamiento de productos.

¹⁵⁶ Es la denominación utilizada dentro de la industria para definir el nivel de proveedores en función de las plantas terminales. En este caso un proveedor *Tier 1*, es proveedor directo de la terminal, mientras que un *Tier 2*, es proveedor de componentes del *Tier 1*, y así sucesivamente.

- Contractuales: Corresponden a piezas tales como tornillos o tuercas. Generalmente, la selección se realiza desde un catálogo y, en función del precio, se elige un proveedor. Aun así, esas compañías son monitoreadas constantemente, a fin de atender los objetivos de costos y calidad.

En el caso de un sistema de desarrollo de producto esbelto, es importante identificar aquellos proveedores que se seleccionarán para el desarrollo de un producto. No se trata simplemente de seleccionar al proveedor más económico, sino de seleccionar aquel que tenga la capacidad de respetar los estándares técnicos y los tiempos de desarrollo, y atender a los objetivos de costo y de calidad. Nunca se le entrega el 100 % de un componente o subsistema a un proveedor que se está desarrollando, sino que se comienza trabajando para abastecer piezas en el mercado de reposición. A lo largo del tiempo, y si cumple las expectativas propuestas, puede otorgársele la producción de algún componente para un programa o proyecto pequeño, o un volumen menor de la producción de una pieza para un proyecto más grande. El desarrollo de una pieza para un proyecto tiene otros formalismos:

- I+D: El proveedor debe contar con un vasto conocimiento de la pieza o producto que va a entregar. Para ello, es necesario que investigue las fuentes de materia prima, herramientas, maquinarias, logística, precios y demás cuestiones que darán forma al proyecto.
- Colocación de requerimientos de producto por parte de las terminales: Para diversas características buscadas en un automóvil, se necesita plantear los estándares que debe atender la pieza o producto en cuestión (en el caso de un neumático, por ejemplo, será la resistencia al rodaje, tamaño, consumo de combustible, *handling*¹⁵⁷ o distancias de frenado).
- Pedido de diseño y desarrollo de la propuesta: Consiste en un pedido formal a los proveedores con los requerimientos de producto, donde se cotiza el desarrollo y la producción de la pieza o sistema.
- Selección de proveedores para probar: Una vez retornado el documento anterior, se evaluarán los proveedores que puedan cumplir con los objetivos planteados por la terminal, financiando el desarrollo ellos mismos. A pesar de que parece contradictorio, el hecho de que un proveedor deba autofinanciarse se hace por diversos motivos. En caso de quedar seleccionado, obtendrá el negocio y recuperará la inversión; por el contrario, de no ser elegido, se le dará la oportunidad de ingresar en otro negocio si logra alcanzar las mejoras necesarias.

¹⁵⁷Características de manejo de un vehículo. De forma general, son todas las sensaciones que produce un vehículo al conducirse de diversos modos por sus ocupantes.

- Revisión de las piezas prototípicas: Aquí se evalúan los prototipos presentados por los proveedores. Se verificará que atiendan las expectativas inicialmente entregadas, probando las piezas donde corresponda. Se espera que el proveedor pueda responder cualquier duda que tuviera el cliente.
- Selección final del proveedor: Luego de haber evaluado a los proveedores candidatos, se selecciona a aquellos que hayan alcanzado los requerimientos en primer lugar. Si todos lo hicieron, entran en juego otros factores, que quedan a decisión de cada terminal (suele influenciar el precio, el tipo de compañía, la capacidad de manufactura, el tamaño del proveedor, entre otras cuestiones).

Algunos de los elementos por los que es importante involucrar a un proveedor dentro del sistema de desarrollo de producto son:

- Trabajo en equipo para generar una relación mutuamente benéfica: Implica que tanto proveedor como cliente puedan conocer en detalle aquellos elementos y terminología que utilizan para desarrollar piezas. Esto logra una interacción elevada entre ambas compañías, lo que hace que, ante un eventual problema, todos entiendan el lenguaje en el que se habla. Asimismo, se buscan relaciones a largo plazo, las cuales son las más importantes tanto para los clientes como para los proveedores. De hecho, más allá de que un proveedor nuevo pueda resultar en principio más competitivo que uno actual, se valorará que el actual tenga una relación duradera y haya podido ir sorteando todos los obstáculos que se presentaron a lo largo de la relación de negocios.
- El precio no define la relación: Si se desea construir una relación donde se valore la capacidad del proveedor para generar ingresos en el negocio, se debe tener en cuenta que eso no debe ser bajo la reducción de los márgenes de este último. Cambiar de proveedor simplemente porque ofrece un precio mejor y dejar de lado a un proveedor con el que se ha trabajado en conjunto durante años no resulta una buena opción, ya que, a largo plazo, los ingresos pueden verse afectados. Las lecciones aprendidas indican que es más costoso a largo plazo seleccionar al proveedor más económico si ese proveedor no está listo para cumplir las expectativas.
- Perder una oferta: Si bien al final del camino se selecciona un proveedor, los que hayan pasado la etapa de entrega de propuesta verán que la inversión realizada se perderá si no son seleccionados para un negocio. El enfoque que se toma no es el de una pérdida de dinero, sino que el que esta ha sido una inversión. Perder una oferta no significa en sí perder la inversión realizada previamente, ya que servirá de puente para futuros desarrollos y propuestas.

- **Desarrollo de la relación:** Nunca se comienza dando la totalidad de un negocio si el proveedor no es puesto a prueba. En caso de fallar, se frena el avance de nuevas propuestas, pero nunca se le retira totalmente un negocio a un proveedor que ya tiene proyectos en los cuales está entregando productos. Una vez que el proveedor demuestra la capacidad de entregar lo que el cliente pide, se puede continuar otorgándole nuevos negocios. El paso de proveedor de piezas de reposición a proveedor productivo de grandes proyectos puede tomar más de diez años de trabajo conjunto; por ese motivo, es tan venerada la relación construida.
- **Contar con ingenieros residentes:** Parte de construir esta relación es poder generar un intercambio de recursos que logren los objetivos de un proyecto de manera concreta. El hecho de estar en contacto con el sistema de desarrollo de producto de las terminales hace que la información esencial llegue a manos del proveedor, por lo que puede comprender en profundidad las buenas prácticas de cada terminal.
- **Mantener una base de proveedores estable:** En este modelo, se intenta mantener una cantidad relativamente pequeña de proveedores ocupados desarrollando productos mientras forman parte de un plan mucho más grande.

La definición sobre qué hacer internamente y qué entregar a los proveedores es parte de entender cuáles son los aspectos centrales del negocio. Las tecnologías más modernas, como el desarrollo de vehículos híbridos, aún se realiza dentro de las grandes automotrices, por ejemplo. No todo es posible de ser producido por un proveedor, pero aquello que pueda llegar a realizarse en conjunto con ellos podrá hacerse (siempre que se mantenga la responsabilidad del proyecto por parte de la automotriz, la condición de propiedad intelectual y las cláusulas de secreto que velan sobre los proyectos por parte de los proveedores); de esta forma, se genera un plano de desarrollo de actividades conjuntas donde ambos pueden verse beneficiados.

En definitiva, lo importante es identificar los aspectos centrales del negocio en las terminales para luego salir a la búsqueda de proveedores y seleccionar aquellos que estén más calificados para asociarse, desarrollando en conjunto los procedimientos y sistemas compatibles.

2.10.9 Construir el sistema dentro del aprendizaje y la mejora continua¹⁵⁸. Este principio se basa en que las auténticas ventajas competitivas con las que cuentan las organizaciones son el conocimiento y la capacidad de asimilar nuevos aprendizajes y ponerlos en práctica. Aunque en ocasiones no pareciera ser un punto central en la toma de decisiones, se explicará porqué esto no

¹⁵⁸ Liker & Morgan. (2006), pp. 203.

debe ser considerado así, sino, por el contrario, será una de las primeras cualidades para tener en cuenta al momento de tomar decisiones.

Analizándolo desde las áreas de desarrollo de producto, donde los activos más importantes son la información y la capacidad de incorporar conocimientos, se refuerza aún más la idea de que este principio está dentro de un sistema de desarrollo de producto ágil y eficiente. Diferentes autores han definido el conocimiento y su uso, pero, en nuestro caso, haremos foco en la explicación de David Garvin, el cual separa al aprendizaje organizacional en tres etapas: adquisición de información, procesamiento de la información y aplicación. Existe otra definición de aprendizaje, considerada pragmática, que plantea que el aprendizaje no ocurre cuando se encuentra una solución a un problema, sino cuando se implementa dicha solución.

A fin de centrarse en las características del aprendizaje que son centrales en desarrollo de producto, podemos definir dos tipos:

- Aprendizaje explícito: Se basa en comprender axiomas, reglas o símbolos que son universales y que sirven para conducir un lenguaje común entre los miembros de un grupo.
- Aprendizaje tácito: Es el más difícil de transmitir de todos los conocimientos, similar al de un artesano que tiene que enseñar un oficio a un alumno; son todas aquellas acciones que se harán siguiendo una lógica interna del arte. Es muy común que también se lo conozca con el nombre de *know-how*. No es un conocimiento que pueda ser reproducido solo por la simple observación y es la auténtica ventaja competitiva de una organización.

Algunas de las prácticas que se llevan adelante para capitalizar la transferencia de conocimiento entre los miembros y aprovechar la ventaja competitiva que esto brinda son las siguientes:

- Competencia tecnológica de proveedores: Ante un nuevo proyecto, se solicita a los proveedores que ofrezcan sus últimos avances tecnológicos, a fin de conocer qué puede ser útil para tal fin. Sirve para nivelar los conocimientos de los ingenieros de las terminales con los de los proveedores.
- Análisis de vehículos de la competencia: Una práctica muy común entre las automotrices es desarmar autos totalmente para analizar cómo están fabricadas sus partes, qué recursos tecnológicos se utilizan y demás cuestiones que hacen al producto. Es una excelente práctica para entender el estado tecnológico actual en una determinada gama de vehículos.
- *Checklist* y matrices de calidad: Consiste en el uso de herramientas comunes a toda la organización, las cuales tienen los mismos principios de funcionamiento. La intención es ejecutar un paso menos en el aprendizaje sin tener que explicar elementos que son comunes en todas las áreas.

- Aprendizaje enfocado en la resolución de problemas: Es la disciplina que otorga los conocimientos necesarios para poder resolver un problema. Mientras se busca una solución a un problema, se incluyen componentes de aprendizaje, lo que permiten desplazar los límites del conocimiento.
- Bases de almacenamiento de información del *know how*: Colecta toda la información necesaria del *know how* de producto de una compañía, poniéndola a disposición de los distintos miembros del equipo. En ella se captura también información útil de eventos pasados que sirven para evitar que determinados acontecimientos ocurridos vuelvan a suceder.
- Eventos de reflexión (*hansei*¹⁵⁹): Se comparten las distintas experiencias (tanto positivas como negativas), las lecciones aprendidas y los problemas surgidos, y se trabaja en las resoluciones para evitar que vuelvan a suceder.
- Conferencias de gerentes de programas: Diferentes líderes de programas se reúnen una vez al año para discutir las distintas lecciones aprendidas y plasmarlas en nuevos estándares.
- Equipos especiales: Se conforman cuando debe atenderse una necesidad particular, cuando desea correrse la barrera tecnológica impuesta y traer al mercado nuevas prácticas. El desarrollo del Toyota Prius fue uno de los acontecimientos donde trabajaron estos equipos.
- Matrices de aprendizaje *on-the-job* y planes de carrera enfocados en el aprendizaje: Consisten en seguir planes predefinidos de carrera, dependiendo del área donde se esté desarrollando cada ingeniero. La idea consiste en realizar un seguimiento del aprendizaje del candidato a medida que desempeña sus funciones con la finalidad de corregir aquello que sea posible de ser corregido o dictaminar en qué punto el ingeniero puede ingresar a una nueva posición.
- Ingenieros residentes: Con el intercambio de personal dentro de las áreas de Ingeniería de Producto, se genera a su vez un intercambio de conocimientos. Esta es una forma más de capitalizar el aprendizaje.

El aprendizaje desde la experiencia resulta la más valiosa de todas las enseñanzas que pueden darse en una organización. El hecho de poder no solo capturar, sino también convertir el aprendizaje en algo útil para los proyectos futuros resulta vital para cualquier organización que pretenda mantenerse de forma competitiva en cualquier negocio. En la cultura occidental, no poder capitalizar el aprendizaje de los eventos que no fueron totalmente exitosos se basa en lo siguiente:

¹⁵⁹ Traducido del japonés significa “reflexión”. Liker & Morgan. (2006), pp. 112.

- presiones por los tiempos de los proyectos que impiden procesar cualquier tipo de reflexión;
- cargas de trabajo opresivas, donde se tiende a concentrarse en el trabajo pendiente actual y no se procesa ni se repara en ningún acontecimiento que pueda resultar importante para registrar;
- búsqueda de culpables por lo que salió mal, en vez de enfocarse en lo sucedido;
- proyectos complejos que hacen que intentar comprender porqué algo salió mal termine siendo tan intrincado que se pierda el foco de lo que causó el problema.

Algunos antídotos para evitar esto son:

- mantener los eventos de reflexión lo antes posible antes de pasar a otro proyecto;
- enfocarse en aquellas cuestiones que estén bajo el control del grupo;
- tolerar las críticas y mantener un diálogo honesto;
- realizarse como un evento regular y no extraordinario;
- actualizar los estándares y los procesos.

Otra forma de aprender, más allá de los errores o bajo las actividades mencionadas, es a través de los métodos de falla. Siempre que se diseñe un producto, deben colocarse límites a las fallas de los componentes como una forma de garantizar la vida útil. Sin embargo, pocas veces las piezas son evaluadas hasta la falla. Conocer hasta qué punto un componente o subsistema sigue siendo operativo abre un sinfín de ventajas en cuanto a los límites de los diseños, pudiendo encontrar mejores combinaciones y *trade-offs*¹⁶⁰ de productos. Además, brinda la posibilidad de que los ingenieros, una vez más, estén en contacto con el producto, verificando y analizando las variables que resulten oportunas.

Por último, y para que el aprendizaje resulte más efectivo aún, es necesario plantearlo bajo el ciclo de Deming, pudiendo ordenar cada etapa de los acontecimientos y actuando en función de ellas. Cuando el *loop* es alcanzado, repetirlo con el afán de tomar velocidad y que el aprendizaje resulte cada vez más sencillo, es otra ventaja competitiva dentro de las áreas de desarrollo de producto (no solo capitalizar el conocimiento o aprendizaje, sino poder repetir este ciclo a una velocidad superior a la de cualquier competidor).

2.10.10 Construir una cultura para mantener la excelencia y buscar incansablemente la mejora¹⁶¹. Suponer que un sistema de desarrollo de producto, con sus diferentes herramientas y

¹⁶⁰Evaluación entre dos o más características deseadas pero incompatibles. De su estudio se suele tomar una decisión de compromiso que permita maximizar el desempeño deseado en función de su capacidad de ser entregado.

¹⁶¹ Liker & Morgan. (2006), pp. 217.

procesos, funcionará de manera correcta sin la cultura de la organización, difícilmente demuestre la auténtica eficiencia del uso de estos sistemas. En líneas generales, se alcanzan buenos resultados a corto plazo inmediatamente después de ser implementados para luego estancarse en procesos que solo se repiten por costumbre hasta caer en desuso al no alcanzar las metas establecidas.

Para avanzar en este segmento, es necesario tener una idea precisa de cuáles son las características culturales en cualquier organización. Definida por algunos autores de la siguiente manera, la *cultura* es el patrón de suposiciones básicas que un determinado grupo ha descubierto, creado o desarrollado para hacer frente a sus problemas de adaptación externos y de integración internos que han funcionado lo suficientemente bien para ser consideradas válidas, y, por lo tanto, ser enseñadas a nuevos miembros de la forma correcta para percibir, pensar y sentir en relación con esos problemas.

Es menester explicar cuatro principios de la cultura en los cuales se basa su funcionamiento:

1. La cultura funciona en un nivel de inconciencia. Las suposiciones básicas que menciona la definición de cultura encuentran sus raíces en las experiencias de cada individuo. Esto definirá su comportamiento, en el que las reacciones que se esperan tienen su respaldo en dichas experiencias. Resulta muy difícil, una vez aprendidas estas suposiciones básicas, que un individuo pueda modificarlas.
2. Es un sistema de producción hecho en función de las necesidades y basado en el empirismo. La evolución de los sistemas de desarrollo de producto son fruto de décadas de aprendizaje, pruebas y errores. Poder integrar los elementos internos, así como también lidiar con los factores externos y lograr entregar al cliente lo que necesita en el momento que lo necesita plantea un desafío de coordinación y estudio que solo se puede lograr utilizando el método científico.
3. Adaptación de sistemas. Es la tradición de adaptar nuevos métodos que funcionan y encajan dentro de la cultura de la organización. Esto refleja la evidencia empírica: trabajar para encontrar soluciones reales a problemas y no trabajar basándose en trampas burocráticas que dictan las suposiciones básicas o las políticas.
4. Aprender cómo funcionan los sistemas trabajando con ellos. Si bien pareciera ser bastante trivial, aprender a medida que se trabaja resulta la forma más efectiva para poder dominar cualquier disciplina. La idea es modificar la cultura mediante la experiencia del aprendizaje.

De manera fáctica, pueden resumirse con ejemplos la visión cultural de Toyota y la occidental, en la tabla 2.4:

Toyota	Compañías occidentales
Excelencia técnica	Excelencia de negocio
Disciplina en procesos y ética laboral	Enfocada en resultados
<i>Kaizen</i> diario	Nuevas iniciativas
Planificación y ejecución detallada	“Solo hazlo”
Aprendizaje cultural	“No existen los problemas”

Tabla 2.4. Diferencias culturales entre el modelo de desarrollo de producto de Toyota y el occidental. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 234.

Para plantear las bases de un sistema que es culturalmente sólido y puede desempeñarse bajo los mandamientos de un sistema de desarrollo de producto que busca la satisfacción de todos los actores de la sociedad con los que interactúa, podemos definir las siguientes condiciones:

- La puesta del foco en el cliente, contribuyendo con la sociedad y con la comunidad. Como lo plantean de forma muy similar los principios de responsabilidad social empresarial, la única finalidad de una compañía no debe ser la de tener ganancias, sino, en cambio, contribuir a una sociedad más justa, equitativa y al desarrollo de las comunidades, además de ganar dividendos. Esto amplía, en nuestro caso, la finalidad por la cual se toman decisiones. Colocar a los clientes en una situación central para la toma de decisiones—y por detrás los actores que participan ya sea directa o indirectamente en el negocio—resulta por demás necesario.
- La excelencia técnica está inserta dentro de la cultura. Consiste en cambiar la manera en la que se ve y se analiza la excelencia en las personas y la relación que esto tiene con la cultura. Muchas veces se confunde excelencia técnica con excelencia académica y este es un motivo para contratar a un nuevo miembro de un equipo de trabajo que, luego, por cuestiones naturales, cuando la cultura se impone en un ambiente de trabajo, no se termina de adaptar a la compañía y opta por retirarse. Esto es un error bastante común en las organizaciones, ya que los miembros de un equipo deben ser seleccionados, en primer lugar, por su capacidad de adaptarse a la cultura y luego estos deben aprender lo necesario para alcanzar la excelencia técnica.
- Disciplina y ética laboral. Esta es una mirada distinta también, ya que considerar que las mentes más creativas suelen ser desorganizadas y que el caos lleva a la iluminación de la idea no encaja con una cultura basada en la disciplina y en el compromiso. Esto está atado, a su vez, a la madurez que la industria tiene; no se necesitan grandes genios para resolver un problema, sino conocer las causas y actuar en consecuencia utilizando herramientas que brinden un manejo seguro de la información. Como ética laboral, los compromisos

asumidos deben cumplirse, lo cual significa trabajar las horas suficientes y dedicar el tiempo necesario para entregar una tarea o proyecto en tiempo y forma.

- *Kaizen*. Una vez establecido un proceso, las actividades que lo conforman pueden ir modificándose para que, al ejecutarse, resulten más eficientes. Esto solo puede suceder si, efectivamente, se hacen y cumplen las actividades necesarias, a fin de entender qué se hace bien y qué se puede hacer diferente. Cuando un equipo de trabajo puede dominar en su totalidad los procesos y aprende a descartar desperdicios e incrementar el agregado de valor, no debe caer en el error de creer que por ello son los mejores dentro de una determinada industria, ya que esto lleva a la autocomplacencia y se pierden oportunidades de mejora.
- Poner al cliente primero. Toda decisión, ya sea interna o externa, tiene como objetivo final hacer lo mejor para el cliente. Esto si bien pareciera no verse reflejado a simple vista, es el denominador común sobre los objetivos de cualquier área dentro de una organización.
- Aprendizaje. Así como el *kaizen* es una herramienta que se debe distribuir en todos los niveles de la organización, sin aprendizaje nunca existirá la mejora. Se considera que la mejor y más eficiente ventaja competitiva de cualquier organización es la de aprender y capitalizar el aprendizaje.
- Responsabilidad. Independientemente de que un proyecto se realice en equipo, cada miembro es responsable por una parte. La falsa ilusión de creer que, en donde hay muchos miembros, ninguno es responsable de lo que suceda termina siendo letal para muchos proyectos. Resulta necesario mencionar que, con el fin de capitalizar los errores, se realizan los eventos denominados *hansei*, los cuales obligan a la reflexión de los acontecimientos y ayudan a definir el camino necesario para evitar que se repitan.
- Integridad del equipo. Las acciones que cada miembro ejecuta tienen que ser realizadas pensando en que son parte de un plan mayor dentro de un equipo. Parte de integrar un equipo es evitar acciones que tienen connotaciones negativas, como culparse unos a otros, dejar a los nuevos miembros trabajando bajo sus propios principios o ambiciones, o bien dejar al equipo expuesto ante cualquier problema. Las actividades de *hoshin kanri*¹⁶² colaboran a tener una visión global de los equipos, a alinear las expectativas y visiones de cada uno de los miembros.
- Gerenciar en todos los sentidos. Es el principio por el cual se busca que un directivo de un área de desarrollo de producto esté en contacto con los técnicos e ingenieros de un área a fin de determinar qué tipos de actividades se desarrollan y, en función de eso, colaborar

¹⁶² Liker & Morgan. (2006), pp. 266.

con la compañía. Se intenta torcer la actitud de delegar suponiendo que los ingenieros trabajan con autonomía, despegándose de las actividades que hacen e intentando estar más cerca de otros intereses.

- Confiar en los procesos que llevarán a obtener los resultados necesarios. Parte de plantear un proceso que apunte a centrar las decisiones en función de los clientes y se oriente a eliminar desperdicios y agregar valor implica suponer que ese proceso ya viene desprovisto de toda actividad que pudiera considerarse innecesaria. Sin embargo, si se plantean atajos en los procesos suponiendo que de esta forma se puede alcanzar el mismo objetivo de manera más eficiente, esto implica fallar a corto o largo plazo con los objetivos propuestos. Cuando está demostrado que un proceso da resultados y fue mejorado a lo largo del tiempo, el escepticismo de algún miembro en esto último resulta en aspectos negativos para el sistema y el grupo.
- La cultura soporta el proceso. Como se mencionó en el primer punto, sin cultura no hay sistema que se sostenga a lo largo del tiempo. Principalmente, cualquier actividad que se encare sin pensar en la cultura fracasa o cae en desuso para volver a las viejas prácticas que, en mayor o menor medida, pueden brindar un resultado.
- Los líderes deben mantener la cultura. Mantener vivo un sistema de desarrollo de producto implica sostener la cultura. Para ello, los líderes deben estar al tanto de conservar, ya sea con nuevas ideas o con proyectos, la capacidad del equipo de realizar sus actividades, manteniendo vivo aquello que mueve la organización.

2.10.11 Adaptar la tecnología para que se ajuste a la gente y a los procesos¹⁶³. Parte de las ventajas competitivas que una compañía puede aprovechar se verán potenciadas gracias a la tecnología. Eso se basa en el concepto de que la tecnología debe servir como una herramienta para sostener el proceso de desarrollo de producto, aprovechando la capacidad de estas para potenciarlo. Más allá de esto, la tecnología mal utilizada o que no se encuentra adaptada para sostener cada uno de los procesos de desarrollo de producto pueden tornar un proceso ineficiente aún más ineficiente.

Existen cinco principios esenciales para seleccionar y definir el uso de una herramienta tecnológica, los cuales son:

- Las tecnologías deben estar totalmente integradas. De nada sirve comprar tecnología que no pueda utilizarse en toda su capacidad, así como tampoco pueda adaptarse a otras ya existentes o acoplarse en la matriz tecnológica de una organización. A su vez, utilizar tecnologías que no tengan interfaces con otras implica que siempre existan, entre estas,

¹⁶³ Liker & Morgan (2006), pp. 241.

elementos que deban reinterpretar las salidas de unas de forma tal que sirvan como entradas de otras, lo cual, en el peor de los casos, puede utilizar mano de obra directa.

- Las tecnologías deben soportar los procesos, no dirigirlos. En ocasiones, se modifican los procesos para adaptarse a la tecnología, la cual a su vez cambia constantemente. La modificación constante de los procesos termina derivando en caos que se torna difícil de controlar y termina derivando en grandes desperdicios de tiempo y esfuerzos. Se considera que debe incorporarse nueva tecnología cuando esta sea un limitante en el resto de los sistemas.
- La tecnología debe mejorar a las personas, no reemplazarlas. Es parte de lo irremplazable de las personas dentro de los sistemas de desarrollo de producto. Si se dejara que los sistemas interpretaran los resultados de los diversos procesos y actuaran en función de ello, esto podría acarrear graves problemas que serían costosos de resolver. Es imprescindible que las personas tomen decisiones de cómo seguir los procesos, cuándo avanzar, cuándo detenerse y cuándo volver a analizar. En definitiva, la tecnología debe complementar a los ingenieros, no reemplazarlos.
- Debe apuntar a soluciones determinadas, no a cuestiones amplias. Cuanto más específica sea la tecnología para resolver un problema o soportar un proceso, más potente será. No tiene ningún sentido utilizar tecnologías que no lleguen a la profundidad y al detalle de información aplicado a un proceso y que solo tornen más engorroso su uso si se desea iterar datos por intermedio de otros sistemas.
- La tecnología debe estar hecha a medida, no sobredimensionada. A pesar de suponer que herramientas tecnológicas más potentes pueden brindar mayor capacidad a los procesos de desarrollo de producto, esto resulta muchas veces en lo contrario. El generar mayor capacidad de recursos tecnológicos deriva muchas veces en sistemas complejos de utilizar que requieren una gran variedad de datos de entrada para poder devolver resultados y que, prontamente, terminan cayendo en desuso debido a estos requerimientos.

Algunos ejemplos de ello son:

- Ingeniería digital en sistemas de desarrollo de producto: Se basa en integrar diversas fuentes de información en una única plataforma donde se pueda acceder a todas las etapas de desarrollo de producto. Esto ayuda a disponer de la información necesaria en cada etapa de diseño, brindando cada documento, estándar o *checklist* para evitar realizar dichas búsquedas en distintos foros o sistemas e información.
- Tecnología de diseño: Mundialmente famosos, el soporte informático en diseño de producto, con piezas realizadas en 3D, resulta esencial en cualquier sistema moderno que

use cualquier automotriz o autopartista. El desafío es lograr la integración de dichos sistemas a los ya establecidos, en los cuales pueden verse variantes de diseño evaluando diferentes materiales o analizando distintas interferencias o modificaciones menores de tolerancia para determinados problemas. En ocasiones, al existir información sensible de diseño o de manufactura, este tipo de acciones están restringidas y se debe solicitar que el análisis lo realice un ingeniero *ad hoc*. Otra de las ventajas que se ofrece es poder parametrizar valores y evaluar cambios con solo modificar las variables de entrada, lo cual otorga las condiciones de borde para un determinado diseño.

- **Manufactura virtual:** Como se mencionó en el punto anterior, disponer de secuencias de armado de vehículos es parte del contenido de la ingeniería, el cual también es un valor agregado que contiene elementos confidenciales. Parte de la ingeniería concurrente que puede aprovecharse es la ventaja principal de estos sistemas, los cuales deberán aportar información de diseño previo a la materialización de estos, asegurando la detección de posibles problemas.
- **Análisis por elementos finitos:** En este caso, además de colaborar con posibles rediseños de piezas, también sirve para diseñar las distintas etapas de los herramentales que fabricarán esas piezas. En los diseños de herramentales de piezas estampadas complejas que tienen varias etapas de formado, utilizar este tipo de sistemas es la diferencia entre una etapa más de manufactura o una menos. A su vez, reduce los tiempos de validación de los herramentales al simular los estampados de dichas piezas. De forma similar ocurre con las piezas de fundición, las cuales se someten a simulaciones digitales.

Si bien se han mencionado herramientas de diseño de producto y algunas de manufactura, las de manufactura conforman un capítulo aparte, ya que, mediante ingeniería concurrente con las áreas de desarrollo de producto, se logra obtener el mejor diseño de una pieza y su proceso de manufactura.

Algunos de los elementos que se utilizan para asistir a la manufactura son:

- **Checklist y herramientas de estandarización:** Simplificar los elementos para tener en cuenta en un *checklist* se encuentra dentro de una de las primeras acciones que un ingeniero de desarrollo de producto aprende y ejecuta, poniéndolo en práctica en cada proyecto. De forma similar, estos *checklist* se mantienen actualizados por el establecimiento de nuevos y mejores estándares de producción, lo cual obliga a repasarlos por partida doble.
- **Diseño de herramentales:** Para la manufactura de piezas, es común utilizar además del análisis por elementos finitos, los diseños de sólido de los herramentales para cada etapa.

Esto simplifica su construcción, cargando dichos datos a los centros de mecanizado automatizados que fabricarán cada etapa.

- Mecanizado de herramientas: Este proceso no acaba solo con contar con una serie de centros de mecanizados para hacer los herramientas, sino que la fabricación de dichos herramientas debe contemplarse en sí como una línea de producción. Para ello, es necesario contar con controladores numéricos computarizados de diversas capacidades, ya sea para herramientas de gran tamaño u otros menores. La clasificación del tipo de superficie para estampar, la durabilidad, las tolerancias o el tipo de material y esfuerzos a los que se someterá son solo algunas de las variables de diseño, las cuales servirán para armar el plan de producción de un centro de matricería. La precisión de dichos centros es un elemento clave, ya que, a mejores terminaciones en las superficies de los herramientas, menor será la intervención de personal especializado que deba terminarlas.
- Evaluación de herramientas: Al disponer de herramientas con diversas clases de terminaciones y considerando el tamaño de cada uno de estos, es necesario disponer de prensas rápidas para poder hacerlas y evaluarlas.
- Ajuste de tolerancias de piezas: Si bien es importante lograr piezas de geometrías complejas que se ajusten a un diseño con determinadas tolerancias, en sistemas de ensamble complejos existe un sin fin de factores que pueden influir en las mediciones de una carrocería *body-in-white*¹⁶⁴, por lo que adaptar los sistemas para alcanzar determinadas características dimensionales en los vehículos resulta conveniente. Aquí es donde la filosofía de construcción de carrocerías cambia de acuerdo con el fabricante. En determinados sistemas, no se considera la tolerancia de puntos geométricos, sino de superficies de *matching*¹⁶⁵. Esto ayuda a lograr características físicas que atienden a requerimientos de clientes, antes de priorizar requerimientos puntuales, y en ocasiones arbitrarios, de manufactura. Para ello, es preferible contar con *scanners*¹⁶⁶ antes que palpadores o máquinas de medir por coordenadas o reemplazar calibres físicos de mediciones no relacionadas a parámetros críticos por elementos que colaboren a estimar interferencias críticas.

En definitiva, este segmento alienta a utilizar tecnologías que atiendan a requisitos reales de clientes, adecuando el uso de estas mediante los cinco principios enumerados al inicio.

¹⁶⁴ Se denomina de esa forma a una carrocería totalmente ensamblada (ya sea por procesos de soldadura, remachado, pegamentos o torques), previo a su proceso de pintado.

¹⁶⁵ Superficies y puntos coincidentes o de contacto entre dos o más piezas.

¹⁶⁶ Dispositivo de relevamiento electrónico de superficies. Conectados a una interfaz informática, brinda las dimensiones de un componente.

2.10.12 Alinear la organización a través de la comunicación visual y simple¹⁶⁷. Entender el proceso de desarrollo de producto de manera similar a lo que es la manufactura de un producto en serie es tener claro que la información es el bien más importante en esta cadena. Si se detiene el flujo de información, se detiene el desarrollo de producto. Es por eso por lo que resulta tan importante que la información sea administrada de forma correcta y esté disponible en el momento necesario para la persona correcta.

Si se repasan los siete desperdicios de la manufactura, el peor es la sobreproducción porque es el que genera el resto. Con el mismo carácter, el flujo descontrolado de información (demasiada información innecesaria o en caudales inapropiados) genera atascos dentro del proceso, confusión, errores y pérdidas de tiempo que obligan, en ocasiones, a tener que volver a ejecutar algunas tareas.

Para combatir esto, dentro de los sistemas de desarrollo de producto, se utilizan determinados documentos, técnicas y procesos que ayudan a administrar la información de manera acorde con cada etapa de desarrollo de producto.

El primero de ellos se conoce como *concept paper*¹⁶⁸, el cual utiliza el *chief engineer* para brindar los elementos básicos de diseño y *performance* de un nuevo proyecto. Consta de un sumario de definiciones, acompañadas por tablas, gráficos y *sketch* que servirán para alinear las actividades de desarrollo de producto de ahí en adelante. A su vez, se definen los papeles y responsabilidades de cada equipo.

El siguiente paso, una vez emitido y distribuido el *concept paper* entre los miembros del equipo que trabajarán en los diferentes proyectos, es conformar el *obeya*. Este es el lugar de reuniones donde se analizan los diversos temas y se toman decisiones, al que asisten los miembros clave de cada equipo. La idea de tener en un mismo lugar a cada especialista hace que quien tome las decisiones (en este caso, el *chief engineer*) pueda contar con la visión más profunda de cada tema, apalancándose en lo que se conoce como *ingeniería simultánea*, donde se puede analizar en contexto las diversas condiciones de borde y arribar a una decisión que contemple todas las miradas. Además de esto, físicamente, el *obeya* contiene toda la información clave de un determinado desarrollo. En sus paredes se presenta de forma ordenada cada etapa que debe seguirse y se dispone de la información necesaria para la toma de decisiones.

Como parte de sostener un flujo de información eficiente, existe una serie de herramientas que colaboran a que esto así suceda.

¹⁶⁷ Liker & Morgan. (2006), pp. 259.

¹⁶⁸ Documento de concepto de producto.

- *Nemawashi*: Traducida del japonés, esta palabra se utiliza para mencionar al conjunto de acciones necesarias para trasplantar un árbol. Con un carácter similar en los negocios, esta palabra se refiere a generar consenso entre los miembros de un equipo antes de tomar alguna decisión. Este proceso en un área de desarrollo de producto implica dar a conocer las relevancias de un problema a un determinado grupo (generalmente, de índole técnico) para luego realizar diversas reuniones donde se discuten los diferentes aspectos y los caminos que se tomarán para resolver dicho problema. En caso de problemas de mayor envergadura, se utiliza la herramienta que se menciona a continuación.
- Sistema *Ringi*¹⁶⁹: En este caso, las decisiones para resolver un problema son tomadas por un equipo que tiene dicha asignación. En general, se les otorga de treinta a noventa días de plazo para que definan una solución a un problema planteado. Como resultado, se genera un documento con el enunciado del problema, los puntos tenidos en cuenta para una determinada decisión, el impacto de la implementación y las contramedidas. Este documento se eleva a todos los directores o *senior managers*¹⁷⁰ que tengan implicancia en dicho problema, que deben revisar este documento y firmarlo. Hasta la década del 90, en Toyota se necesitaban ocho sellos para aprobar un documento de este tipo; en la actualidad, solo se necesitan tres. Generalmente, esta actividad se realiza en la etapa de *kentou* (estudio), la cual permite definir soluciones al inicio de un proyecto.
- *Hoshin*: También denominado *despliegue de políticas*, a diferencia de lo que sucede en muchas compañías u organizaciones, tienen el objetivo de ser alineadas por la organización en su totalidad antes de ser publicadas. Para ello, se sirve de un proceso denominado *catchball*¹⁷¹: partiendo desde los cargos de mayor jerarquía, se define la planificación estratégica (objetivos) para los cuales la organización trabajará, y son derivados al nivel siguiente de dirección, los cuales, a su vez, los derivarán a sus equipos. Si algunos de los objetivos planteados no son alcanzables por diversos motivos dentro de la organización (ya sea por cuestiones físicas, tecnológicas, organizacionales o lo que suceda como causa), este objetivo vuelve aguas arriba y es responsabilidad de la organización, ya sea para dar los recursos para atender dicho objetivo (si es crítico) o para reformularlo.

Parte del proceso de estandarización que se realiza en las áreas de desarrollo de producto involucra la generación de documentos que son utilizados a su vez por otras áreas. Uno de los

¹⁶⁹ Denominación en japonés para la toma de decisiones. Liker & Morgan. (2006), pp. 265.

¹⁷⁰ Directivos.

¹⁷¹ Se denomina así porque el concepto de este proceso es similar a lanzar una bola de baseball (la bola es el equivalente a los objetivos) que es capturada y devuelta a su lanzador (al devolverse los objetivos hacia quien debe establecerlo, se identifica aquellos puntos a tener en cuenta o recursos faltantes para poder lograrlos).

documentos usados se denomina A3 (debido al tamaño de las hojas que se utilizan para los planos). Es un formato estandarizado en el que, en una sola hoja tamaño A3, se presenta toda la información resumida de forma tal que debe entrar en dicho documento.

Pueden encontrarse ejemplos de estos formatos en las figuras 2.22, 2.23 y 2.24:

Introducción	Plan			
Concepto básico, antecedentes, o estrategia básica y como encaja en el negocio	Condición requerida	Razón para requerir dicha condición	Efecto esperado	Responsabilidad
	Qué/Cómo	Porqué?	Qué?	Quién?
Propuesta	Problemas no resueltos			
Cómo desplegar los conceptos básicos (puntos vitales)	Problemas no resueltos y cómo superar los obstáculos			
	Plan de acción (agenda)			
	Cómo desplegar el plan Agenda/Tiempos			

Autor: _____ Fecha: _____

Figura 2.22. Modelo de A3, primera hoja. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 271.

Tema				
I. Antecedentes			IV. Efectos	
II. Objetivos			V. Problemas no resuelto / Acciones futuras	
III. Implementación				

Figura 2.23. Modelo de A3, segunda hoja. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 271.

Tema									
Responder la pregunta: ¿Qué estamos intentando hacer?									
Situación del problema	Contramiedas								
<ul style="list-style-type: none"> •Estándar •Situación actual •Discrepancias/desarrollo del problema Racionales para escoger el problema (importancia en el negocio, metas o valores para la organización)	(resultantes del análisis de causas) <ul style="list-style-type: none"> •Medidas temporarias •Medidas a largo plazo 								
Objetivos/Meta	Implementación								
Descripción de los objetivos medibles que se desean cambiar (cantidad, tiempo)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Qué</th> <th style="width: 25%;">Dónde</th> <th style="width: 25%;">Quién</th> <th style="width: 25%;">Cuándo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acciones a tomarse</td> <td>Lugar de la actividad</td> <td>Persona responsable</td> <td>Tiempos fechas</td> </tr> </tbody> </table>	Qué	Dónde	Quién	Cuándo	Acciones a tomarse	Lugar de la actividad	Persona responsable	Tiempos fechas
Qué	Dónde	Quién	Cuándo						
Acciones a tomarse	Lugar de la actividad	Persona responsable	Tiempos fechas						
Análisis de causa	Seguimiento								
Problema: Causas potenciales Causa más directa posible (cinco porqués) Causa raíz:	<ul style="list-style-type: none"> •Problemas no resueltos y acciones para solucionarlos •Cómo se controlarán los efectos •Cuando se controlarán los efectos •Cómo se reportarán los hallazgos •Cuando se reportarán los hallazgos 								

Figura 2.24. Modelo de A3, tercer hoja. Fuente: Liker & Morgan (2006), pp. 273.

Se divide en cinco partes de la siguiente manera:

- **Historia:** Se identifica el problema, se dan las proposiciones para poder encararlo y se define un plan para ello.
- **Estatus:** Se utiliza para registrar el estado actual de una determinada propuesta en caso de que ya hubiese sido presentada. Algunas preguntas clave que se realizan son las siguientes: ¿cuál es el objetivo del proyecto y como está en relación con los objetivos del negocio?, ¿cómo está la ejecución de lo planificado?, ¿qué problemas necesitan ser resueltos y qué acciones futuras necesitan ser planificadas?
- **Información:** Se utiliza para compartir información; generalmente, es el lugar que tiene quien realiza el A3 para presentar cuestiones relevantes.
- **Resolución del problema:** Este campo es usado cuando un plan, objetivo o estándar existe y la compañía no logra cumplirlo. Allí se detalla todo el plan de acción que debe seguirse, explicar con fundamento las causas raíz y delinear cómo se resolverá.

Como el objetivo de estas herramientas es lograr consenso, informar y alinear a la organización bajo las mismas prácticas, y resultan necesarias si se quiere mantener un sistema de desarrollo de producto orientado a la mejora continua, también es oportuno mencionar que estas herramientas son inseparables, ya que intentar aplicar solo una parte de ellas sin la compañía del resto termina

derivando en un sistema que siempre estará incompleto, con falencias en cuanto a la información presentada y a los objetivos a los que se apunte para resolver.

2.10.13 Utilizar herramientas poderosas para la estandarización y el aprendizaje organizacional¹⁷². Como se mencionó anteriormente, un sistema de desarrollo de producto tiene como principal activo la información. Para poder utilizarla de forma correcta, esta información debe ser interpretada por personal que tenga el conocimiento necesario. Este conocimiento que debe poseer, en este caso, un grupo de ingenieros viene sostenido en función de la experiencia y del aprendizaje de técnicas, reglas y procedimientos. Por ello, se define aquí un punto vital en cualquier sistema de producto: el aprendizaje organizacional.

Se explicará a continuación cómo capitalizan las organizaciones dicho aprendizaje y lo gestionan como un activo más. Suele ser muy común que los reservorios de información, en muchos casos, sean construidos por personal que trabaja en la organización hace un tiempo y son considerados especialistas en alguna disciplina o *commodity*¹⁷³ de los que forman parte de un automóvil. Ellos serán quienes creen las reglas para considerar en la construcción de un vehículo y especifiquen los materiales, procesos, las compatibilidades con otros vehículos, qué estará permitido y qué no al momento de diseñar. Estas bases de datos (que son aplicables en su totalidad para cualquier proyecto) tienden a caer en desuso cuando no son actualizadas o solo pueden aplicarse en parte a un proyecto.

Por su parte, para resolver el problema de la desactualización de las plataformas, se ha intentado hacer aplicaciones basadas en *big data*¹⁷⁴ para filtrar palabras de mayor uso y así depurar los estándares, pero esto último resulta contraproducente, ya que, generalmente, quienes administran dichas bases de datos no son personal de Ingeniería de Producto, sino personal de Tecnología de la Información, que no tienen el conocimiento para mantener este tipo de fuentes de información.

Para contrarrestar el uso de sistemas de bases de datos que no acompañan el desarrollo de producto, se puede utilizar *checklist*, los cuales se distribuyen a lo largo de los distintos programas y se actualizan con las lecciones aprendidas de cada proyecto. Si bien un *checklist* no dice cómo un ingeniero debe hacer su trabajo, sí delimita aquello que es esencial y no puede ser pasado por

¹⁷² Liker & Morgan. (2006), pp. 279.

¹⁷³ Denominación económica para productos que se comercializan al mismo precio, independientemente de su fabricante, y que, por sus características, suele utilizarse para producir otros productos más complejos.

¹⁷⁴ Sistema informático de detección de información y creación automática de bases de datos. Se utiliza para analizar tendencias de búsqueda en los usuarios de una red, a fin de ajustar el ofrecimiento de información y mejorar la experiencia de los internautas.

alto. Esto ayuda a minimizar los errores que puedan ocurrir frente a la omisión de alguna característica crítica.

Otro de los avances de las bases de datos de *know-how* es evolucionar hacia un enfoque de *know-why*. Utilizar el razonamiento para entender por qué una regla existe abre la mirada a un plano que muchas veces es pasado por alto por los ingenieros de un vehículo que trabajan aplicando mejoras. *Know-why* obliga a conocer el porqué de una regla, fundamentando el trabajo desde un punto de vista mucho más científico que meramente administrativo.

Algunas herramientas utilizadas para poder tomar decisiones en las etapas de diseño y desarrollo son las curvas de *trade-off* (ver figuras 2.25 y 2.26) y las matrices de decisión (ver tabla 2.5). Ambas técnicas se utilizan para aclarar discusiones y acortar los tiempos de toma de decisiones entre distintos grupos de ingenieros (ingeniería concurrente), lo que sirve de aprendizaje para todo el equipo.

Proveedor de sistema de escape:
 "El *chief engineer* quiere conocer las curvas de *trade-off*"

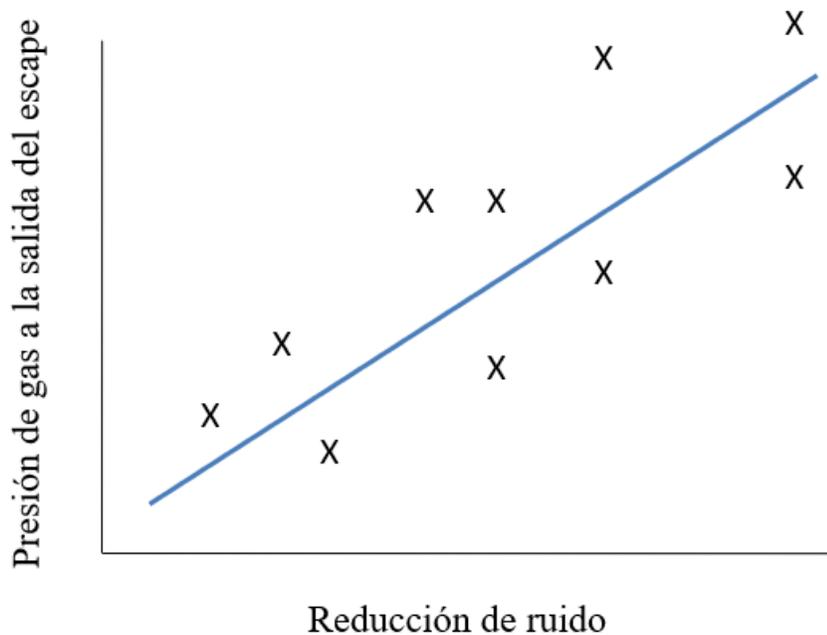
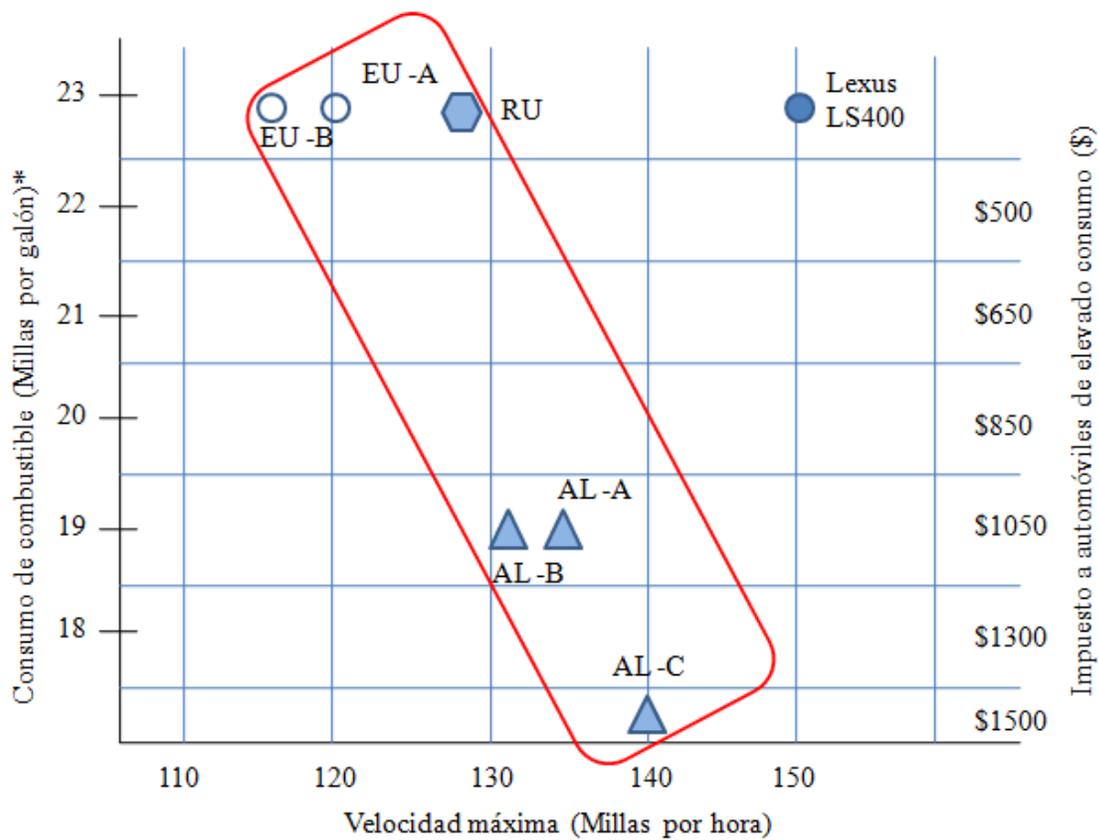


Figura 2.25. Curva de *trade-off* para evaluar el ruido en un sistema de escape. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 284.



*Consumo combinado en ciudad y ruta

Referencias:

-  Automóviles de lujo producidos en Alemania
-  Automóviles de lujo producidos en Estados Unidos
-  Automóvil de lujo producido en Reino Unido

— Límite establecido de relación entre desempeño y consumo de combustible

Figura 2.26. Comparación de consumo de combustible, autonomía y velocidad final entre automóviles de distintas marcas. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 284.

Por otra parte, uno de los aspectos esenciales en las áreas de desarrollo de producto, es comprender qué es lo que hace la competencia. Básicamente, conocer qué realiza la competencia y saber cómo resuelve determinados problemas o que técnicas y tecnologías utiliza resulta conveniente para cualquier proyecto. Los eventos que se encargan de llevar esta información a manos de los ingenieros que deben interpretarla se los conoce como *teardown*¹⁷⁵. En dicho evento,

¹⁷⁵ Desarme completo de un vehículo, sistema, subsistema o pieza.

se encarga a un grupo determinado el desarme completo de un vehículo de la competencia y se analiza cómo fueron fabricadas sus piezas y los procesos de manufactura utilizados. Hasta aquí el principio es similar en cualquier compañía, pero las diferencias, aunque parecen simples, cambian el resultado dependiendo de quién y cómo ejecute este procedimiento. Si se terceriza este trabajo, como en ocasiones sucede, solo se podrán elevar aquellas características que, ante los ojos de quien realiza el análisis, son importantes, no así de quienes necesiten y finalmente utilicen información. En las compañías en donde esta actividad es realizada de tal manera que se capitaliza el aprendizaje, se encarga esta tarea a los equipos de desarrollo de producto. Son quienes comparan las diversas partes y subsistemas, y obtienen información valiosa para llevar a sus respectivos diseños.

Un ejemplo de las ventajas de esta actividad se resume cuando Toyota tuvo problemas con el armado de puertas en uno de sus vehículos. Al no encontrar una respuesta evidente de porqué estaba fallando el plegado de los paneles exteriores de la puerta junto con los interiores (lo cual generaba una gran variabilidad al momento de ensamblarlas en el vehículo, donde, en algunos casos, el borde de una puerta rozaba con la puerta contigua), se encargó a los ingenieros responsables del diseño y la manufactura de las partes móviles que investigaran otros vehículos de la competencia. Al desarmar una puerta de un vehículo de la competencia, pudieron recopilar información sobre las medidas de los plegados, así como también analizar los espesores de los paneles utilizados y los materiales para comprender las diferencias entre un diseño y otro, y finalmente pudieron resolver su problema. Queda claro, entonces, que la información recopilada de forma correcta por el equipo indicado brinda la solución que, en ocasiones, no se puede encontrar por otra vía o que, en caso de brindarla, lleva mucho más tiempo de investigación y desarrollo.

Por último, en lo que respecta a la estandarización de tareas, es común utilizar matrices de desarrollo de producto y de *know how* integradas, las cuales son de gran ayuda para poder desarrollar una pieza de forma correcta. Este es el principio en el cual se basa esta tesis y en la cual se apoya el sistema de desarrollo de producto propuesto. La integración de sistemas se debe a la complejidad de factores que se manejan al momento de diseñar y se deben separar las etapas de desarrollo, las reglas aplicables a cada etapa y, a su vez, integrarlas con la planificación de tareas.

Alternativas de diseño	Costo	Peso	Durabilidad	Desempeño funcional	Total
A	1	2	2	2	7
B	3	2	3	1	9
C	2	3	1	3	9

Los números 1 a 3 representan una escala de valorización única

Tabla 2.5. Matriz de decisión. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 286.

Los estándares en los cuales se basan los ingenieros que desarrollan una pieza, componente o subsistema se deben mantener actualizados de proyecto en proyecto para registrar en algún medio, de esta forma, las lecciones aprendidas que servirán para futuros desarrollos.

2.11 Mapa de procesos y funcionamiento de la teoría general de los sistemas aplicados a los sistemas de producción.

Los sistemas de producción (por ejemplo, el TPS) funcionan como un sistema *pull* que, por medio de objetivos previamente impuestos en distintas áreas (seguridad, calidad, volúmenes de producción, costos, o las variables que el *management* disponga), establecen los procedimientos de trabajo internos y definen las actividades centrales que deben ejecutarse, principalmente, por los líderes de equipo de las plantas.

En el caso de la figura 2.27, se expone el esquema básico de la teoría general de los sistemas aplicado a producción, identificando tres dimensiones de control elementales (seguridad, calidad y volumen de producción)¹⁷⁶.

¹⁷⁶ Ford Motor Company. (2015). Ford Production System Owner's Guide. Michigan, FOMOCO, página 10.

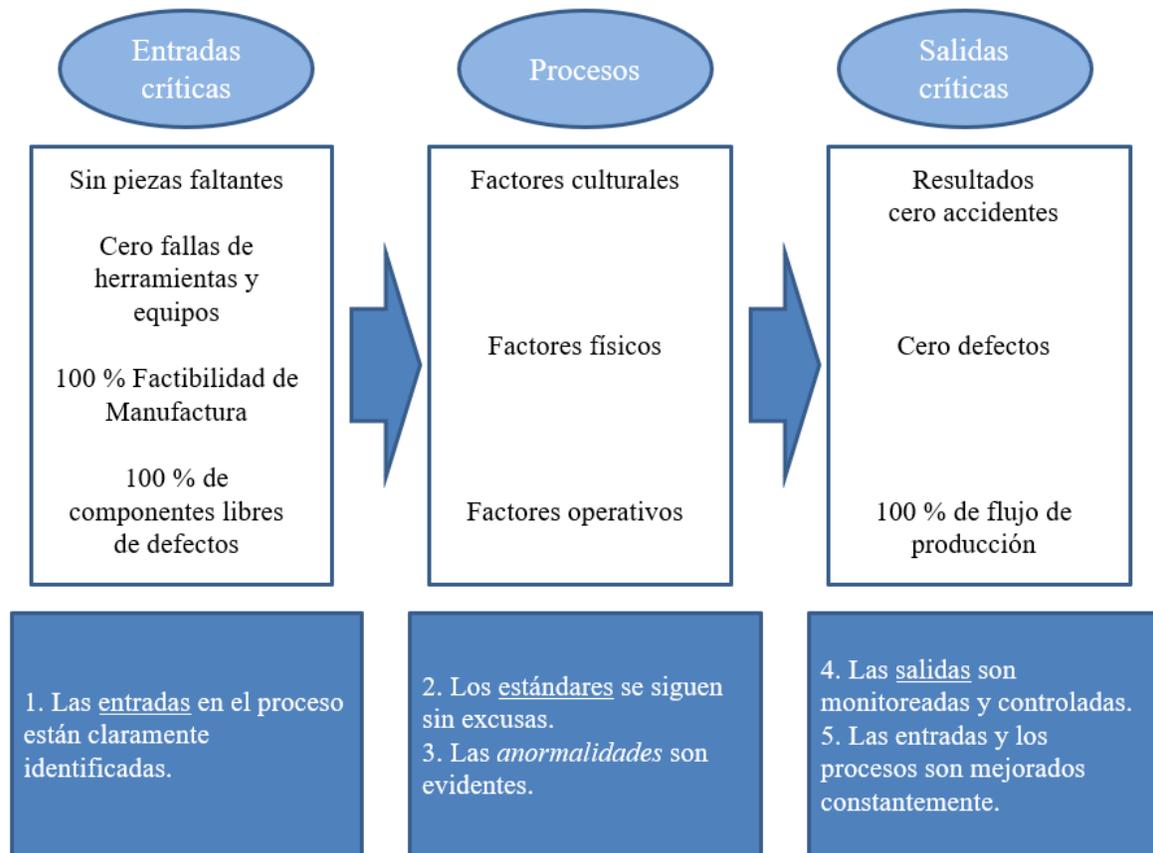


Figura 2.27. Relación entre entradas, procesos y salidas de un sistema de producción. Fuente: Ford Motor Company. (2015), pp. 10.

Estos sistemas se denominan *operativos*, ya que son los que contienen las actividades que se ejecutan para alcanzar los objetivos impuestos como salidas. Cada uno apunta a un aspecto bien definido de manufactura, aunque trabajan integrados e interdependientes en la manera en la que sientan las bases para la estandarización de las estructuras, las personas y los procesos que deben ser establecidos.

El último elemento para tener en cuenta es la definición de las entradas de cada sistema y la información de la que se dispone para la operación de las actividades. Estas entradas se definirán en función de las salidas (objetivos) sobre los que trabaja el sistema y serán piezas para monitorear por los miembros del equipo encargado de la operación de dicho sistema.

El sistema se aplica de forma general a cada planta a partir de objetivos generales que pueden ser comunes a los objetivos de cada área o no (dependiendo de la variable para tener en cuenta). Para poder operar el sistema, se dispone, para cada área en especial, un tablero de zona en el cual se recopilan las actividades, se definen las entradas puntuales y se establecen las metas para alcanzar (siempre alineadas con el objetivo general de planta).

Cabe mencionar que, para poder interpretar las entradas de forma tal que el sistema obtenga la información útil, se dispone de un elemento denominado *andon*¹⁷⁷. Existen *andon* de diversas clases y los siguen diferentes lógicas de funcionamiento; por ejemplo, en una línea de producción, es muy común que se utilice una cuerda en cada estación de trabajo, ligada mediante un sistema electrónico a una luz que indicará, en caso de encenderse al tirar de una cuerda, que está ocurriendo un problema. En nuestro caso, la aplicación física de dicho elemento se transforma de manera orientativa en una aplicación administrativa, la cual releva la información necesaria de las entradas para operar en cada actividad central o *core*¹⁷⁸, dependiendo de la entrada en la que se encuentre trabajando.

El concepto de *andon* sigue la idea de controles fronterizos para verificar que las entradas malas no están llegando al proceso y los resultados de los procesos malos no están llegando a convertirse en salidas. Traslada el concepto de *andon* de Toyota para evitar que se transfieran problemas a las etapas subsiguientes.

Partiendo del mismo esquema que utiliza la teoría general de los sistemas, del cual se dispone en las áreas de trabajo, se brinda la figura 2.28:

¹⁷⁷Traducido del japonés significa “linterna”.

¹⁷⁸ Son las actividades centrales en un área, departamento o compañía, y las que se supone que son las que deben destacarse y en las que se debe centrar para poder mejorarlas.

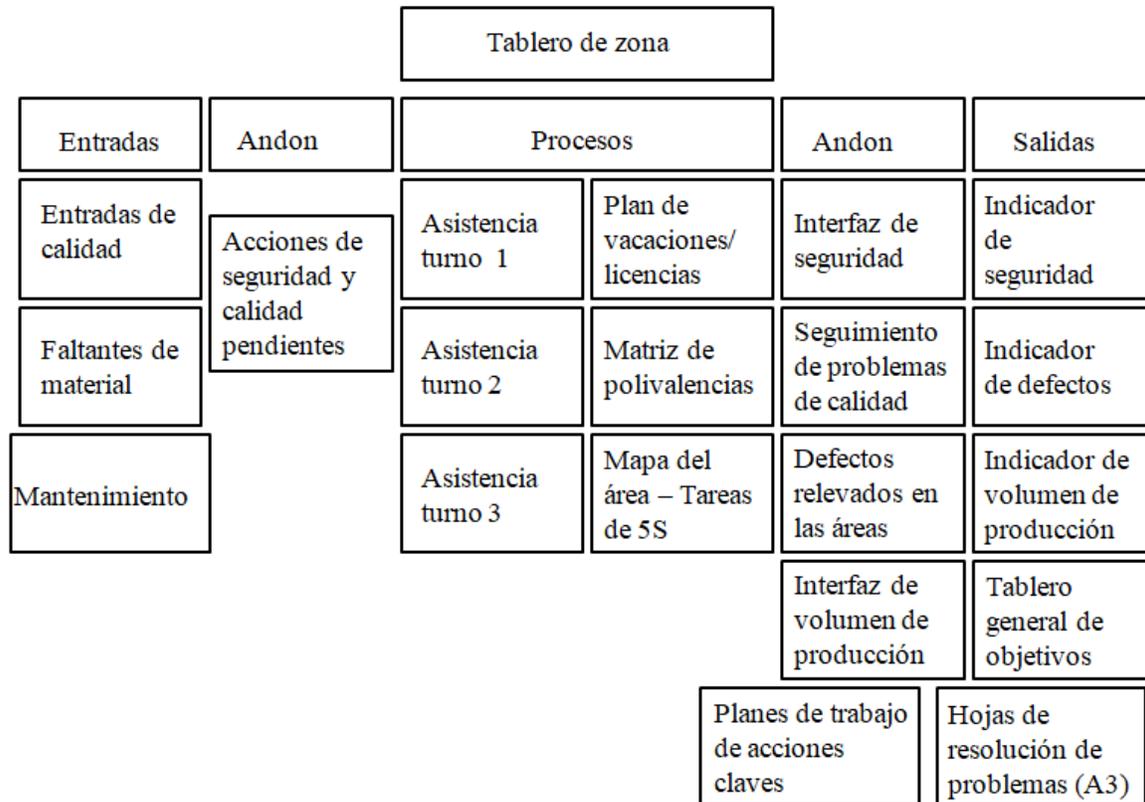


Figura 2.28. Tablero de trabajo con entradas, procesos y salidas identificados. Fuente: Ford Motor Company. (2015), pp. 25.

En este caso, alineado en función de las necesidades de la compañía, se ubican en líneas de orden descendente las acciones de seguridad, luego calidad y, por último, volúmenes de producción.

Sobre el margen izquierdo, se agregarán las entradas del sistema. Estas sirven para evidenciar defectos o problemas que se generan a causa de las tareas del área de trabajo o de su entorno.

En la columna siguiente, se encuentra el *andon*, aquel dispositivo que nos indicará dónde está ocurriendo un problema. Esta identificación de los elementos de entrada y las salidas de los procesos permite verificar que es lo que se está haciendo correctamente para asegurar el resultado subsiguiente. De esta forma, se puede saber con certeza si los resultados de los procesos serán los esperados o no. Encontramos allí, por ejemplo, el plan de vacaciones, las matrices de versatilidad, la asistencia y las tareas de 5S realizadas.

En la cuarta columna, tendremos el *andon* de salidas, el cual nos brindará el punto de toma de datos para nuestros indicadores en la columna final.

Para terminar, dentro de la columna de salidas, encontramos aquellos indicadores de gestión que resultan clave para la organización.

Dicha concatenación no termina allí, ya que el *scorecard* del área será completado con los datos de salida de este tablero.

Para brindar una explicación más exhaustiva de lo que es, en este caso, la utilización de un sistema de producción (en el ejemplo es el utilizado por Ford), se detallarán los documentos que componen todo el sistema y cómo se integran entre ellos. Vale mencionar que, en adelante, el *Ford Production System* se identificará mediante su acrónimo: FPS.

2.12 Utilización de los documentos. Dentro del tablero de zona, encontraremos los siguientes documentos de trabajo (ver figura 2.28)¹⁷⁹:

Entradas de calidad: Son aquellos factores, equipos, herramientas o dispositivos necesarios para asegurar la calidad mínima exigida en una línea de producción (algunos ejemplos son las herramientas para torques críticos o significativos, sensores de presencia de material o controladores automáticos de producto). Son elementos físicos que se controlan a diario, a fin de asegurar la correcta disponibilidad de estos.

Faltante de material: Aquellos materiales que resultan críticos para la operación y que nos obligarán a detener el proceso en caso de no contar con estos (*job stopper*). De la misma forma que se hace con las entradas de calidad, se registran a diario todos los posibles faltantes y paradas de línea que hubieran sucedido a raíz de ello, a fin de establecer un plan de mejora en etapas posteriores.

Mantenimiento: Corresponde a aquellas herramientas e instalaciones que son utilizadas en la operación. Aquí se registran todas las intervenciones necesarias por parte de los técnicos especializados para colocar los equipos en servicio nuevamente. No contar con alguna de ellas obliga a la línea de producción a detenerse o a utilizar algún plan alternativo para seguir operando.

Acciones de seguridad y calidad pendientes: Son aquellas acciones pendientes que se establecen a partir de un primer análisis de los elementos de entrada, necesarias para mejorar el rendimiento de la operación.

Asistencia de turnos: Consiste en el registro de asistencia de los miembros de los equipos a cada una de las reuniones formales que deben realizarse, a fin de mantener el sistema funcionando. Cada una de estas reuniones tendrá un objetivo en particular (clarificar problemas de calidad, revisar condiciones inseguras de planta, revisar las acciones para entrenamiento de operarios, etc.), lo cual busca fomentar el uso de este sistema para lograr alcanzar las metas propuestas.

¹⁷⁹ Ford Motor Company. (2015), pp. 24.

Plan de vacaciones: Se considera a los efectos de tener la capacidad mínima para operar siempre disponible. Este sistema obliga a las personas que lo componen a mantener un determinado nivel de ocupación para no permitir tiempos ociosos. En este caso, debe asegurarse poder completar todas las operaciones dentro del proceso productivo en una línea de trabajo y, a su vez, no verse afectada ninguna actividad dentro del FPS.

Matrices de polivalencias: Constituye el registro en el cual se evidencia el nivel de polivalencia de cada miembro del equipo en cada operación. Es vital para poder mantener una línea flexible ante cualquier acontecimiento que ponga en riesgo la capacidad operativa.

Mapa del área. Tareas de 5S: Aquí se registran todas las actividades llevadas a cabo en la línea de producción de 5S. Consta de un *checklist*, el cual, al completarse, otorgará un puntaje dependiendo el estado de 5S. Este registro obliga a mantener una regularidad en este proceso, evaluando puntos clave de *seiri, seiton, senson, seiketsu & shitsuke*¹⁸⁰.

Interfaz de seguridad: Aquí se analiza el impacto de las acciones de seguridad (*andon* entradas) realizadas en planta. El orden de prioridad de estas acciones se establece en función del riesgo de cada problema al agrupar en un registro todos los problemas de seguridad existentes relevados en una línea de producción. Por otra parte, esto nos indicará la eficiencia del sistema y del equipo de trabajo para poder resolver los ítems correspondientes a cada elemento de trabajo.

Seguimiento de problemas de calidad: Se hace el seguimiento diario de los problemas de calidad correspondientes a cada línea de producción, identificando uno a uno cada defecto que se eleva en las áreas de control específicas para estas líneas.

Defectos relevados en las áreas: Se registra aquí la cantidad de paradas de una línea y el tiempo total de cada una de ellas, identificando cada problema que obligó a esto.

Planes de trabajo de acciones clave: Corresponde a las acciones necesarias que impactarán en beneficio de los indicadores.

¹⁸⁰*Seiri/Sort/Clasificar*: Separar los elementos necesarios de aquellos que no lo son.

Seiton/Stabilize/Ordenar: Ordenar estos elementos en función del uso que tienen.

Senson/Shine/Limpiar: Limpiar las áreas de cualquier material que perjudique estos elementos y su identificación y almacenamiento.

Seiketsu/Standardize/Estandarizar: Sistematizar la aplicación de las anteriores actividades.

Shitsuke/Sustain/Disciplinar: Entrenar a los demás miembros de un equipo para realizar estas tareas.

Monden (1994), pp. 200-201.

Indicador de seguridad: Indicadores de salida de seguridad. Hay distintos niveles de accidentes. Se identificará si fue un accidente en el que se necesitó de atención médica y si involucró pérdidas de días por parte del operario accidentado.

Indicador de defectos: Impacto en los indicadores de calidad. 100 % de FTT¹⁸¹ indican cero defectos en las áreas clientes.

Indicador de volumen de producción: Cantidad de unidades producidas por hora.

Tablero general de objetivos: Se corresponde con las tarjetas de gestión de indicadores clave. Indican el estado actual de los objetivos en una línea de producción, alineados con los objetivos de la organización.

Hojas de resolución de problemas (A3): Se almacenan los diferentes documentos de análisis de problemas y soluciones implementadas.

Para poder apoyar el proceso de implementación de estos sistemas, vale mencionar las características de las herramientas que poseemos para de eliminar los desperdicios.

Dichas herramientas tienen una función troncal en el *Just In Time*. Es por ello por lo que no se circunscriben solo a la manufactura, sino que, por el contrario, diversas áreas dentro de una compañía, de cualquier industria, pueden aplicarlas y obtener todos los beneficios que por ellas se generan.

Dentro del FPS, se debe proceder para eliminar los desperdicios haciéndose las siguientes preguntas: ¿qué identificar?, ¿quién lo identifica?, ¿cómo se debe proceder?

A continuación, se mencionan brevemente las actividades llevadas a cabo por el FPS y que, por ello, están contenidas en este sistema:

2.12.1 Gerenciamiento visual. Consiste en la organización elemental del sistema y todos los elementos visuales desplegados en el área de trabajo. Los elementos necesarios para desarrollar las tareas dentro del área se encuentran correctamente identificados, para que se encuentren fácilmente.

Se incorporan, dentro del gerenciamiento visual, tableros visuales (métodos para difundir información) y controles visuales (para comunicar estándares y mantener el control sobre las áreas o los procesos).

¹⁸¹*First time through*: Traducido literal del inglés significa: “Pasó en la primera oportunidad”. Se refiere a las unidades producidas que salen sin ningún defecto de la línea de producción.

2.12.2 Trabajo estandarizado. Implica realizar las tareas de la mejor manera posible, todos de la misma manera. Funciona como soporte para la mejora continua, al ser el registro inicial de donde se parte para analizar los procesos, incorporando o eliminando lo que fuera necesario.

Dentro de estas herramientas, se encuentra el *Workstation Design Standard*¹⁸² (*manufacturing workstation readiness*¹⁸³). Nos indica, mediante un *checklist*, que los estándares básicos de trabajo se encuentran definidos de forma clara, precisa y se cumplen en la estación de trabajo. En caso de encontrar anomalías, estas deben informarse en los tableros de trabajo y por medio de los sistemas que correspondan, a fin de que se resuelvan.

La segunda herramienta corresponde al trabajo cíclico. Lo que se realiza es un registro en función del tipo de producto y de los alcances de cada estación, mencionando, punto por punto (movimiento, agarrar, colocar, ajustar, entre otras), todas las acciones que se deben realizar para completar toda la operación. Dentro del FPS, esto se divide en QPS (*quality process sheet*¹⁸⁴) y WES (*work element sheet*¹⁸⁵), aclarando qué elementos son necesarios, además de las operaciones, para poder realizar la tarea de forma segura y correcta.

La última herramienta sobre la que se hace foco es el denominado PJO (*periodic job observation*¹⁸⁶) y *deep knowledge*¹⁸⁷, donde se verifica que las operaciones se ejecuten de acuerdo con los estándares sin ningún tipo de problema (evitando la denominada *fábrica oculta*) y evaluando el conocimiento del operador en su estación de trabajo, en el cual debe dar detalle de qué sucedería en caso de que determinadas acciones críticas no sean realizadas en forma correcta. La finalidad primordial es encontrar oportunidades de mejora.

¹⁸²Estándares de diseño de estaciones de trabajo: Son el conjunto de reglas básicas que establece qué elementos es necesario colocar en una estación de trabajo para ejecutar las tareas de forma estandarizada.

¹⁸³ Preparación de estaciones de trabajo de manufactura: Son todos los estándares necesarios que deben ser desplegados en una estación de trabajo. Parte de estos estándares es el diseño estandarizado de estaciones de trabajo, y se incluyen otros estándares más (por ejemplo, iluminación de las estaciones o ventilación necesaria en caso de cabinas de pintura, entre otras).

¹⁸⁴ Hoja de proceso de calidad. Establece de forma ordenada todos los pasos necesarios para ejecutar todas las acciones necesarias en una estación de trabajo.

¹⁸⁵ Hoja de elementos de trabajo. Resume el conjunto de herramientas y elementos de trabajo necesarios en la estación.

¹⁸⁶ Observación periódica del trabajo. Práctica realizada entre el capataz de línea y el operario, donde el primero observa la forma en que el operador ejecuta las actividades dentro de la línea de trabajo, para luego evidenciar en conjunto con el operario, aquellas tareas relevantes que estén siendo realizadas de forma errónea o puedan mejorarse.

¹⁸⁷ Conocimiento profundo. Consiste en una breve discusión entre el capataz y el operario, donde el primero interroga al segundo respecto del producto fabricado, de manera tal de que verificar su conocimiento respecto a las actividades que realiza y si es consciente del impacto que ellas generan.

2.12.3 Mejora continua. Es una de las herramientas más amplias, de las cuales detallaremos las siguientes: gestión de problemas, estabilidad de estaciones de trabajo y mapeo de mejora continua, resolución de problemas, y aprendizaje sistemático.

2.12.3.1 Gestión de problemas. Consiste en un tablero en el cual se detallan aquellos problemas que los grupos de trabajo no pueden resolver. Se identifican por grupo de trabajo y área requerida, la cual debe recibir, comprender, analizar y, como instancia final, solucionar dicho problema.

2.12.3.2 Estabilidad de estaciones de trabajo y mapeo de mejora continua. Esta herramienta ayuda a identificar todas las oportunidades de mejora a lo largo de la línea. Como instrumento visual, separa de manera rápida las estaciones de trabajo afectadas y que necesitan acciones inmediatas de mejora de las que están en buenas condiciones.

2.12.3.3 Resolución de problemas. Es una herramienta estructurada para identificar problemas, analizar soluciones, implementar, estandarizar y realizar seguimientos. Se utiliza para un nivel de problema adecuado, por lo que el grupo de trabajo debe poseer un conocimiento mínimo para poder operar con ellas. En general, siguen un esquema de 5D (cinco disciplinas) en una forma reducida al G8D (*Global Eight Disciplines*¹⁸⁸).

2.12.3.4 Aprendizaje sistemático. Se utiliza como fuente de conocimiento una vez que las áreas de trabajo han estabilizado sus procesos y sus entradas.

2.12.4 Confirmación de procesos. Es una herramienta proactiva para verificar el correcto cumplimiento de todas las tareas. Esto obliga a los responsables a mantener las tareas y estándares actualizados en la frecuencia propuesta.

2.12.4.1 Confirmación de arranque e inicio. Este procedimiento nos asegura el correcto arranque y la finalización de cada turno de trabajo. Todo lo que resulte diferente a lo normal, problemas o elevación de temas que deban realizarse se llevarán a cabo durante esta actividad. También es un proceso que colabora con una comunicación transversal, por lo que logra que todo el equipo de trabajo comparta la misma información.

2.12.4.2 Verificación de procesos. Esta etapa consiste en revisar que los procesos, estándares y planes de control se encuentren distribuidos a lo largo de las diversas áreas y que sean tenidos en cuenta para su ejecución.

2.12.4.3 Confirmación de procesos. Como segunda etapa, posterior a la verificación, se debe medir la robustez del sistema en cuanto a las capacidades de incorporar mejoras. Se analiza si

¹⁸⁸ Ocho disciplinas. Es un concepto de calidad creado en la Segunda Guerra Mundial, donde, siguiendo determinados pasos, un soldado era capaz de detectar y solucionar una falla en un equipo. Dicho estándar luego fue desplegado en la industria automotriz para la detección y corrección de fallas de productos y procesos.

realmente las acciones que se ejecutan junto a los estándares son realmente suficientes para lograr la mejora propuesta.

2.12.4.4 Gestión de la información y del tiempo. Consiste en sistematizar y ordenar todas las tareas correspondientes a un área para realizarlas en un tiempo definido y a un horario definido. Esto obliga a quienes trabajan con este sistema a realizar todas las actividades, ya que este sistema no puede tener, en principio, tareas sin realizar porque, de esa manera, se rompe el suministro de información y, por lo tanto, las entradas del sistema.

2.12.4.5 Sistemas pull. Una parte vital dentro de cualquier sistema de producción consiste en solicitar las piezas necesarias en el momento indicado. A diferencia de un sistema de almacenamiento clásico, aquí la mayor parte del *stock* se encuentra en movimiento con el objetivo de reducir al mínimo los inventarios en el área de manufactura. Esto resulta interesante como filosofía al trabajar por requerimiento sin sobrecargar los sistemas.

2.12.4.6 Kitting¹⁸⁹. Consiste en entregar un paquete de piezas a cada estación, en forma secuenciada y ordenada, donde cada una contenga lo que requiera el vehículo en fabricación. Esto tiene varias ventajas, desde la eliminación de *stock* en línea hasta el hecho de ahorrar las caminatas o la selección de piezas, por lo que evita errores. Al igual que el sistema *pull*, es una filosofía que puede adaptarse a otras áreas, ya que disponer solo de lo necesario evita cualquier distracción.

2.12.4.7 Material industrial. Este conjunto de aplicaciones le permite a la planta disponer del material necesario allí, utilizando como entradas el abastecimiento por *Kanban (pull system)*. A su vez, analizan los pedidos de proveedores externos y realizan el seguimiento necesario.

2.12.4.8 Análisis de restricciones. Este paquete de herramientas nos servirá para poder alcanzar, mediante acciones de mejora continua, el flujo total de material en proceso, lo que evita paradas y permite llegar al nominal productivo diario de la planta. Aquí deben identificarse todos los cuellos de botella existentes no solo en el proceso de fabricación, sino también por aquellos factores externos que no permitan alcanzar los volúmenes diarios establecidos para tomar las medidas necesarias para subsanar estas condiciones subestándares.

2.12.5 Mantenimiento predictivo y preventivo. Dentro del modelo de mantenimiento, podemos clasificar tres tipos de actividades diferentes:

¹⁸⁹ Proceso mediante el cual se distribuyen, en determinados medios de transporte, las pizzas que serán montadas en una estación de trabajo. Es una forma de secuenciar piezas bajo el sistema *Just in Time*.

2.12.5.1 Mantenimiento preventivo. Es una rutina de inspección planificada y con una cadencia determinada realizada sobre los equipos de producción, a fin de detectar y prevenir posibles fallas en estos.

2.12.5.2 Mantenimiento predictivo. Tiene la capacidad de realizar estimaciones en función del tipo de pieza y de carga de trabajo, a fin de reemplazarlas antes de que se aproximen a la falla. Es un mantenimiento planificado, donde, a pesar de que las inspecciones visuales no informen ningún desgaste aparente, dichas piezas igualmente son reemplazadas.

2.12.5.3 Mantenimiento autónomo. Corresponden a las tareas de mantenimiento predictivo y preventivo que son llevadas a cabo por el personal que opera estos equipos (generalmente, operarios) liberando así tiempo para realizar otras tareas al personal de mantenimiento especializado.

2.12.6 Cambios rápidos de herramientas. SMED. En aquellas instalaciones donde existan procesos *batch* (que requieran detener la producción para realizar algún tipo de cambio en el herramental), nos brinda la posibilidad de poder reducir el tiempo de parada de máquina al mínimo, lo que obliga a realizar todas las tareas que no son necesarias durante el tiempo de parada fuera de este.

El tiempo total de SMED se cuenta desde que se produce una pieza OK hasta que se vuelve a obtener otra en las mismas condiciones.

2.12.7 Mapeo de procesos. Resulta una de las herramientas más potentes, ya que permite identificar gráficamente todo el flujo de proceso relacionándolo con el flujo de materiales, los tiempos de operación y la secuencia en las tareas para permitirnos identificar de dónde provienen las fuentes de desperdicio. Esto ayuda a detectar desviaciones en el proceso y comprender los puntos que surjan del análisis de restricciones para abordar la mejor solución.

2.12.8 Andon. Se utiliza para comunicar de manera visual el estatus actual de cada proceso. Es una forma sencilla de reconocer, visualmente, en qué estado se encuentra una tarea determinada, si es que existe alguna parada o está corriendo de forma constante. Este sentido tiene un uso abstracto, a su vez, ya que, de la misma forma, se puede controlar un proceso administrativo o de ingeniería.

2.12.9 A prueba de errores (*poka yoke*). Son aquellos dispositivos por los cuales evitamos cualquier posibilidad de cometer errores durante un proceso determinado. El objetivo es que se disponga de estos durante el proceso para lograr controlar la totalidad de la producción.

2.12.10 Análisis metódico de estaciones de trabajo. Implica conocer todas las operaciones que se realizan en una estación de trabajo, interpretarlas, evaluarlas y definir oportunidades para

poder mejorar los procesos que se ejecutan. Ajustarse a los estándares y balancear el trabajo son los objetivos de este proceso.¹⁹⁰

2.12.11 Tableros de balanceo de carga laboral. Consiste en graficar las operaciones de cada estación en función de cada actividad (caminata, operación, espera, cambio de herramental, etc.). Con ello se logra ver, gráficamente, qué estación está más saturada de operaciones que otras y cuales agregan más valor. Permite, a su vez, verificar qué operaciones pueden ser realizadas por otras personas o cuál sería la disposición más conveniente.

2.12.12 Hojas de análisis de capacidad. Esta herramienta nos otorga la ventaja de analizar en forma rápida qué capacidad tiene cada máquina de operación, en conjunto con las estaciones de trabajo. Esto logra determinar, en el orden en el cual se encuentran dispuestas las operaciones a lo largo del proceso, qué máquinas ocasionan cuellos de botella, cuáles pueden aumentar su régimen o qué disposiciones nuevas pueden experimentarse, a fin de lograr una ocupación del 100 %.

2.12.13 Hojas de análisis de trabajo. Es una división de las operaciones por estación de trabajo. Esto permite básicamente, sumar los tiempos sin valor agregado, a fin de encontrar qué oportunidades de mejora pueden existir dentro de la operación. A diferencia del tablero de balanceo de carga laboral, esto se hace solo por estación. En cambio, la otra herramienta sirve para balancear el trabajo dentro de una línea de producción.

2.12.14 Lean layout. Consiste en diseñar las estaciones de trabajo de la forma más segura y eficiente. Con un sentido más abstracto, todo proceso que se ejecute tiene la capacidad de mejorarse y ser más eficiente.

Como se demuestra por la variedad y cantidad de herramientas existentes en una planta y su diversidad, es necesario contar con una excelente integración de estas, a fin de poder explotar el máximo potencial disponible y que estas no queden subutilizadas o caigan en desuso.

¹⁹⁰Faurecia (2013). Faurecia Supplier Requirements Manual. Francia, edición Mayo 2013, página 15.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Objetivo primario

El objetivo principal del presente trabajo es generar una herramienta que permita a las áreas de Ingeniería de Producto de cualquier terminal automotriz, aplicar los conceptos de calidad, mejora y gestión detallados en el *Toyota Production System*, con el fin de mejorar el rendimiento de estas áreas en particular y de las organizaciones en general.

El alcance de esta herramienta atañe, fundamentalmente, al diseño de modificaciones de un producto una vez puesto en producción en una planta automotriz y a los intereses y expectativas de los *stakeholders* del negocio, a fin de generar las tareas necesarias para el desarrollo de un producto de ingeniería automotriz, basado en las herramientas actuales que otorgan el JIT y el *Toyota Production System*, y utilizando parte de los procesos y entregables que corresponden al *Toyota Product Development System*.

3.2 Impactos

- Brindar a las áreas gerenciales un medio para evaluar los problemas relacionados con el diseño de productos o con sus modificaciones y determinar el flujo de información y de procesos necesarios para direccionar cada acción.
- Facilitar la integración de las necesidades de desarrollo de producto entre los diversos *stakeholders*.
- Integrar el lenguaje de mejora continua y sus conceptos a lo largo de la organización con un foco primario en el desarrollo de producto.
- Acortar los tiempos del desarrollo de producto desde la identificación del problema hasta la implementación de la solución.
- Identificar acciones de mejora de productos (ya sean singulares o estratégicas) para futuros modelos.
- Capitalizar las lecciones aprendidas por errores ocurridos durante el proceso de desarrollo de producto, en actividades de mejora y de control.
- Representar visualmente el funcionamiento del proceso de desarrollo de producto, con sus elementos de entrada correspondientes y sus respectivas salidas.
- Reconocer las actividades donde se necesiten mayores recursos y mejorar su gestión dentro del área.
- Sostener las actividades de desarrollo de producto diarias llevadas a cabo por el área.

3.3 Hipótesis de trabajo

Desarrollaremos la problemática desde dentro de las organizaciones, explorando los costos evidentes y no evidentes por la no calidad, mapeando los procesos correspondientes para cada actividad (calidad, costos, ventas, flujo de producción y homologaciones), evidenciando la interrelación existente entre ellos y la no presencia de canales de comunicación necesarios para poder direccionar cada problemática.

A estos fines, la plataforma que será base del sistema es la descrita en el capítulo 2, como teoría general de los sistemas, la cual resulta conveniente por su practicidad en la ejecución y seguimientos de tareas en un área operativa.

Para realizar una correcta definición de las tareas a ejecutar en el área bajo esta clase de sistemas, resulta conveniente apalancarse en la teoría desarrollada en el *Toyota Production System*, así como también establecer los principios del *Toyota Product Development System* como rectores en la confección de este nuevo sistema.

Para ello, se procederá a definir los elementos de entrada de cada actividad, describiéndolos, para luego establecer que tareas son propias del área, que dependerán en su totalidad del desempeño de los funcionarios, para finalmente establecer los indicadores de salida (y que cabe mencionar, muchos de ellos son monitoreados en la actualidad). El hito esperado en obtener la descripción detallada de las actividades, con sus entradas y procesos definidos.

Una vez definidas las tareas bajo la teoría general de los sistemas, se procederá a confeccionar los documentos de control que deberán ser utilizados en las áreas, con la finalidad de establecer las variables críticas de operación del área, su correcto seguimiento y ejecución.

3.4 Criterios de éxito y evaluación de la herramienta.

Es menester en este punto, establecer cuáles serán los parámetros para evaluar la mejora en el desempeño de un área de Ingeniería de Producto, definiendo con claridad cuáles serán los factores que se espera mejoren.

3.4.1 Primer criterio: Monetario. A tales efectos, es conveniente hacer una separación de las actividades de mejora por área, a fin de determinar que mejoras son por el propio desempeño del área, y cuáles lo son por cambios en los procesos o mejoras pertenecientes a otros departamentos.

Para facilitar la explicación de la aplicación de mejoras en la cadena de valor se brinda la figura 3.1:

Flujo de materia prima y producto terminado – Aplicación de elementos de mejora de calidad

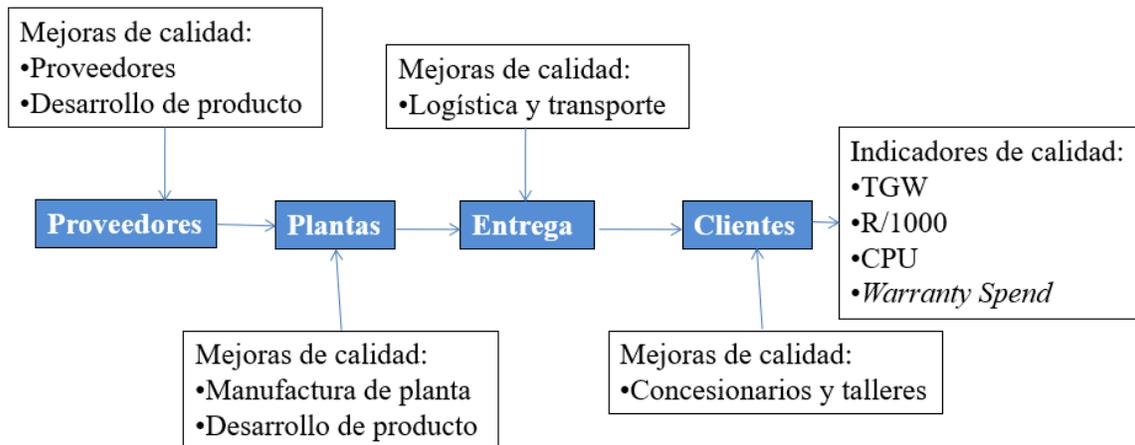


Figura 3.1. Aplicación de mejoras de calidad en función del flujo de materia prima y producto terminado. Como se evidencia, las mejoras realizadas por todas las áreas serán reflejadas en los indicadores de calidad de cliente (separando aquellas mejoras realizadas a pedido de clientes internos). Fuente: elaboración propia.

Comenzando por los indicadores de calidad, tal como se expresó en el capítulo 2, estos tienen tres grupos principales: TGW, R/1000 y CPU. Estos aluden a indicadores de calidad que son capturados directamente del cliente, de los reclamos de este y de las intervenciones de los vehículos en los períodos de servicio. Sin embargo, solo uno de ellos es un indicador monetario (CPU¹⁹¹, costo por unidad, que asocia el costo de reparación de un problema en particular a la población general de unidades vendidas).

Si bien estos indicadores nos brindan una idea de la calidad del producto en diversas dimensiones, estos serán siempre postproceso de planta, donde el impacto de las mejoras en las áreas de Desarrollo de Producto se puede estimar únicamente por estos tres indicadores y, a su vez, agrupado con mejoras de otras áreas, como pueden ser acciones de Manufactura, Logística, Transporte o revendedores (ver figura 3.1). Generalmente, esto deriva en la discusión de la cuantificación del impacto de cada mejora realizada por cada área, por lo que, para el análisis de la mejora de desempeño de desarrollo de producto, no resulta el parámetro más objetivo (se consideran en este caso, costos de no calidad).

En la búsqueda de un parámetro integrador de mejora, puede entonces utilizarse aquel que es uno de los tantos componentes de los costos de la no calidad, denominado *costos de mejora de calidad de producto*. De la figura 3.1 se desprende que este gasto se realiza en los proveedores y en las plantas (materias primas, herramientas, o misceláneos).

¹⁹¹ Si se suman todos los valores de CPU y luego se los multiplican por todos los vehículos producidos en un período, se obtiene lo que se denomina *Warranty Spend* (gastos de garantías), como un indicador general para una línea de vehículo y la planta que los produce.

Este costo se puede asociar a cada unidad producida durante un período de tiempo y tiene una relación directa sobre el desempeño del área de desarrollo de producto (la lógica indica que, ante un mejor desempeño del área de desarrollo de producto, los costos necesarios para mejorar la calidad una vez iniciada su producción en serie deben ser cada vez menores a lo largo del tiempo).

Por otra parte, y como un indicador asociado a la mejora de desempeño en el área, están las acciones de reducciones de costo del producto. Su interpretación es mucho más directa que aquellas acciones que corresponden a las de calidad, ya que su indicador es el ahorro generado por cada acción por unidad producida. Se espera que, a lo largo del tiempo, las acciones de reducción de costo tengan un impacto menor; esto significa que, por cada acción, se conseguirán reducciones menores de costo, al ir agotando las oportunidades (ya sea porque las acciones fueron implementadas, o bien los períodos de repago de inversiones son tan extensos que se imposibilita realizarlos).

La unidad de medida de este indicador será dólares por unidad producida (USD/unidad), ya sea para las acciones de reducción de costo o de calidad.

Si bien este parámetro de comparación (costo de acciones de calidad versus ahorros de costo de producto), es un inicio prácticamente necesario para poder comenzar a evaluar el desempeño de un área de desarrollo de producto, es solo el primer paso para poder establecer los siguientes criterios, que se detallan a continuación.

Se considera mejor mientras aumente el ahorro y se disminuya el costo de calidad.

3.4.2 Segundo criterio: Eficiencia en acciones de desarrollo. Este indicador servirá para lograr determinar la eficiencia del área respecto a las acciones ejecutadas, esto es, conocer que cantidad de acciones el equipo debe ejecutar para lograr un determinado objetivo. A modo de ejemplo, no será lo mismo ejecutar una acción de reducción de costos por diez dólares por unidad producida, que diez acciones de un dólar por unidad producida (donde deberá realizar diez emisiones de documentos contra una sola emisión en el primer caso).

Matemáticamente, este valor se obtiene de dividir el costo/ahorro del total de acciones en un período por la cantidad de acciones ejecutadas:

$$\text{Dólares por acción (calidad)} = \frac{\text{Costo de acciones de calidad (\$)}}{\text{Total de acciones de calidad}}$$

$$\text{Dólares por acción (ahorro)} = \frac{\text{Ahorro de acciones de reducción de costo (\$)}}{\text{Total de acciones de reducción de costo}}$$

Esto brindará una noción del valor de cada acción, demostrando que son más eficientes cuando:

- disminuye el costo relativo de las acciones de calidad;

- aumenta el ahorro relativo de las acciones de costo.

La unidad de este indicador será en esta ocasión, dólares por acción (USD/acción), siendo esto útil ya sea para las acciones de reducción de costo o de calidad.

3.4.3 Tercer criterio: Tiempo de ejecución de actividades. Este parámetro de medición impacta a todas las dimensiones del sistema a plantear, ya que siempre existirá alguna actividad de procesamiento de datos dentro del sistema.

La estimación de este resulta directa, ya que se trata de obtener la media del tiempo de transacción de cada liberación de documentos. La unidad de medida, para cualquier tipo de acción, será en días de procesamiento por documento.

Se considera mejor siempre que sean reducidos los tiempos de procesamiento de información.

3.5 Metas establecidas para la aplicación del sistema

En función de los criterios de evaluación definidos, se pueden establecer las metas a alcanzar o superar con la aplicación de este tipo de herramientas. Para ello, es conveniente definir los factores que afectan los resultados, más allá de la propia aplicación de la solución y las nuevas actividades definidas.

Los factores que afectaran los resultados en los criterios a evaluar son los siguientes:

- Volúmenes de producción anuales: la ejecución de proyectos en el área de Desarrollo de Producto se encuentra asociada a la inversión de activos, los cuales están sujetos a su vez al cumplimiento de variables tales como la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto (TIR y VAN respectivamente). Al ser el volumen de producción anual, un elemento de cálculo para la inversión en proyectos (ya sea para agotar material o establecer objetivos de producción de un proveedor, o bien estimar fechas de ingreso en producción de piezas en las terminales), la variabilidad de este factor puede colaborar o perjudicar en la implementación de acciones de diseño de producto. Cabe mencionar a su vez, que los volúmenes de producción están atados directamente a la demanda del mercado, aunque en el presente trabajo no se ahondará en este asunto.
- Disponibilidad de alternativas de proveedores y nuevos diseños. Este factor va a representar la madurez del producto, ya que, a lo largo del tiempo, los nuevos usos o desarrollos puntuales de sistemas y subsistemas vehiculares ofrecerán mayores variables para que cada grupo de ingenieros pueda utilizar las más adecuadas para resolver determinado problema o crear nuevas ideas de diseño.

- Factores macroeconómicos. Vendrán representados por las tasas de interés para los créditos, la devaluación de la moneda, el acceso al dólar y las demandas del mercado. Se espera que a condiciones favorables para la industria (bajas tasas de interés para el pedido de créditos para la industrialización y la compra de automóviles, nula devaluación y demanda sostenida), aumente el desarrollo de autopartes regional y con eso, el consecuente ahorro de costos, que impacten de manera clara en los resultados.
- Otros factores. Se puede considerar aquí el acceso a las materias primas, la entrada y salida del negocio de determinados socios y proveedores, la calendarización de nuevos productos o los *task force*¹⁹² específicos que puedan determinar actividades, que pueden brindar nuevas acciones de mejora a implementar.

Desde ya, el último factor a considerar para este trabajo es la aplicación directa de la herramienta planteada. A tales efectos, se establecen las metas a alcanzar con dicha implementación, definidos en la tabla 3.1:

Criterio de evaluación	Impacto de cada factor en los resultados				Meta a alcanzar
	Volúmenes de producción	Disponibilidad de alternativas	Factores macroeconómicos	Otros	
Primer criterio: Monetario	Alto	Alto	Muy Alto	Medio	Incrementar la brecha entre ahorro vs costos de producto, en el orden del 20% desde el año que se implementa la herramienta, año a año.
Segundo criterio: Eficiencia de las acciones de desarrollo	Alto	Alto	Muy Alto	Medio	Incrementar el ahorro por acción implementada en un 25%, año a año desde la implementación de la herramienta. Disminuir el costo de calidad por acción implementada en un 25%, año a año desde la implementación de la herramienta.
Tercer criterio: Tiempo de ejecución de actividades	Bajo	Nulo	Nulo	Nulo	Reducción del 40% del tiempo medio de procesamiento, año a año.

Tabla 3.1. Metas establecidas para los criterios de evaluación de la herramienta. Fuente: elaboración propia.

¹⁹² Se denomina de esta forma en la industria a los equipos de trabajo a los que se les asigna un objetivo puntual de mejora en un tiempo determinado. Suelen ocuparse de elementos de alta criticidad para el negocio.

CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1 Establecimiento y fundamentación de la solución

Como se ha descrito en los capítulos anteriores, la elección de la solución para este planteamiento crucial en la nueva etapa que atraviesa la industria automotriz viene dado a partir de la justa selección de criterios del *Toyota Production System* y toda su teoría, la cual orienta las actividades a la eliminación de desperdicios. Por vía transversal, haciendo un correcto análisis de las actividades de desarrollo de producto en una planta de producción, podemos determinar aquellas actividades de valor agregado que se maximizarán dentro de dicho sistema.

Para fundamentar la solución, es conveniente enmarcarla dentro de los sistemas actuales de producción basados en la teoría general de los sistemas, los cuales aportan una visión del sistema y de su funcionamiento mucho más general que lo que puede aportar un proceso en soledad.

4.2 Particularidades sobre la confección del sistema de desarrollo de producto, la descripción general de tareas y la aplicación en un sistema formal

De forma similar al proceso de diseño de sistemas y componentes (ver figura 2.15), se partirá del análisis de los elementos superiores para luego ir analizando procesos y actividades de las áreas de desarrollo de producto, como se muestra en la figura 4.1:

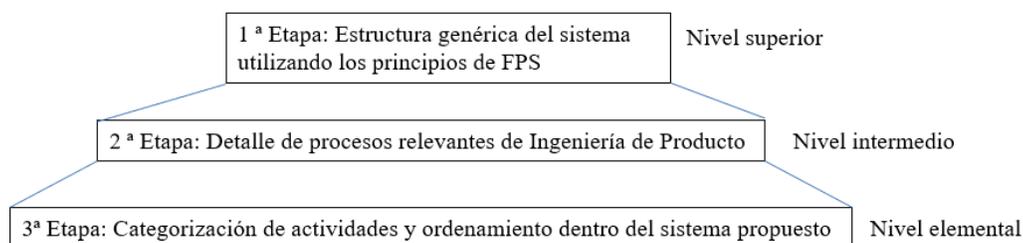


Figura 4.1. Niveles de análisis para el sistema propuesto. Fuente: elaboración propia

En la primera etapa, se brindará una estructura genérica del sistema que servirá como elemento general de aplicación para cualquier compañía que disponga de un área de Ingeniería de Producto al servicio de una planta de manufactura. La idea principal es orientar al lector para que comprenda la relación entre los objetivos y los procesos necesarios para poder cumplirlos, pudiendo destacar las actividades transversales en todos los procesos.

Una segunda etapa consiste en la exploración al detalle de cada uno de esos procesos y de las actividades que los conforman, a fin de poder profundizar en aquellas actividades que atraviesan a todos los procesos.

La tercera etapa permitirá confeccionar, con esta información, una matriz que posibilitará la justa asociación entre las tareas y los objetivos, a fin de construir un sistema operativo para asegurar la gestión correcta de los recursos, evidenciando los desperdicios para luego poder eliminarlos.

4.3 Generación de las herramientas de gestión de procesos dentro de las áreas de Ingeniería de Producto en planta (primera etapa)

Es a partir de las premisas brindadas que se puede plantear una solución a los problemas que ocurren en las áreas de desarrollo de producto, presentados en el segundo capítulo. Dicha solución se planteará de forma genérica, a fin de que cada compañía pueda adaptarla en función de las actividades particulares y su centralización (dependiendo el tipo y tamaño de organización, si existe división de actividades por objetivos o no, etc.), estableciendo un tablero de gestión similar al definido por el FPS y desplegando las herramientas planteadas en el capítulo anterior para reemplazar aquellas que existen en los sistemas de producción y que, por la índole de activo que gestionan (información en lugar de producto físico), tendrá sus particularidades.

Por último, se establecerán las bases para la construcción de un mapeo de agregado de valor en las áreas de desarrollo de producto, que evidenciará, en función de las actividades, aquellas esenciales o núcleo que serán las que la organización deberá maximizar.

Los objetivos que se pueden encontrar en un área de desarrollo de producto a nivel de la planta son:

- Objetivos de mejora de calidad de producto (separadas entre clientes internos y externos).¹⁹³
- Objetivos de reducción de costo de productos (cambios de diseños, localizaciones de piezas, cambios de materias primas importadas por regionales o locales).
- Objetivos de redefinición de productos (en conjunto con las áreas de marketing), para mejorar las ventas o apertura de nuevos mercados.
- Reemplazo de piezas en caso de problemas de abastecimiento logístico.
- Homologaciones de productos (locales o importados), dependiendo del mercado.

¹⁹³Se considerarán las actividades de cambio de producto por mejoras por ergonomía dentro de las mejoras por calidad.

Puede que algunas de estas actividades estén descentralizadas en otras plantas de producción; por ello, surge la idea de realizar un sistema modular que permita quitar grupos de actividades dependiendo de si el objetivo está dentro de una planta o no.

Partiendo de objetivos establecidos, se despliegan las actividades requeridas para lograr cada uno de forma similar a lo que ocurre con el FPS. Para ello, se describirán las tareas necesarias, relevando aquellas comunes entre objetivos. De esta forma, se podrá construir la matriz de diseño de estructuras.¹⁹⁴ Las tareas correspondientes a los objetivos de calidad se detallan en la figura 4.2:

Calidad:

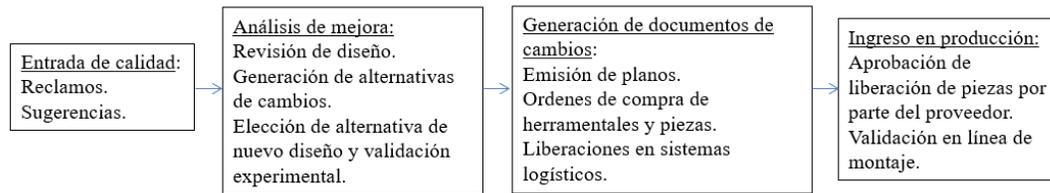


Figura 4.2. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para mejoras de calidad. Fuente: elaboración propia.

Comprende aquellas actividades que impliquen relevar, analizar y proponer mejoras ante un problema de calidad, ya sea con clientes internos o externos. Estas mejoras obligarán a un cambio de diseño, ya que no serán relevantes aquellas actividades de mejora en procesos de manufactura (las cuales no son centrales en este trabajo). En consecuencia, una mejora de producto obligará a realizar un análisis en profundidad de este para entender los cambios impactados y emitir un nuevo plano que contenga dicha mejora. Finalmente, el ingeniero de planta deberá realizar todas las actividades de liberación del cambio en los sistemas informáticos (de liberación de ingeniería y sistemas logísticos), solicitando el material correspondiente al proveedor (para ello, el proveedor deberá contar con las órdenes de compra y herramientas, así como también realizar el proceso de validación, ya sea un PSW o una autorización de cambio aprobada por Ingeniería de Producto), a fin de validar el cambio *in situ*.

Para las tareas de costos, se explica en la figura 4.3:

¹⁹⁴ McManus (2005), pp. 52. Ver anexo 3.

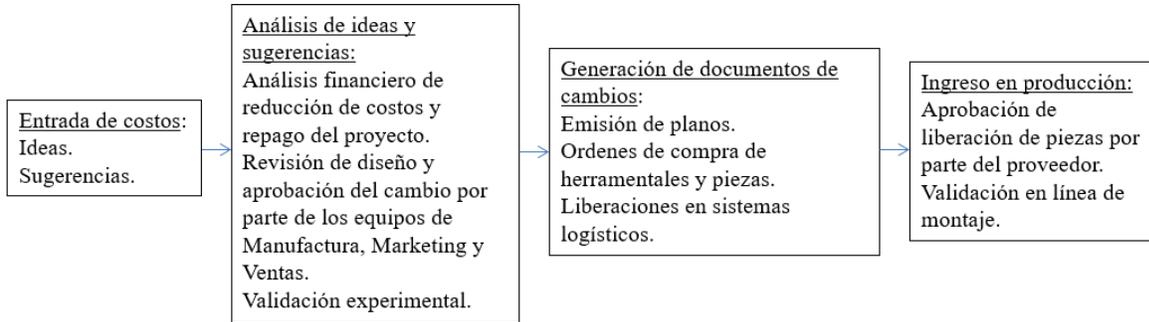


Figura 4.3. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para mejoras de costo. Fuente: elaboración propia.

Son aquellos cambios en el producto que impactan en los costos de materia prima, procesos o mano de obra. Estas modificaciones bien pueden ser cambios de diseño de las piezas o de los materiales utilizados, o bien cambios de fuente de proveedores. Al margen de ello, en los cambios de diseño, estos pueden tener efectos en características que afectan directamente al cliente (como es el caso de la apariencia de piezas, *craftmanship* o *trustmark*), los cuales deberán validarse con otras áreas como Marketing o Ventas. La liberación de cambios es un proceso común al de calidad y debe seguir los mismos pasos (órdenes de compra de piezas y herramientas con los proveedores para luego pasar a la aprobación de PSW o cambios por parte de Ingeniería de Producto), inclusive, la liberación mediante sistemas informáticos.

Las actividades de redefinición de producto se explican en la figura 4.4:

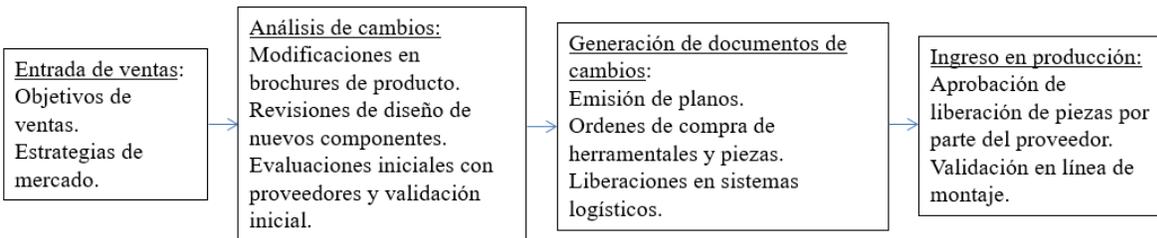


Figura 4.4. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para mejoras de ventas. Fuente: elaboración propia.

Si bien es una estrategia de mercadeo llevada adelante por el área correspondiente, esta es una actividad que no se puede enmarcar en otras realizadas genuinamente por Ingeniería de Producto, aunque sí será responsabilidad la validación de nuevas piezas en planta. Aquí, Ingeniería de Producto recomienda, en función de los cambios propuestos por Marketing (acciones que buscan ajustar los productos a los mercados, logrando captar más mercados o, incluso, buscando diferenciar las gamas de productos, ya que, en determinados mercados, un vehículo puede ser considerado un producto de lujo) si estos pueden ser realizados o qué impacto tendrá en cada subsistema (lo cual puede obligar a desarrollar nuevas piezas o procesos de manufactura). Este tipo

de actividades, en general, impactan en los *brochure*¹⁹⁵ de cada vehículo, documentos que son realizados por Ingeniería de Producto y que son el contrato legal entre la compañía y el cliente (por ejemplo, en Ford, estos documentos son conocidos como *product development letter*¹⁹⁶). Una vez definidos los cambios, se resumirán en una hoja de trabajo que separará cada pieza en función de su *commodity*, lo que permitirá que cada ingeniero pueda abocarse al desarrollo de estas. A partir de aquí, las actividades de liberación de piezas son similares a las de los dos puntos anteriores.

El proceso de reemplazo de piezas por abastecimiento logístico se explica en la figura 4.5:

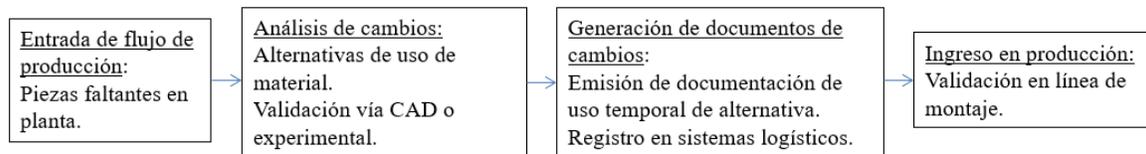


Figura 4.5. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para problemas de flujo de producción. Fuente: elaboración propia.

Si bien mantener el abastecimiento de piezas en una planta lejos está de ser una actividad de Ingeniería de Producto, al ser el área especializada en esto, son los últimos responsables de definir alternativas de reemplazo de piezas ante posibles eventualidades propias y ajenas a una compañía (problemas que, en la región, cuando se producen vehículos que tienen un elevado uso de piezas importadas, se transforma en un problema bastante corriente). Aquí es donde la especialización y el conocimiento de cada *commodity* por parte de los ingenieros se hace evidente, ya que la búsqueda de alternativas se amplía cuanto más se conoce el producto. En ocasiones, encontrar reemplazos de componentes es imposible, ya que, si el material faltante no tiene piezas similares o es único, no permite el uso de un reemplazo directo, pero, en otros casos (y, sobre todo, tendiendo al uso de actividades como el *BoP*, *BoM*, *BoD*¹⁹⁷), la comunización de sistemas componentes puede permitir el eventual o permanente intercambio. Para ello, no se busca realizar liberaciones de piezas nuevas, pero sí realizar estudios (*kentou*) de sistemas y subsistemas donde se evidencian las diferenciaciones entre cada uno de ellos y las piezas similares. Dicho estudio, generalmente, se realiza *ad hoc*, cuando el faltante de material es detectado, contando con un plazo de tiempo corto para poder encontrar una alternativa de cambio o informar que, definitivamente, se deberá detener

¹⁹⁵ Corresponde a los documentos utilizados para la homologación de un vehículo ante un mercado, así como también como instrumento legal entre las terminales y los clientes.

¹⁹⁶ Carta de desarrollo de producto.

¹⁹⁷ *Bill of process, bill of design and bill of materials*. Su traducción del inglés es “listado de procesos”, “listado de diseños” y “listado de materiales”, respectivamente. Es una actividad realizada por las áreas de desarrollo de producto, donde se busca optimizar en esos tres factores, a fin de incrementar el porcentaje de comunización de piezas utilizadas entre las distintas plataformas, conseguir mejores negociaciones de precios con los proveedores de materias primas (al incrementar el uso de determinados materiales) y poseer procesos de manufactura similares, a fin de mantener a las plantas montadoras y proveedores en las mismas condiciones tecnológicas. Ver anexo 4.

la producción hasta que se retome el flujo del abastecimiento. Finalmente, el análisis que debe hacerse debe venir acompañado de un análisis de riesgos y retrabajos en caso de que el cambio de piezas sea eventual (se busca un reemplazo temporario hasta que ingrese la pieza correspondiente).

El proceso de homologaciones se evidencia en la figura 4.6:

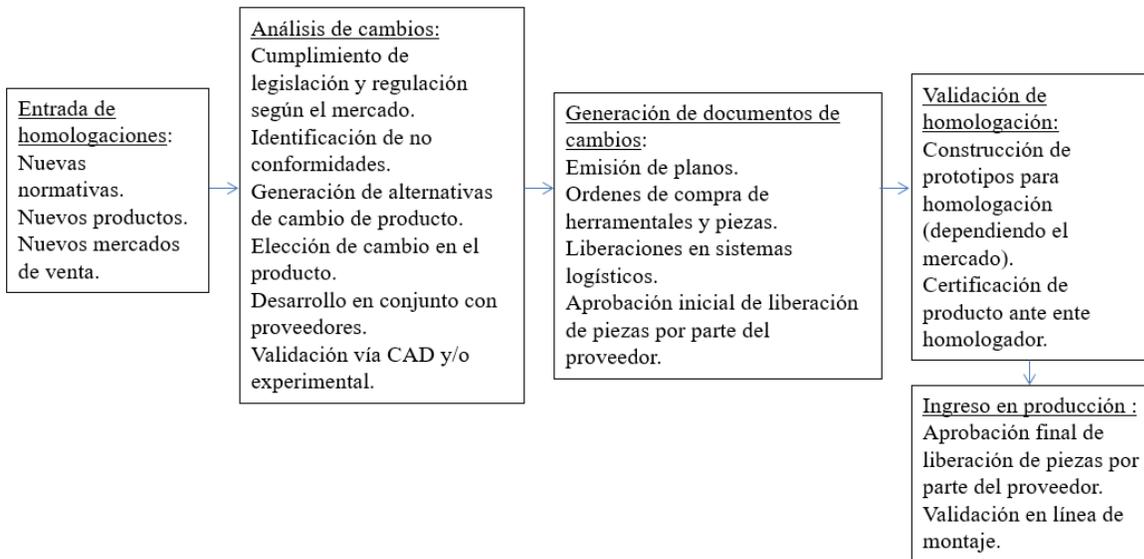


Figura 4.6. Flujo de proceso de desarrollo de producto elemental para homologaciones. Fuente: elaboración propia.

En este caso, y como requisito legal ante cualquier estado que tiene regulaciones sobre la comercialización de vehículos, se deberá completar el proceso de homologación para la venta. Esto incluye el cumplimiento de determinadas normas ambientales legisladas, así como también los requisitos de seguridad de pasajeros y de circulación de vehículos. Parte de este proceso corresponde a la presentación del *brochure* del vehículo, la validación del cumplimiento de requisitos legales, pruebas en pista y aprobación de documentos según el tipo de uso (no debe cumplir con los mismos requisitos un automóvil particular, una *pick-up* o un vehículo de transporte de pasajeros). Del resultado del análisis de prehomologación, se establecerán los componentes faltantes o aquellos que deberán ser modificados, a fin de cumplir con los requerimientos, por lo que el proceso de liberación de piezas es el mismo que en el punto de calidad y de costos.

De los puntos anteriores se pueden desprender los elementos comunes a estas actividades, y que conformarán los procesos centrales del sistema, los cuales se recopilan a continuación:

- Análisis de similitudes de piezas
- Análisis de ingeniería y planos
- Confección de *brochures* de producto
- Funcionales de validación
- Liberación de piezas (en sistemas logísticos y de ingeniería)

Se incorpora un elemento más a los procesos centrales, que es aquel que consiste en la capacitación de los ingenieros. Si bien no está detallado dentro de las actividades, se considera un elemento primordial para sostener el sistema.

Por otra parte, se pueden identificar las entradas del sistema, de manera más sencilla, al estar directamente encadenadas con las actividades y objetivos:

- Entradas de calidad
- Acciones e ideas de reducción de costos
- Redefiniciones de producto
- Abastecimiento logístico

Finalmente, como elementos de salida, se listan los objetivos del área (aquellos que tiene un impacto directo por la actividad de Ingeniería de Producto), así como también objetivos estratégicos que dependerán de la interacción de dos o más áreas.

De forma similar al proceso de FPS, se alinearán las entradas de cada uno de estos objetivos, mientras que las actividades serán las que conformen los procesos de cada objetivo para, finalmente, establecer las salidas.

La gran ventaja que ofrece este sistema es el control que otorga, ya que, al analizarse todas las acciones en paralelo, se tiene una visión holística del sistema, lo que permite, a conveniencia de este, agrupar tareas entre las diferentes funciones, acotar el pedido de funcionales o ver qué actividades generan más valor o cuáles podrían, eventualmente, descartarse.

La relación entre entradas, procesos y salidas se verifican en la figura 4.7:

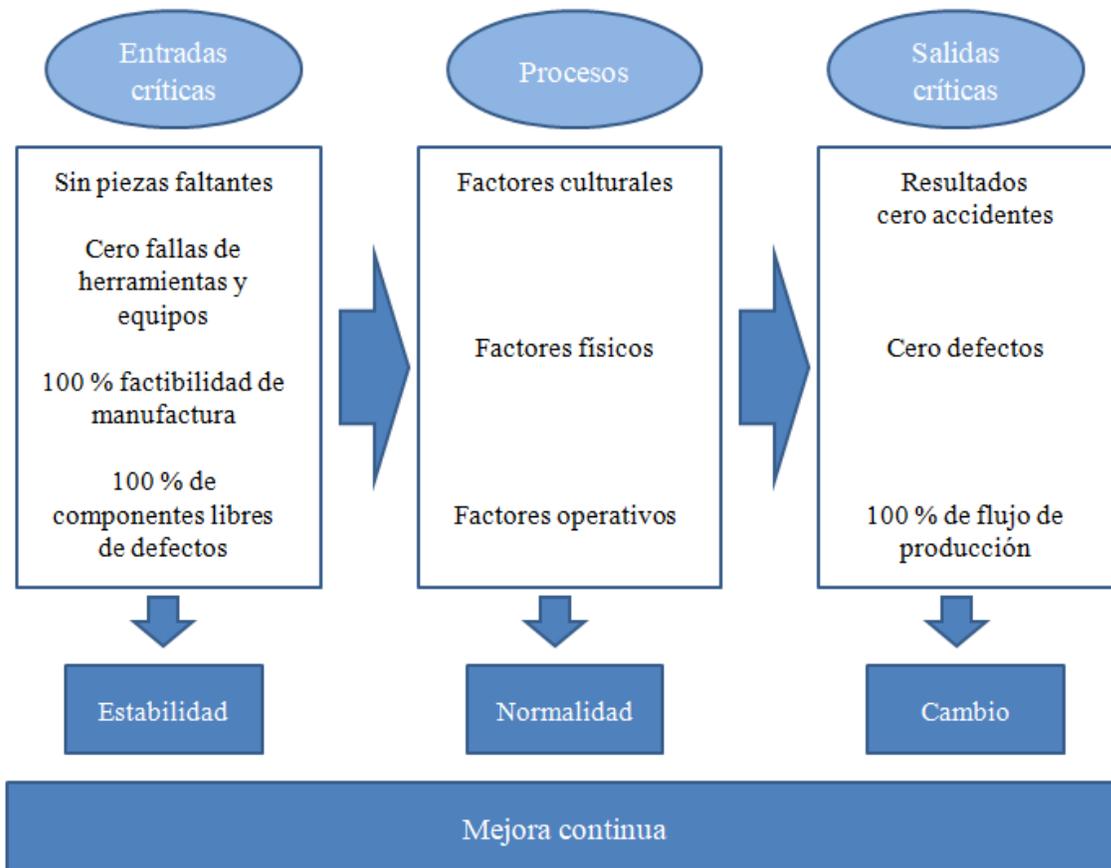


Figura 4.7. Identificación de los factores de cambio dentro del sistema de producción. Fuente: Ford Motor Company. (2015), pp. 10.

Basándose en las figuras 2.27 y 2.28, se puede construir el tablero de control para este sistema, como se muestra en la figura 4.8:

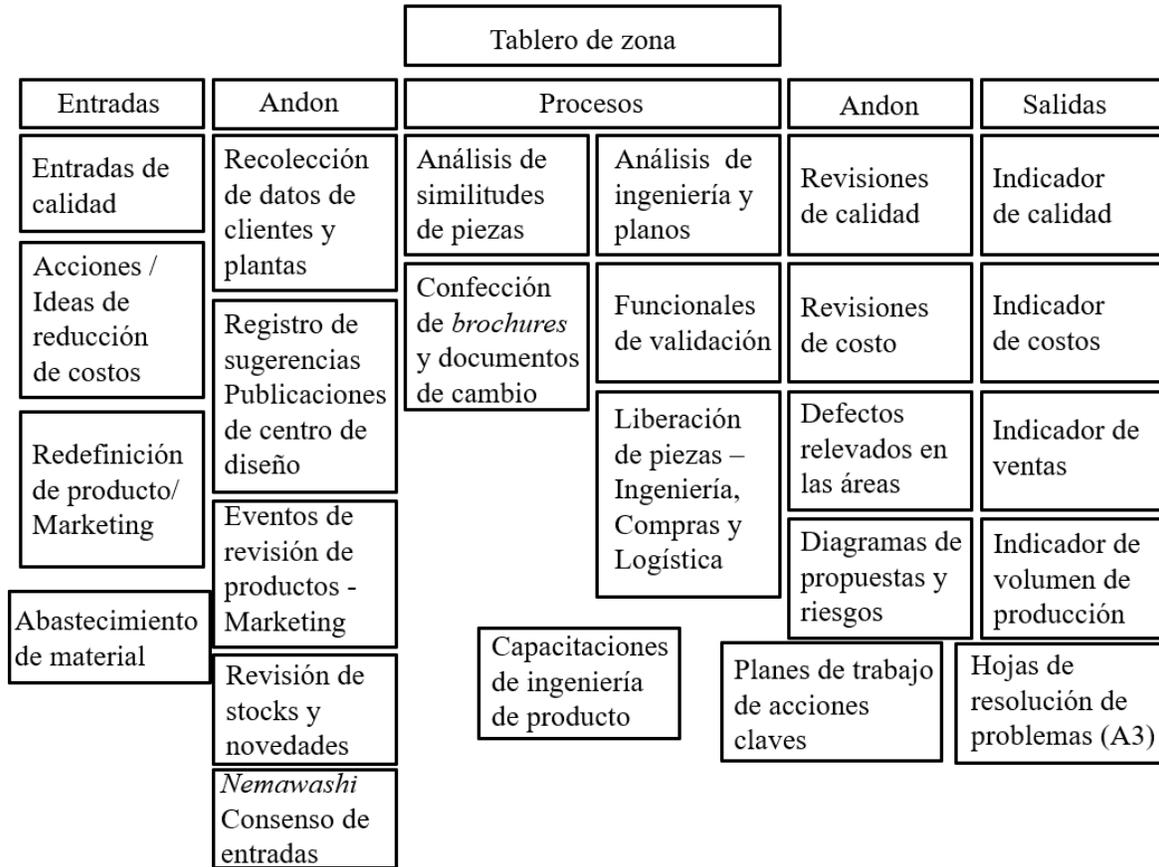


Figura 4.8. Esquema de tablero de control para las actividades de rediseño. Fuente: elaboración propia.

Los procesos listados en el tablero de control se ven de forma general. Estos listados están formados por actividades puntuales que conformarán cada uno de estos procesos. Para cada compañía, hay procedimientos establecidos, en general, a nivel corporativo, para poder ejecutar cada uno de estos procesos:

- **Análisis de similitud de piezas:** Este proceso se realiza con la finalidad de poder generar alternativas de cambios de producto. Aquí se pueden enumerar dos tipos de análisis: *benchmarking* de vehículos de la competencia y comparativas de diseño entre automóviles de una misma marca. El primero surge como análisis fundamental para comprender qué diferencias existen entre los vehículos de una marca y los propios, por lo que se obtiene información valiosa para los cambios de producto que será necesario hacer con fines meramente comerciales. El segundo análisis es utilizado por diversos factores: generar ideas de reducción de costos utilizando componentes comunes entre los vehículos, conocer potenciales materiales de reemplazo en caso de problemas de abastecimiento y, finalmente, conocer buenas prácticas o soluciones de diseño de producto por problemas de calidad (este último es muy común cuando hay dos o más plantas que fabrican un mismo producto).

- Confección de *brochures* y documentos de cambios: Este proceso es utilizado para confeccionar cualquier aprobación de cambio de diseño que impacte en el cliente (cambio de tamaños de ruedas, cambios de colores en piezas pintadas del interior del vehículo, cambios de tapizados, eliminación o agregado de sistemas electrónicos de asistencia al conductor, entre otros). Este tipo de documentos son los que luego se utilizan para confeccionar las ofertas de vehículos en las páginas web y en los folletos de las concesionarias, así como también constituyen la carta de presentación ante las entidades de homologación locales.
- Análisis de ingeniería y planos: Es la actividad más relevante en cuanto a conocimiento puramente técnico del producto, ya que abarca todo tipo de análisis en función de lo que se busque resolver (implementar una idea de reducción de costos, o una mejora de calidad, entre otras), por lo que se debe, para ello, revisar todas las variables impactadas en otros subsistemas y en la manufactura, evidenciar los ensayos necesarios por los proveedores y los criterios de aprobación. Este tipo de actividades constituyen de por sí un proceso que, en ocasiones, resulta complejo, por lo que luego en este trabajo se lo desarrollará en detalle.
- Funcionales de validación: Esta actividad realizada en conjunto con los equipos multidisciplinarios (Ingeniería de Manufactura, Calidad, Producción y Seguridad, entre otras áreas) es el paso necesario para cumplir con las aprobaciones internas y validar que el producto llegue en las condiciones necesarias para ser instaladas en el punto de montaje sin ningún tipo de problemas para el operador.
- Liberación de piezas (Ingeniería, Compras y Logística): Resume todas las actividades necesarias para lograr liberar de manera correcta el producto una vez finalizado el análisis de rediseño y conociendo los cambios necesarios para realizar en los planos. Cuando la liberación de la pieza se procese por los sistemas informáticos, se emitirá un nuevo número de pieza. Este podrá ser para una sola planta o para todas, dependiendo del motivo del cambio.

La relación de estas actividades con los objetivos se puede explicar de forma clara mediante una matriz de diseño de estructuras, expresada en la tabla 4.1:

Proceso/indicador	Indicador de calidad	Indicador de costos	Indicador de ventas	Indicador de volúmenes de producción
Análisis de similitudes de piezas	X	X	X	X
Confección de <i>brochures</i> y documentos de cambio		X	X	
Análisis de ingeniería y planos	X	X	X	X
Funcionales de validación	X	X	X	X
Liberación de piezas – Ingeniería y logística	X	X	X	X

Tabla 4.1. Matriz de diseño de estructuras para el sistema propuesto. Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia, cada proceso sirve para diversos objetivos, por lo que reagrupar las actividades que otrora se realizaban individualmente sirve para mejorar la eficiencia, eliminando reuniones repetitivas o, incluso, colocando en un solo cambio las acciones que impacten en la mejora de varios indicadores. Este tipo de sistemas, si bien en principio parecen tediosos o difíciles de trabajar, si se logra generar el consenso necesario entre los equipos (*nemawashi*), permitirá agrupar las acciones y aprovechar la sinergia generada, además de facilitar el aprovechamiento de los recursos.

En una etapa posterior al planteo inicial del sistema teórico planteado, pueden enumerarse en la siguiente tabla la relación entre los desperdicios (*muda*) enunciados en el *Toyota Production System*, y aquel que se encuentra en las áreas de Ingeniería de Producto, como se muestra en la tabla 4.2:

Siete desperdicios enunciados en el TPS	Definición del desperdicio	Ejemplos de Ingeniería de Producto
Sobreproducción	Producir más o con anticipación de lo que lo requiere el proceso.	Trabajo por lotes, tareas concurrentes no sincronizadas.
Espera	Espera de materiales, información, o decisiones.	Espera por toma de decisiones, distribución de información.
Transporte	Movimiento de material o información de un lugar a otro.	Entrega de proyectos de un área a otra, distribución de información excesiva.
Procesamiento	Ejecutar actividades no necesarias en un proceso.	Tareas <i>stop n'go</i> , tareas redundantes, reinención de diseños, variaciones de procesos. Falta de estandarización.
Inventario	Almacenamiento de materia prima, en proceso o terminada.	Trabajo por lotes o estacional, sobreutilización del sistema, variación en periodos de procesamiento.
Movimiento	Exceso de movimiento durante la ejecución de tareas.	Largas distancias de viajes, reuniones redundantes, revisiones superficiales.
Retrabajo	Inspecciones para identificar problemas de calidad o reparar un error ya realizado.	Refuerzo de actividades de desarrollo de producto por organizaciones ajenas a la compañía.

Tabla 4.2. Ejemplos de *muda* en el área de Ingeniería de Producto. Fuente: Liker & Morgan. (2006), pp. 72.

Obviamente, todos los principios explicados en el capítulo anterior son aplicables a estas tareas de forma puntual y con el único fin de eliminar los desperdicios descritos en la tabla 4.2 y resolver los problemas planteados al final del segundo capítulo, con la finalidad última de incrementar el valor agregado.

Estas actividades las podemos encuadrar en cada principio de la siguiente forma:

- Establecimiento de la definición de valor agregado desde el punto de vista del cliente y de separación del valor agregado de desperdicio: Para ello, es válido establecer el mapa de valor agregado en las áreas de desarrollo de producto, a fin de determinar las actividades clave que significan un aporte real al cliente (algunos ejemplos de valor agregado son la selección de un determinado material para una pieza una vez evaluado, el cambio de geometría de alguna pieza para mejorar alguna característica del producto o la reprogramación de algún módulo electrónico para mejorar el desempeño de algún subsistema y que sea apreciable por el cliente).
- Exploración de todas las alternativas de diseño al inicio del proyecto, aprovechando el espacio de diseño. Si bien esto no es posible de realizar una vez que el producto está en producción, sí es posible agrupar las ideas en función de los requerimientos de los clientes

y *stakeholders*, a fin de poder establecer las mejores soluciones de diseño. Esto, a su vez, disminuye la cantidad de ingenieros trabajando sobre una misma pieza o equipo al mismo tiempo, lo cual establece un puente de comunicación entre las diversas áreas de desarrollo de producto, en caso de que la organización divida las operaciones en función del objetivo o negocio.

- Creación de un flujo nivelado de información en el proceso de desarrollo de producto que impida atascos en los procesos (de forma similar al flujo de producto en el TPS). Esto es posible gracias a dos herramientas: el mapeo de agregado de valor en las áreas de desarrollo de producto y la incorporación de foros de discusión de acciones. Estos permitirán establecer las cargas de trabajo en función de las acciones que cada ingeniero deba llevar a cabo, soportándose mutuamente en caso de que dichas cargas no estén balanceadas (se podrán agrupar por acción, siguiendo todo el proceso, o por actividades, donde cada ingeniero hará una parte del proceso de todas las acciones).
- Utilización de forma rigurosa de la estandarización para reducir la variación y tener resultados flexibles y predecibles. Implica establecer procedimientos similares independientemente del objetivo, haciéndose ello más evidente en las actividades que son comunes (por ejemplo, mantener un foro de seguimiento de cambios de producto, donde se incorporan todas las acciones independientemente del objetivo). Por otra parte, las bases de datos deben ser compartidas dentro de todos los equipos, a fin de que los reservorios de información utilizados sean comunes para evitar, de esta forma, el uso de documentos que han sido superados por otras revisiones (es común en compañías de determinada antigüedad que los reservorios de información cambien cada siete u ocho años, aproximadamente, lo que dura una plataforma en producción, y esta se modifique una vez que se diseña una plataforma nueva bajo otros conceptos de ingeniería).
- Desarrollo de un sistema de jefes de ingeniería para integrar el desarrollo de producto de principio a fin. Si bien existe esta figura dependiendo de la compañía en cuestión, no siempre realiza las mismas tareas que un auténtico *chief engineer* que se encuentra en un centro de diseño y que se encarga de la totalidad del desarrollo de un vehículo. Al hablar de plantas productivas, en determinadas regiones, el *chief engineer* tiene una asociación mucho mayor con las áreas de Marketing y será el responsable de colocar los productos acordados en cada mercado, por lo que será un actor primordial para dichas actividades.
- Organización del sistema para balancear el *expertise* funcional y la integración trasversal. Este punto queda claramente expuesto al analizar la matriz de diseño de estructuras (tabla 4.1), lo que evidencia las funciones de cada actividad. Estas deben ser ejecutadas con determinado conocimiento (*expertise* funcional), a la vez que están orientadas a diversos

objetivos (integración transversal). En este tipo de cuestiones, es importante conocer el equilibrio determinado entre funcionalidad e integración, ya que una profundización en las características de una función puede ir en detrimento de la integración del resto del vehículo (un ejemplo es el control de flujo de aire acondicionado que puede mejorarse en un vehículo mediante la incorporación de venteos más grandes, pero este debe venir, a su vez, acompañado de un análisis robusto de los sellos de carrocería, a fin de evitar el ingreso de partículas por dichas piezas).

- Desarrollo de todos los ingenieros hacia la competencia técnica. La práctica diaria obliga a establecer aquellas actividades que, en mayor o menor medida, se realizan en un plazo de tiempo mayor al normal, debido a la falta de entrenamiento de un ingeniero (ya sea a nivel técnico, administrativo u operativo). Esto puede surgir tanto como evidencia de autoevaluaciones como también del análisis directo de los diferentes coordinadores o supervisores de las áreas. En cuanto al entrenamiento técnico, es el mayor conocimiento al que un ingeniero debe aspirar, ya que brindará una mayor capacidad de análisis, se podrán proponer más y mejores diseños, podrán acortarse tiempos de procesos creativos y se dispondrá de un mejor aprovechamiento de los recursos al alcance de cada ingeniero. Es por eso por lo que existe como un proceso que atraviesa a todos los demás dentro del tablero de control del sistema.
- Integración de los proveedores en el sistema de desarrollo de producto. Considerando a los proveedores regionales, la relación con ellos es directa al proponer cambios de diseño, ya que son parte de este en algún momento del proceso (puede ser partiendo desde la propuesta, hasta la fabricación y entrega de piezas; dependiendo del caso, pueden formar parte del procedimiento completo).
- Construcción del sistema dentro del aprendizaje y de la mejora continua. El sistema planteado actuará como almacén de experiencias, pudiendo evidenciar las acciones que fueron tomadas para cada diseño y comprendiendo tanto las acciones que fueron implementadas de forma correcta, sin sobresaltos y con la aprobación de todos los miembros, como también aquellas que, por el motivo que fuera, no resultaron favorables y tuvieron que ser descartadas. Conservar el registro de los errores es una forma de aprendizaje que, en ocasiones, brinda más conocimientos sobre los productos y sobre los procesos, y puede aplicarse, en etapas posteriores, para futuros proyectos y así mejorar el desempeño.
- Construcción de una cultura para mantener la excelencia y buscar la mejora de forma constante. Todos los elementos mencionados anteriormente formarán parte de un cambio cultural que, dependiendo de la madurez de la organización, será más fácil de llevar a cabo

y que establecerá nuevos estándares culturales y hará de toda la organización un lugar mejor para trabajar, a partir de identificar y valorar aquello que es importante para los clientes.

- Adaptación de la tecnología para que se ajuste a la gente y a los procesos. Al implementar esta clase de sistemas, se verán potenciadas aquellas herramientas que se consideren útiles para los procesos diarios, ya que el uso de estas deja de concebirse como una obligación para pasar a ser una necesidad. No necesariamente las herramientas de gestión computarizadas que más información puedan mostrar al usuario serán las más utilizadas, ya que es preferible mostrar lo que el ingeniero necesite en la etapa justa, a fin de eliminar el exceso de información que lleve a datos erróneos o a información difícil de interpretar.
- Alineación de la organización a través de la comunicación visual y simple. Este tipo de sistemas abiertos al público de un área de trabajo, en general, ofrece información útil, colabora con el resto de las acciones que se estén gestionando en la planta, facilita la comunicación entre los equipos y posibilita el intercambio justo de datos, de manera tal que mejoran tanto el desempeño como el ambiente de trabajo.
- Utilización de herramientas poderosas para la estandarización y para el aprendizaje organizacional. Fomentar el uso de documentos estandarizados, comunes a todos los *commodities* e independientes del tipo de objetivo al que apuntan resultará en un mejor manejo de la información, además de que permitirá la flexibilización de rotaciones, al nivelar los conocimientos de todos los miembros de un área de Ingeniería de Producto.

Para poder ahondar en el tipo de sistema que se conformará de forma más detallada, se explicará la implementación de este sistema en un ambiente real de una compañía automotriz.

4.4 Descripción de las tareas en el ambiente de desarrollo de producto (segunda etapa)

Los puntos detallados en el segundo capítulo se explorarán para conocer qué actividades se deberán llevar a cabo para determinar en detalle la variedad de tareas y su aplicación a los objetivos.

1. Cambios provenientes del centro de diseño, afectado por problemas de calidad o mejoras surgidas en otras regiones. La relación entre las actividades se muestra en la figura 4.9:

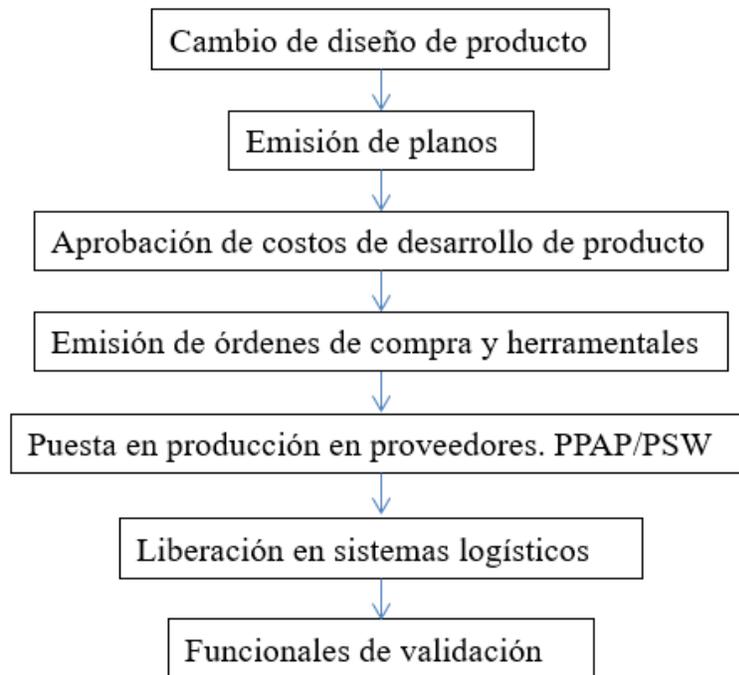


Figura 4.9. Esquema de actividades de desarrollo de producto para la validación de cambios provenientes de centros de diseños. Fuente: elaboración propia.

Este proceso de cambio se conforma por las siguientes actividades:

- Aviso o notificación de cambio de diseño.
- Emisión de plano por parte del centro de diseño.
- Aprobación de los costos de implementación por parte de las áreas de finanzas, en lo referente a las órdenes de herramental.
- Solicitación de orden de compra de la nueva pieza y herramientas de producción.
- Evaluación de PPAP y PSW por parte del proveedor: En las fases correspondientes, el proveedor debe asegurar que es capaz de entregar las piezas con la calidad necesaria en el *rate* indicado. Esto se hace en conjunto con el ingeniero residente en el proveedor, en caso de ser una pieza local/regional.
- Alineamiento de la información brindada en el documento de cambio de ingeniería, con los sistemas logísticos.
- Tipo de funcional en planta a realizar: Podrá evaluarse previo a realizar el cambio, o bien se puede no realizar ninguna prueba en función de lo requerido por el ingeniero responsable de la pieza. De requerir un funcional, se hace responsable por solicitar dichas piezas al proveedor. Para solicitarlas, estas deben tener una orden de compra aprobada y la primera fase de PSW firmada (requerimiento mínimo). En caso de contar solo con la primera firma,

puede hacerse una segunda evaluación cuando el proveedor tenga la fase 3 aprobada, a fin de evitar defectos por cumplimiento de *run at rate*¹⁹⁸.

- Evaluación de funcional: Los clientes internos deben aprobar que los cambios en las piezas no acarreen ningún problema dentro de su proceso y que las modificaciones en el producto están contempladas desde la manufactura.

2. Cambios de proveedor y localización de componentes. Las actividades se representan en la figura 4.10:

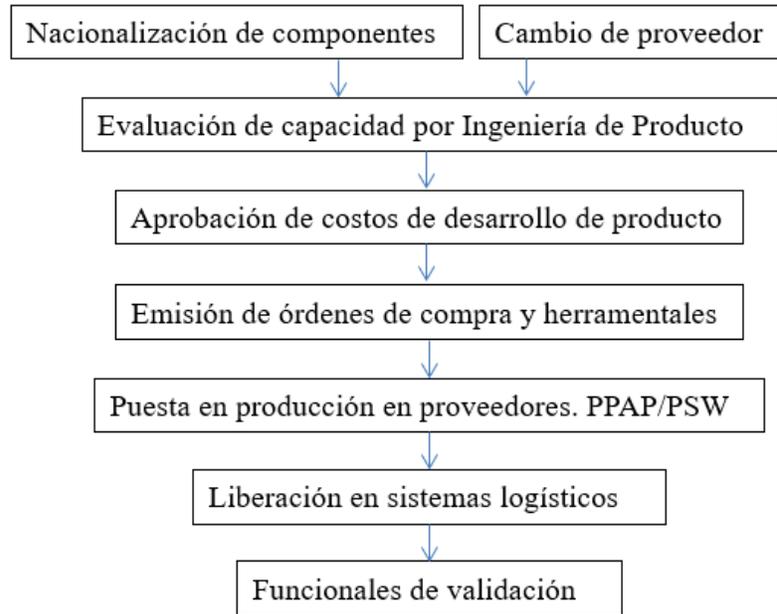


Figura 4.10. Esquema de actividades de desarrollo de producto para cambios de proveedores y modificaciones en sus instalaciones. Fuente: elaboración propia.

Actividades de validación en planta: Se refiere al caso en el que el proveedor de una determinada pieza debe cambiarse por diversos motivos (abandona la región, cierre, cambio de firma o simple cambio de herramental). Tendrán que realizarse las siguientes tareas:

- Evaluación de la capacidad del proveedor entrante.
- Aprobación de los costos de implementación por parte de Finanzas en lo referente a los órdenes de herramental (generalmente para cambios de proveedores).
- Solicitud de orden de compra de la pieza original al nuevo proveedor.
- Evaluación de PPAP por parte del proveedor: En las fases correspondientes, el proveedor debe asegurar que es capaz de entregar las piezas con la calidad necesaria en el *rate*

¹⁹⁸Es un término utilizado en la jerga automotriz que indica producir un volumen de piezas o productos en el tiempo estipulado (generalmente establecido en un turno de producción), sin problemas de calidad.

indicado. Esto se hace en conjunto con el ingeniero residente del proveedor en caso de ser una pieza local/regional y contar con ese recurso.

- Debido al impacto, se evalúan las piezas de nuevos proveedores con la fase 3 aprobada. Dependiendo la compañía, el ingeniero es responsable por solicitar las piezas para evaluar.
- Alinear la información brindada en el documento de cambio de ingeniería, con los sistemas logísticos.
- Evaluación de funcional: Los clientes internos deben aprobar que los cambios en las piezas no acarreen ningún problema dentro de su proceso y que las modificaciones en el producto están contempladas desde la manufactura.

3. Cambios dentro del proveedor. Actividades de evaluación del cambio e impacto. La secuencia de actividades se muestra en la figura 4.11:

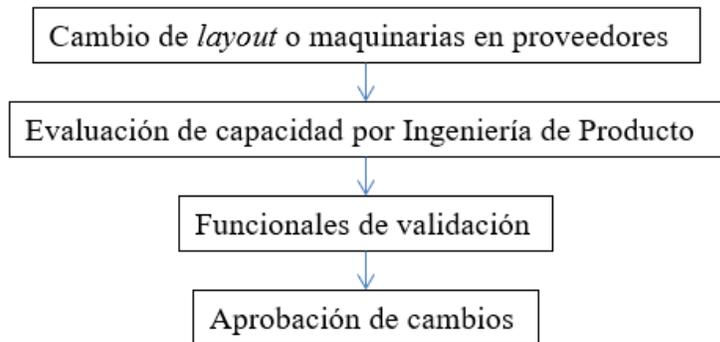


Figura 4.11. Esquema de actividades de desarrollo de producto para cambios de *layout* y maquinarias en proveedores. Fuente: elaboración propia.

En caso de un cambio de *layout*, proceso o herramental de una pieza ya existente, sin que se involucre un cambio de proveedor o impacto en el diseño del producto, podrá realizarse una aprobación de ingeniería en la que puntualmente se pueden requerir algunas evaluaciones especiales.

4. Análisis de reclamos de garantías. La identificación en función del origen se expresa en la figura 4.12:

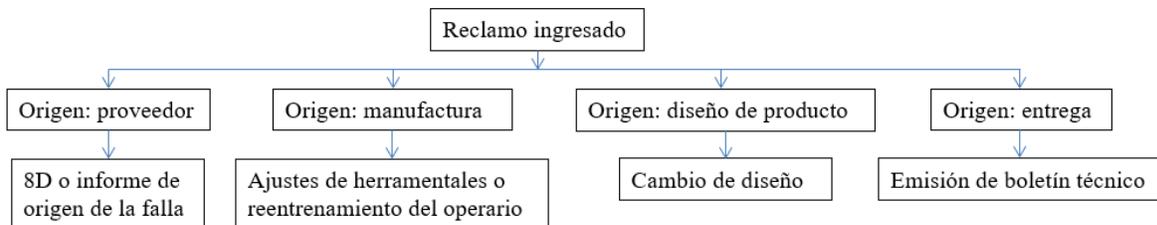


Figura 4.12. Diagrama de resolución de problemas para reclamos de garantía en función del origen. Fuente: elaboración propia.

Proceso de evaluación de piezas retornadas. Proceso de impacto de costos y reparaciones. Evaluación de acciones e impacto de estos: Análisis primario del reclamo, dependiendo del origen (garantía por piezas cambiadas en servicio o reparadas por talleres oficiales).

Dependiendo el origen de la falla, se procederá de la siguiente manera:

- Falla generada por la manufactura de la pieza (proveedor): Deberá analizar la pieza en conjunto con el ingeniero responsable a fin de definir cuál fue la falla producida y qué debe hacerse para subsanarse. El documento de salida de este proceso es el 8D.
- Falla generada en el montaje: Se analiza con el equipo transfuncional de planta cuáles deben ser las mejoras y controles que implementar para evitar esta falla. El documento de salida es la anotación de la mejora dentro de las hojas de trabajo de los operadores, en conjunto con el reentrenamiento de los operadores involucrados.
- Falla generada por el diseño de la pieza: Cuando se verifica que el diseño no cumple las expectativas del cliente, se analizan, en conjunto con el centro de diseño y con las otras plantas de manufactura, cuáles deben ser las acciones que se deben tomar para mejorar el producto. Se tienen en cuenta los estándares de diseño que deben cumplir a fin de no provocar ningún desvío. El documento de salida es la hoja de rediseño.
- Falla generada en la entrega: Se analizan los potenciales de mejoras que pueden existir con los transportistas, las preentregas y los diagnósticos en caso de servicios, a fin de obtener las acciones para implementar. Dependiendo el caso y del origen de la falla, el documento que se genera se denomina TSB (*technical service bulletins*).

Revisar implementaciones de mejoras según el caso:

- i. Proveedor: Si requiere agregar controles que a la fecha no se realizan o modificaciones del proceso de manufactura, deberán seguirse en un plan de acción en conjunto con las áreas de asistencia técnica de proveedores.
- ii. Manufactura: Deberán considerar los cambios del herramental o equipos de manufactura, así como también modificar las rutinas de los operadores (estándares de trabajo) a fin de eliminar los factores que pueden provocar una falla del producto a futuro.
- iii. Diseño: Se solicitan las acciones necesarias ante quien corresponda. La práctica correcta resulta de evaluar el cambio previo al ingreso de este, verificando que las acciones son efectivas además de no generar otro problema aguas abajo dentro del proceso. Las actividades necesarias para ejecutar los cambios de diseño están presentadas en la figura 4.10.

5. Análisis de reclamos de clientes por diseño, funcionalidad o habitabilidad. El proceso de evaluación ante el centro de diseño para ajustar el producto ante el cliente se presenta en la figura 4.13:

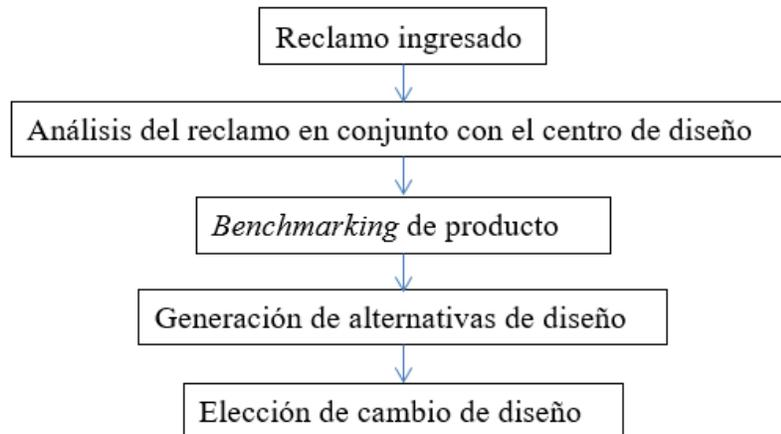


Figura 4.13. Diagrama de resolución de problemas para reclamos de funcionalidad. Fuente: elaboración propia.

Estos casos deben acarrear una mejora dirigida casi en su totalidad por el centro de diseño. En función de las tecnologías disponibles, el análisis de otras terminales frente a estas funciones y una clara visión de lo que el cliente necesita otorgan distintos tipos de diseños (*kentou*) que facilitarán la elección de un cambio que se espera que impacte en la apreciación del cliente respecto del producto de manera positiva.

Las actividades para el desarrollo de los cambios una vez definido el nuevo diseño están contenidas en el punto 1.

6. Análisis de reclamos de alto riesgo. Dependiendo el tipo de problema surgido, puede requerir investigaciones *in situ*. Proceso de impacto de costos y reparaciones. Evaluación de acciones e impacto de estos.

En caso de encontrar casos de garantía que impliquen algún tipo de riesgo para los ocupantes o para otros vehículos, como podrían ser incendios, pérdida de control del vehículo o la pérdida de alguna función de seguridad, se debe realizar una investigación directa en el producto (*genchi gembutsu*) para determinar las causas de dicho problema. Las acciones de mejora para realizar una vez obtenida la causa raíz son las mismas que la de los casos de garantía.

7. Ideas de reducción de costos. Este procedimiento se realiza a fin de reducir el costo por materias primas y piezas terminadas en un vehículo. Con ello, las compañías pueden asegurar el margen necesario para poder seguir compitiendo en el mercado. Este proceso se representa en la figura 4.14:

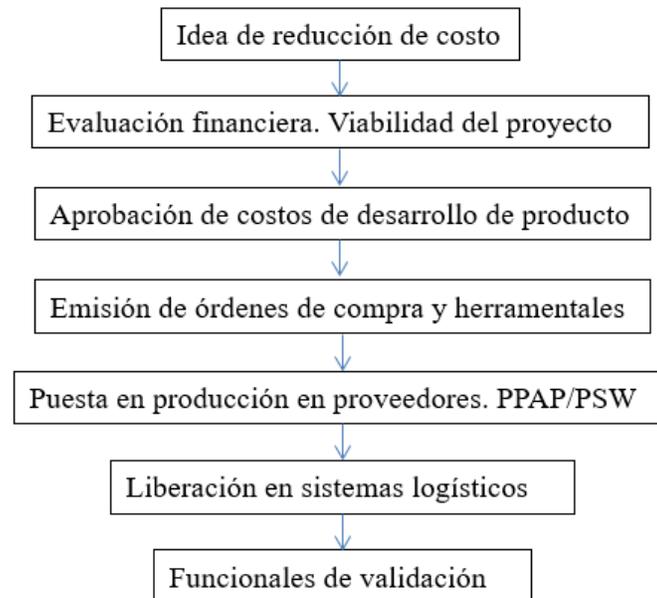


Figura 4.14. Diagrama de implementación de ideas de reducción de costo. Fuente: elaboración propia.

Como puede verse en la figura 4.14, las actividades son las mismas que para liberar cualquier pieza por un cambio proveniente de un proveedor, a diferencia de que aquí se entenderá por *viabilidad de un proyecto* el hecho de que el cambio que se produzca (pudiendo ser una modificación en el diseño de la pieza o un cambio de proveedores) genere algún beneficio económico a la compañía.

8. Reclamos en terminal por piezas defectuosas/incompatibilidad de diseño y manufactura. Se realiza un análisis con los equipos multidisciplinarios en la planta para evaluar las acciones necesarias.

- En caso de tener reclamos de planta por piezas que no pueden montarse o generan algún problema al hacerlo, un equipo multifuncional hará los análisis de los factores correspondientes, a fin de determinar cuáles deben ser las acciones para implementar.
- En caso de diseño, se repiten las mismas acciones que un caso de garantía, debiendo actualizar y documentar el rediseño y cumpliendo con los pasos requeridos para implementar dichas mejoras en una planta.

9. Reclamos al proveedor por defectos, procesos, materiales o herramental que resultan en un sobre costo o cuello de botella dentro de su proceso productivo y es posible modificar el producto.

Si el proveedor identifica dentro de su proceso algún punto donde se genera un cuello de botella o algún sobre costo que se genera por la fabricación y este se resuelve mediante la modificación en el diseño, se podrá realizarse dicha modificación, siguiendo los mismos pasos que en un proceso de garantía.

10. Análisis de cambio de piezas *non-job stopper*, en caso de faltantes por demoras en entregas de proveedores. Evaluar reemplazos posibles, atendiendo todos los puntos críticos de ingeniería y manufactura.

Si alguna pieza puede verse puesta en riesgo en cuanto a su abastecimiento debido a algún acontecimiento, se pueden analizar alternativas de reemplazo previo a cualquier parada de línea. Para ello, deben tomarse las siguientes consideraciones:

- Diferencias en estándares de ingeniería
- Apariencia
- Usos y disponibilidades

Una vez analizado, deben validarse por planta y clientes internos a fin de que dicho reemplazo temporario sea aprobado.

11. Análisis de reemplazo de piezas en servicio. Evaluar reemplazos posibles, atendiendo todos los puntos críticos de ingeniería.

En caso de piezas que se encuentran fuera de producción y de las cuales ya no hay disponibilidad en servicio, eventualmente, pueden reemplazarse por partes actuales, siempre que se atiendan los siguientes puntos:

- Similitud física y funcional
- Seguridad en uso
- Disponibilidad

Por medio de un breve informe, se darán las características esenciales y los puntos para tener en cuenta en el montaje.

12. Sugerencias de mejoras provenientes de planta. Análisis con el equipo multidisciplinario de planta para evaluar las acciones necesarias.

En pos de la mejora continua, se analizarán las sugerencias y, dependiendo del costo/beneficio que surja, se procederá al desarrollo del producto pertinente y su posterior implementación.

13. Sugerencias de mejoras provenientes de proveedores/*stakeholders*. Se realiza el análisis en conjunto con el equipo multidisciplinario para evaluar las acciones necesarias. Se procede de forma similar al punto 12.

14. Reordenamiento de catálogos de productos. Consiste en la confección de nuevos *brochures* de producto orientados a cada segmento del mercado. El proceso a seguirse se encuentra en la figura 4.15:

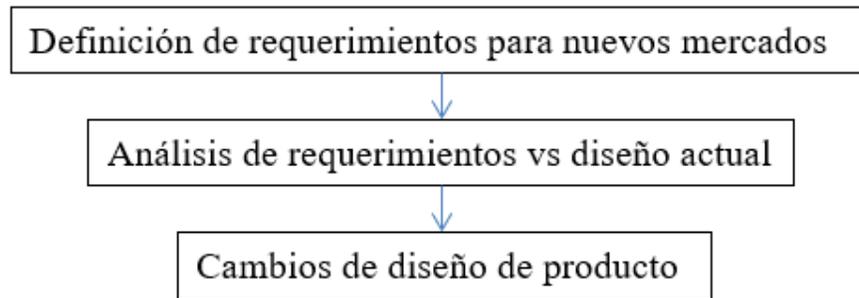


Figura 4.15. Secuencia de actividades para definición de cambios de producto en función de nuevos mercados. Fuente: elaboración propia.

Como actividad, hay tres elementos principales:

- Definición de cambios: es la discusión donde se analiza las expectativas de los segmentos de mercado.
- Análisis de diferencias con el producto: es la serie de modificaciones técnicas para realizar en el producto.
- Ejecución de cambios: aquí será parte del desarrollo de las piezas o subsistemas con los proveedores, a fin de implementar los cambios exigidos por esta actividad. Las actividades que habrán de ejecutarse corresponden a las del punto 1.

15. Homologaciones de productos. Es el análisis y modificación de los productos que se realiza a fin de poder someterlos al proceso de homologación ante las autoridades pertinentes (ver figura 4.7). Hay tres etapas principales:

- Etapa de análisis: Aquí se analizan los requisitos para el segmento de vehículo que se desee homologar. Luego se lo compara con las especificaciones de producto, a fin de conocer qué diferencias existen entre estos.
- Ejecución de cambios: Si se encuentran diferencias entre los requisitos y el producto, se procede a la adaptación de cambios necesario. En algunos casos, estas modificaciones son sencillas de realizar, mientras que, en otros, puede implicar la modificación de piezas o el uso de otros diseños nuevos.
- Procesamiento de resultados de homologaciones. Una vez que las autoridades reciben el expediente de homologación, se procederá a realizar las evaluaciones pertinentes. Cuando son finalizadas, se confecciona un informe, el cual puede aprobar el vehículo para la venta o informar los puntos que deben ser subsanados. A partir de aquí, se procede de la misma forma que en el punto mencionado anteriormente hasta que el expediente es aprobado.

4.5 Agrupación de actividades (tercera etapa)

Una forma gráfica que resulta muy práctica para entender estas actividades es el tablero de balance de tareas. Allí podremos clasificar todas las acciones necesarias por cada tarea involucrada, por lo que se obtienen, así, aquellas que resulten comunes entre todas. Es una forma de evitar confeccionar el mapa de agregado de valor por cada proceso, ya que de esa forma se evidencian las relaciones lógicas y se pueden aislar las tareas que resultan comunes a la mayoría de estas. A tales efectos se presenta la tabla 4.3:

Actividad	Informe de reclamos de garantías	Informe de reclamos de seguridad	Informe calidad prov/MFG	Informe faltantes discrepancias y obsolescencia	Agenda de lanzamientos de nuevos productos /MKT	Informe de ideas de costo	Análisis planos y físicos	Análisis piezas garantías	Análisis piezas in situ	Análisis piezas reemplazo servicios - plantas	Revisiones de diseño	Emisión de boletines técnicos servicios	Aprobación de cambios en proveedores	Benchmarking	Desarme de vehículos	Homologaciones	Liberación de documentos de ingeniería (Planos, sistemas)	Confeción <i>diechuras</i>	Ordenes de compra y herramientas	Proceso liberación piezas por proveedores	Ensayos de validación
Cambios por centro de diseño	X	X	X		X		X				X					X	X	X	X	X	X
Cambios de proveedor					X	X	X						X				X		X	X	X
Cambios dentro de instalaciones de proveedor			X										X								X
Análisis de reclamos de garantías	X						X	X			X	X		X	X		X		X	X	X
Análisis de reclamos de disgustos de clientes	X										X	X		X	X		X	X	X	X	X
Análisis de reclamos por problemas críticos		X					X	X			X	X		X	X		X		X	X	X
Ideas de reducción de costo						X	X				X			X	X	X	X	X	X	X	X
Reclamos por piezas defectuosas en planta			X				X				X						X		X	X	X
Reclamos de proveedor por inhibidores			X				X				X			X			X		X	X	X
Análisis de reemplazos por piezas faltantes en línea				X			X										X				X
Análisis de reemplazos de piezas de servicio				X			X					X									
Sugerencias de mejoras de planta			X				X				X			X			X		X	X	X
Sugerencias de mejoras de proveedor			X				X				X			X			X		X	X	X
Reordenamiento de catálogos de productos					X						X			X		X	X	X	X	X	X
Homologaciones					X		X				X			X		X	X	X		X	X

Tabla 4.3. Acciones comunes a cada actividad en áreas de rediseño. Fuente: elaboración propia.

Se han colocado con fondo naranja aquellos elementos que servirán para recolectar la información necesaria para trabajar en los procedimientos y en las actividades, mientras que las de fondo celeste son las actividades centrales dentro del proceso de desarrollo de producto.

La correcta identificación de las actividades de “entrada” permite la creación de los mecanismos de definición y entrega de información por parte de los *stakeholders*, identificando, en este caso, proveedores, plantas de manufactura, clientes finales, y el estado como ente homologador de productos. Las necesidades provenientes de centros de diseño (nuevos diseños por mejoras de

calidad, reducciones de costos o cambios de producto de medio ciclo) se consideran una entrada por alguna de estas cuestiones.

En segunda instancia, están identificadas todas las actividades necesarias para poder procesar correctamente cada idea, sugerencia, reclamo o entrada al proceso. Algunas de ellas se repiten en, prácticamente, todos los procesos, mientras que otras resultan tareas puntuales en función de las entradas. A fin de delimitar nuestro sistema con todas las actividades centrales, consideramos las tareas comunes:

- Análisis de planos y físicos
- Revisiones de diseño
- *Benchmarking*
- Liberación de documentos de ingeniería
- Confección de *brochures*

Las tareas que no fueron contempladas aquí serán parte de algunas de las que se definieron como centrales. Se dividirán de la siguiente manera:

1. Análisis planos y físicos: piezas de garantías, análisis de vehículos *in situ*, análisis piezas de reemplazo.
2. Revisiones de diseño: emisiones de boletines técnicos.
3. *Benchmarking*: desarme de vehículos.
4. Liberación de documentos de ingeniería: órdenes de compra de herramientas, aprobación de cambios en proveedores.
5. Proceso de liberación de piezas en proveedores: ensayos de validación.
6. Confección de *brochures*: homologaciones.

Hay una actividad que es común a todas y necesaria para mantener el sistema en funcionamiento, y que surge de operar con este: la capacitación de los ingenieros que componen el equipo de trabajo.

Finalmente, se establecen los elementos de salida, aquellos que definirán los indicadores de desempeño de todo el sistema:

De los análisis planos y físicos

- Cantidad de análisis de garantías realizados

De las revisiones de diseño

- Cantidad de boletines técnicos emitidos
- Revisiones realizadas

Del *benchmarking*

- Cantidad de análisis realizados según los vehículos de la competencia

De la liberación de documentos de ingeniería

- Órdenes de compra de herramental emitidas y pendientes
- Aprobaciones de cambios emitidos y pendientes
- Liberación de documentos realizados

Del proceso de liberación de piezas en proveedores

- Ensayos realizados y pendientes
- Piezas nuevas desarrolladas versus necesarias

De la confección de *brochures*

- Cumplimiento de *brochures* según agenda de lanzamiento de nuevos productos

De los planes de entrenamiento

- Cumplimiento de entrenamiento

Hacia el final están los objetivos de salida del sistema, que deberán estar alineados con los objetivos de la organización:

- Mejora de indicadores de calidad de planta (FTT)
- Mejora de indicadores de volumen de producción por material faltante
- Mejora de indicadores de calidad de clientes (CPU, TGW, R/1000)
- Mejora de indicadores de calidad de proveedores (PPM)
- Cumplimiento de objetivos de costo (ahorro por unidad producida)
- Cumplimiento de agenda nuevos productos
- Mejora de indicadores de venta de vehículos

4.6 Gestión visual del sistema

Resulta interesante el foco aportado por el sistema de producción de Ford para definir un mecanismo de gestión de dicho proceso basado en procesos que deben realizarse con una cadencia determinada, y no meramente en resultados, para dirigir las acciones necesarias. En la figura 4.16 se presenta el mapa de proceso:

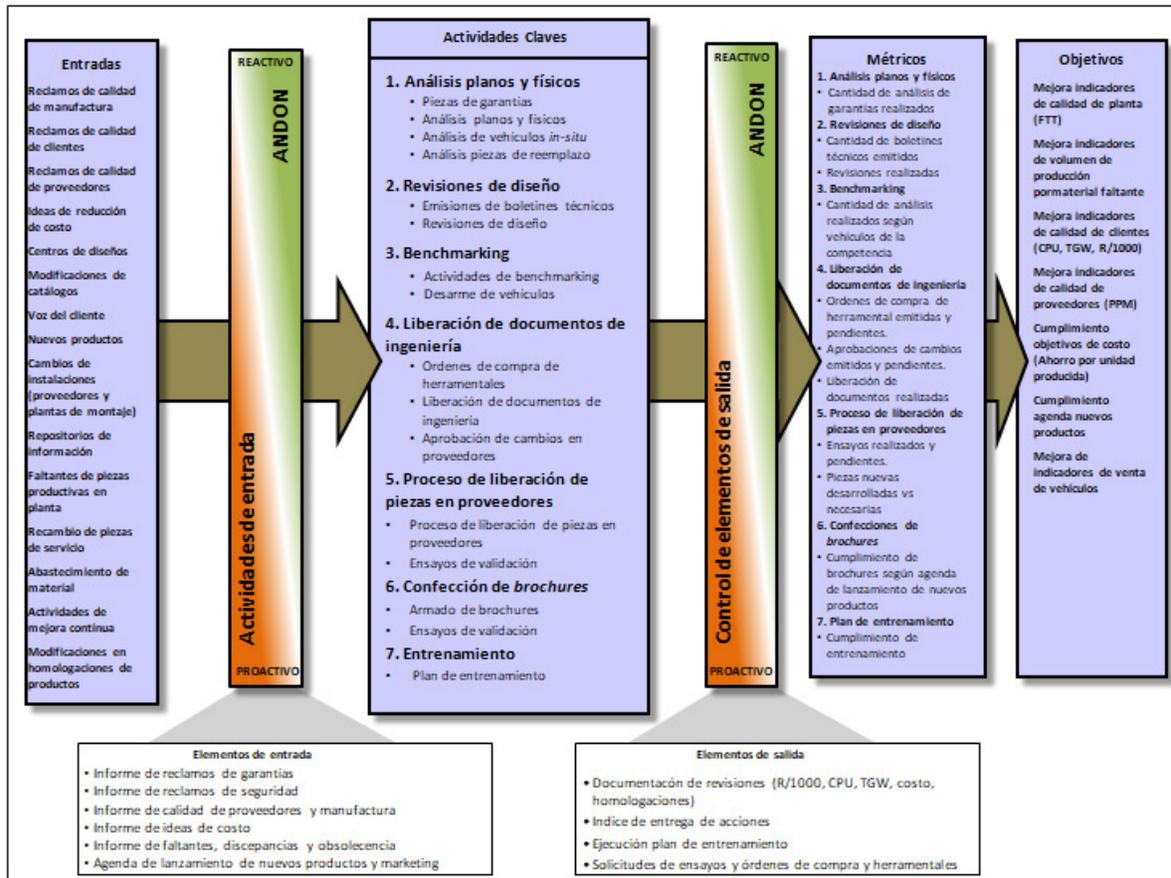


Figura 4.16. Mapa de proceso de las actividades ordenadas. Fuente: elaboración propia.

La ventaja que resulta de este tipo de sistemas es que permite analizar cada actividad combinando cada elemento de entrada y ya no de manera independiente. Hacer un análisis de producto por cada problema que surge de forma independiente es la manera más ineficiente de análisis que se puede llegar a realizar en un área de estas características.

En cambio, si los análisis se hacen ya no para un problema puntual, sino para grupos de problemas, se encuentran soluciones que son útiles para varios problemas y, a su vez, para varios objetivos.

También permite comprender mejor los problemas subyacentes que pueden estar generando varios problemas percibidos como diferentes.

A partir de aquí, se enumeran algunos principios utilizados en el sistema de desarrollo de producto de Toyota: *kentou*, como fase de estudio; *genchi gembutsu*, para análisis de piezas en primera persona; *K4*, para adelantar las revisiones de diseño y llegar a estas con la mayor capacidad de comprensión del problema, y *obeya*, donde se llevará a cabo tanto el uso integral del sistema para cada actividad. Se integran, de esta forma, actividades que, inicialmente, eran ejecutadas en momentos de desarrollo de plataformas previo a la puesta en producción de los productos. A fin

de poder profundizar en la metodología de uso del sistema, se brinda la documentación necesaria de cada actividad central, partiendo del siguiente “tablero de control”, en la figura 4.17:

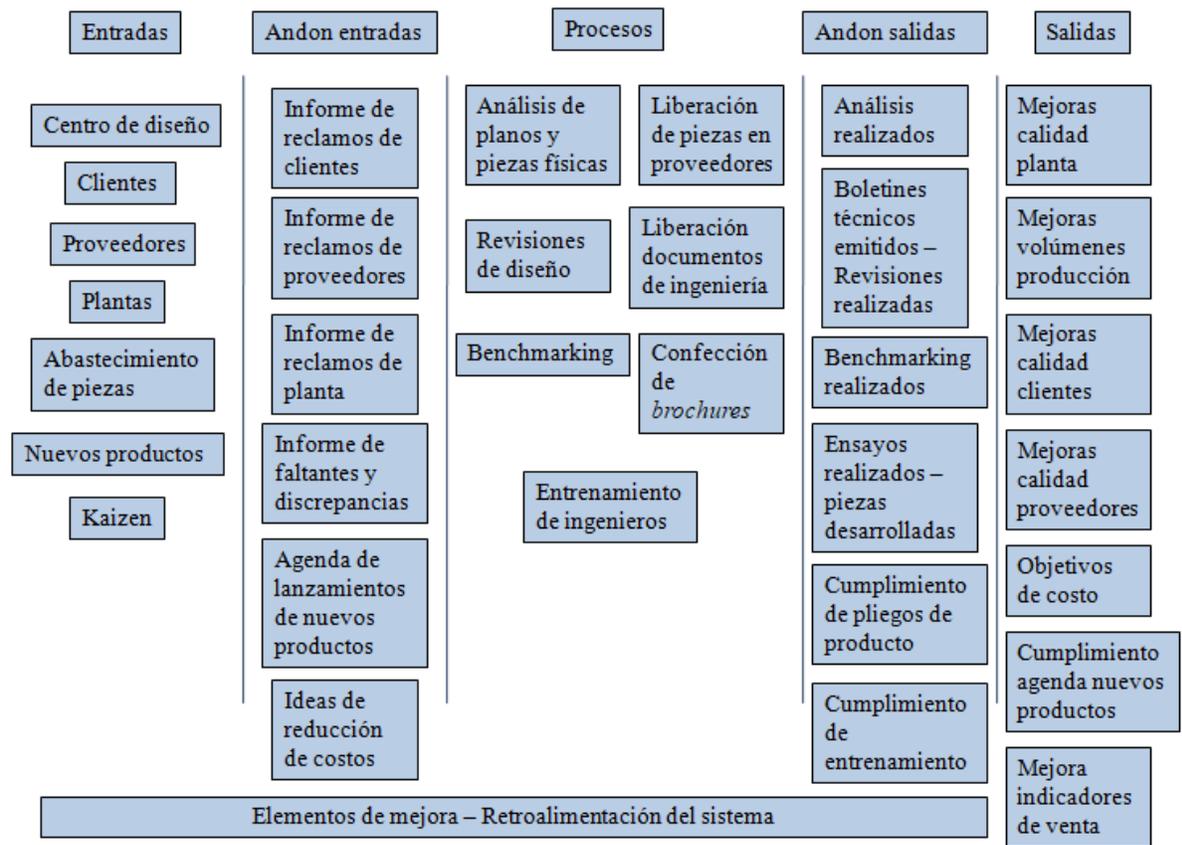


Figura 4.17. Esquema de tablero de control para las actividades de rediseño. Fuente: elaboración propia.

4.7 Despliegue y evaluación de la herramienta

Este tablero de control será propiedad del área de desarrollo de producto en cada planta donde existan ingenieros asignados para cada uno de los sistemas principales de un vehículo (*body interior, body exterior, chassis, electrical, powertrain, vehicle engineering*).

Generalmente, en las estructuras globales, cada planta tiene un equipo de ingenieros que se ocupa de llevar adelante el desarrollo de cada subsistema para lograr el objetivo deseado puesto por cada casa matriz. Estos ingenieros se encontrarán coordinados, a su vez, por los centros de diseño, quienes evaluarán lo elevado por las plantas y asistirán a la solución de cada problema en particular.

Se espera que, con este planteo, los elementos de los tableros se puedan operar en simultáneo por las diferentes instalaciones fabriles (en donde para plantas productivas que fabriquen el mismo vehículo, puedan integrar las necesidades de Ingeniería de Producto), ya que cada uno hará el aporte correspondiente para mantener a todos los demás en contacto. Sin embargo, solo será útil

en los elementos de entrada, ya que las salidas y solo algunos elementos dentro del proceso serán dependientes de lo que cada planta ejecute.

En una primera instancia, podrá implementarse esta herramienta en cada localización por separado para lograr la comprensión inicial y el entrenamiento necesario para llevarlo a cabo con una determinada fluidez. Luego de ello, la integración resultará un paso necesario para potenciar los elementos y los procesos que se desprendan, unificando, de esta forma, el rendimiento de todo este nuevo sistema.

4.8 Guía de uso y aplicación

Para comprender el uso de este sistema, este se dividirá en tres partes esenciales:

- Entradas
- Actividades núcleo o centrales
- Salidas

Entradas. Son el nexo entre los *stakeholders* y las áreas de desarrollo de producto. Para poder desarrollar la actividad con una cadencia determinada, es conveniente generar reuniones con una frecuencia establecida ante cada área (se entenderá que, ante problemas urgentes, debe existir otro medio de comunicación que informe al área de Ingeniería de Producto sobre ello). Esto es, un foro de comunicación formal de novedades con los proveedores, la planta y, finalmente, los clientes. Obviamente, la comunicación no es directa con cada usuario final, sino que estos se contactarán con las concesionarias o con los medios de venta para reclamar los problemas pertinentes, y la entrega de la información final a las áreas de desarrollo de producto, encargadas de resolver esto, se hará por estos intermediarios. Finalmente, la interfaz de reclamo suele proveerse mediante portales en internet que permiten la carga de información de manera estandarizada (muy utilizado en el caso de reparaciones o reemplazo de componentes), lo que facilita el acceso a la información por parte de los ingenieros responsables de cada subsistema o componente. Aun así, se refuerza la idea de generar espacios de análisis de los informes provenientes de las partes interesadas, con la finalidad de procesar todos los reclamos y para realizar preguntas que puedan suponer más información para la profundización de investigaciones.

Por otra parte, para las ideas de reducción de costos, existen los medios formales de publicación, compuestos por formularios estandarizados que son generados por los ingenieros de cada planta y que, mediante el sistema de sugerencias o por las actividades de búsqueda de oportunidades de localizaciones de piezas en una región o rediseños, se completan y distribuyen entre las distintas plantas (con la finalidad de que puedan sumarse al cambio o, por el contrario, declinen realizarlo por el motivo que fuera).

Finalmente, las agendas de nuevos productos son esenciales para comprender los tiempos de desarrollo de cada una de las fases de un nuevo programa y, en función de ello, poder realizar los cambios de *brochures* de producto necesarios o incluir cambios de diseño que involucren dos o más subsistemas. Esto es preferible a realizar cambios de producto individuales durante el tiempo que este está en producción, ya que los paquetes de cambios pueden ser manejados de manera correcta, permitiendo la segregación de vehículos en caso de problemas de manera más sencilla y no evaluando las modificaciones sobre unidades que están automáticamente disponibles para la entrega. Igualmente, debido a que los nuevos productos en una compañía automotriz tienden a lanzarse una vez al año o, en el mejor de los casos, cada seis meses, los cambios se incorporan antes por cuestiones de negocios (más aún si son mejoras en la calidad del producto críticas que pueden afectar la seguridad del usuario).

Actividades centrales. Son siete, las cuales utilizan los siguientes formularios:

Análisis de planos y piezas físicas. El documento sugerido se muestra en la figura 4.18:

Análisis de piezas y planos					
Sistema					
Ingeniero					
Problema/Idea	Origen	Números de piezas	¿Ya fue revisado por otra área?	Fecha de análisis	Comentarios

Figura 4.18. Hoja de seguimiento de análisis de piezas. Fuente: elaboración propia.

La primera ventaja es conservar el registro de toda la información proveniente de los elementos de entrada, ya que cada problema, idea o reclamo quedará a la vista de quien procese la

información. El detalle de la información con la que se cuenta debe ser suficiente como para poder iniciar el análisis correspondiente. También es necesario contar con el origen que determina la entrada para darle la prioridad necesaria, por un lado, y, en caso de piezas comunes a diferentes intereses, poder plantear soluciones que satisfagan a todas las partes.

Como bien se considera dentro de la industria, es un desperdicio investigar algo dos veces; por eso, es necesario revisar los registros provenientes de otras áreas o plantas para evitar repetir análisis que ya fueron realizados.

Finalmente, con la intención de poder mantener los procesos dentro de un tiempo controlado, se registra la fecha de análisis. Este análisis brinda los pasos que se deben seguir en función de su resolución, esto es, si el problema surgió por alguna causa ajena a la ingeniería de producto, o bien si se debe proceder a una investigación más profunda y un eventual cambio de diseño.

Revisiones de diseño. Se sugiere el mismo en la figura 4.19:

Revisiones de diseño					
Sistema					
Ingeniero					
Problema/Idea Número de identificación	Fecha de revisión	Números de piezas	Diseño actual	Diseño propuesto	Validaciones – Tiempo estimado (Gantt)

Figura 4.19. Hoja de seguimiento de revisiones de diseño. Fuente: elaboración propia.

Cuando se arriba a la conclusión de que es necesario un cambio de diseño, este comienza a seguirse mediante el sistema de desarrollo de producto. De forma similar al punto anterior, cada idea, problema o sugerencia es seguido ahora con un número de identificación con el que se iniciará el proceso de revisión del área (eso dependerá de cada sistema en cada terminal; en ocasiones, los sistemas se diseñan persiguiendo un objetivo de costo o de calidad, o pueden llevarse adelante de

forma integral, independientemente de la finalidad). Puede suceder que la revisión ya haya sido provista por el centro de diseño, pero, en el caso de que así no fuera, se colocará la fecha de revisión, números de piezas involucrados y los detalles relevantes del diseño actual y del propuesto, finalizando con las evaluaciones necesarias para poder realizar los cambios. La herramienta que mejor se adapta a este proceso es el *Mizen Boushi*. Finalmente, se coloca el diagrama de Gantt estimado en función de la experiencia de las áreas.

Benchmarking. El documento para recopilar la información de este punto se presenta en la figura 4.20:

Benchmarking						
Sistema						
Ingeniero						
Vehículo revisado	Fecha de revisión	Características evaluadas	Desarme (Sí/No)	Evaluación de piezas	Resultados	Comentarios (tecnologías, materiales, replicable)

Figura 4.20. Hoja de seguimiento de *benchmarking*. Fuente: elaboración propia.

Este proceso sirve tanto para elementos de calidad que quieran analizarse como para tomar ideas de reducción de costos o reproducir tecnologías en caso de ser posible. Cabe mencionar que el *benchmarking* puede ser tanto de un auto completo como de algún subsistema en particular.

Siempre es más simple analizar lo que está al alcance de los ojos del cliente; estas son las características de los interiores, exteriores, aditamentos electrónicos o algunos elementos que componen el chasis. Esto puede realizarse con una frecuencia alta; solo es necesario contar con el acceso al vehículo que se analizará (lo cual se puede facilitar mediante concesionarias con ingenieros al servicio de los clientes). Por el contrario, proceder al desarme y a la evaluación de piezas de un vehículo de la competencia, si bien brinda mucha más información, se hace con una

frecuencia mucho más baja (generalmente, el modelo que se desmantela debe ser adquirido por la compañía interesada). Este tipo de eventos puede brindar información muy útil a quien la necesite, pero debido a, justamente, las características de este tipo de análisis, es que existen foros que resumen la información relevante de materiales utilizados, peso de componentes, tecnologías de fabricación y demás información relevante de producto (A2Mac1 es uno de ellos, además de los propios de cada compañía).

Liberación de documentos de ingeniería. Se sugiere el documento de seguimiento en la figura 4.21:

Liberación de documentos de ingeniería						
Sistema						
Ingeniero						
Número de identificación de cambio	Fecha de apertura de documentos	Costos solicitados	Aprobación de áreas	Piezas involucradas	Planos afectados	Comentarios

Figura 4.21. Hoja de seguimiento de liberación de documentos de ingeniería. Fuente: elaboración propia.

Este es el seguimiento necesario para liberar los documentos correspondientes para registrar los cambios de producto en cualquier terminal. Dichos cambios deben ser aprobados por las áreas correspondientes, brindando la retroalimentación necesaria a fin de contemplar las necesidades de cada una de estas (es, incluso, un condicional para la aprobación de dichos cambios).

Asimismo, la aprobación de los costos de los cambios deberá registrarse, a fin de definir las inversiones necesarias en las plantas para dichas modificaciones.

Liberación de piezas en proveedores. El documento correspondiente se presenta en la figura 4.22:

Liberación de piezas en proveedores						
Sistema						
Ingeniero						
Número de pieza	Proveedor Código de identificación	Orden de compra de pieza (valor)	Costo de herramientas, calibres y medios de transporte	Tipo de cambio	Plan de desarrollo (Gantt)	Comentarios

Figura 4.22. Hoja de seguimiento de desarrollo de piezas en proveedores. Fuente: elaboración propia.

Este seguimiento se realiza con el fin de asegurar el correcto desarrollo de las piezas que se modificarán. Aquí se involucran las áreas de Compras y de Finanzas de las terminales, las cuales deberán realizar los pagos correspondientes a los proveedores en función de los herramientas necesarios, calibres de control de piezas u órdenes de compra. Por otra parte, las validaciones de producto que deban realizarse dentro de un proveedor también estarán relevadas.

Confección de *brochures*. El documento sugerido de seguimiento se presenta en la figura 4.23:

Confección de <i>Brochures</i>					
Sistema					
Ingeniero					
Vehículo afectado	Fecha de inicio de <i>brochure</i>	Fecha de cierre	Número de identificación	Homologación (Si/No)	Resumen de cambios y motivo

Figura 4.23. Hoja de seguimiento de confección de *brochures*. Fuente: elaboración propia.

La liberación de *brochures* por cambios que afectan las características registradas en estos o por necesidades de homologación de productos tienen su espacio dentro del sistema, ya que es una actividad que lideran las áreas de desarrollo de producto. En este deberán constar las fechas de inicio y cierre de estos documentos, en conjunto con los cambios necesarios para cada modelo y mercado afectado.

Así, sumando el total de registros y contando los que fueron finalizados, se puede obtener un índice de finalización o entrega:

$$\text{Índice de entrega de la actividad} = \frac{\text{Casos resueltos}}{\text{Casos totales}} \times 100\%$$

4.9 Implementación de la solución

Esta solución fue implementada de manera parcial dentro de una compañía automotriz tomando los procesos centrales más relevantes para este caso, siendo dos de las siete actividades centrales enumeradas: revisiones de diseño y liberación de documentos de ingeniería. Las actividades de entrenamiento y los análisis de piezas y planos se continúan haciendo de manera individual en función de cada problema. Por otra parte, la liberación de piezas sigue siendo responsabilidad de las áreas de asistencia técnica de proveedores, mientras que la confección de *brochures* está alineada totalmente con la agenda de lanzamientos de nuevos productos. Finalmente, el *benchmarking* realizado es *ad hoc* para cada problema o idea puntal. Los últimos análisis de vehículos desmantelados y ensayados se hicieron en el 2016, lo cual aún sigue siendo información útil para los subsistemas de *underbody* y es un poco más antigua para los sistemas de interiores y exteriores.

Un análisis mayor se brinda en la tabla 4.4:

Actividades centrales enumeradas en el sistema	Aplicación real en áreas de Ingeniería de Producto	Porcentaje de aplicación	Riesgo de fallas en la aplicación de las herramientas
Análisis de planos y piezas físicas	No existe ninguna aplicación a la fecha. La información es compartida de forma puntual.	0 %	Bajo, ya que los análisis de piezas tomados como actividad central brinda información relevante para la toma de decisiones a todos los miembros del área.
Revisiones de diseño	Implementación parcial, dependiendo del sub-sistema y problemas puntuales (principalmente en componentes eléctricos, de chasis y carrocerías).	60 %	Nulo, ya que la integración de las revisiones colabora a una mejor toma de decisiones, donde se consideran todas las necesidades, permitiendo resolver más problemas con menos recursos.
<i>Benchmarking</i>	No existe ninguna aplicación a la fecha. Es realizado <i>ad-hoc</i> .	0 %	Bajo, las actividades de <i>benchmarking</i> integradas de manera formal aportan ideas al equipo de trabajo.
Liberación de documentos de ingeniería	Integrado totalmente en el área. Todas las actividades se procesan bajo un foro formal desde el 2017.	100 %	Nulo. Los resultados de la aplicación se detallan en el capítulo 5.
Liberación de piezas en proveedores	No existe ninguna aplicación a la fecha.	0 %	Medio. La integración de las actividades resultará en una coincidencia de los proyectos, dependiendo de los tiempos de implementación de los mismos. Puede disminuir el riesgo de falla o incrementar su uso en caso de nuevos lanzamientos de productos, donde se asignan varias piezas de un único <i>commodity</i> a un proveedor.
Confección de <i>brochures</i>	Existe una aplicación básica, de forma corporativa, que recopila los cambios en función de cada nuevo lanzamiento de producto.	10 %	Bajo. Si bien los <i>brochures</i> no son documentos que puedan ser modificados fácilmente, integrados en la plataforma permiten coordinar y agrupar proyectos.
Entrenamiento de ingenieros	No existe ninguna aplicación a la fecha, aunque como actividad puntual, cada grupo de trabajo define de forma genérica las áreas de capacitación, con la premisa de que estén relacionados a las necesidades del negocio.	20 %	Nulo. El sistema planteado permite una visión del “estado del arte” dentro del área, esto es, los problemas actuales y las tecnologías utilizadas para resolverlos. En función de ello, se puede definir de manera precisa cuales son las necesidades de capacitación.

Tabla 4.4. Implementación de actividades y análisis de factibilidad. Fuente: elaboración propia.

Para las actividades que sí fueron integradas dentro del sistema, la liberación de documentos de ingeniería tiene dos vías por donde se ejecuta: documentación a nivel local, con integración de las áreas de Logística y de Manufactura, mientras que la vía global consiste en un foro de discusión entre la totalidad de las plantas.

Con el fin de lograr el compromiso de todos los miembros, se ha procedido a la difusión de los nuevos procedimientos dentro de las áreas en conjunto con el material estándar necesario para poder realizar las nuevas actividades.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1 Resultados obtenidos

En función del análisis del sistema aplicado y de los ejemplos brindados, se estima el impacto en el desempeño de las diversas áreas. Si bien deben encontrarse mejoras en otras áreas, algunas difíciles de cuantificar, conviene realizar un primer análisis en aquellas que sí son fácilmente verificables y que tienen un impacto directo para luego continuar con las áreas que se verán beneficiadas ante la implementación de un trabajo de este estilo.

Por parte de las áreas de desarrollo de producto, los resultados han sido destacables, a pesar de solo haber implementado una parte del sistema. Estos dos son la integración de las revisiones de diseño y el establecimiento de un foro único para la liberación de documentos de ingeniería.

5.1.1 Resumen ejecutivo de los resultados. Son presentados en la tabla 5.1:

Criterio de evaluación	Meta a alcanzar	Resultado obtenido	Observaciones
Primer criterio: Monetario	Incrementar la brecha entre ahorro vs costos de producto, en el orden del 20 % desde el año que se implementa la herramienta, año a año.	La brecha entre acciones de ahorro vs costos de calidad es de más de un 80 % a partir de la implementación de la herramienta.	Implementación en junio de 2019.
Segundo criterio: Eficiencia de las acciones de desarrollo	Incrementar el ahorro por acción implementada en un 25 %, año a año desde la implementación de la herramienta. Disminuir el costo de calidad por acción implementada en un 25 %, año a año desde la implementación de la herramienta.	El ahorro por acción implementada fue superior a un 25 % y la disminución del costo por acción de calidad fue de más de un 80 %, ambos contabilizados a partir de la implementación de dicha herramienta.	Implementación en junio de 2019.
Tercer criterio: Tiempo de ejecución de actividades	Reducción del 40 % del tiempo medio de procesamiento, año a año.	Contabilizando desde la implementación (marzo de 2017): Primer año: Reducción del 74 % Segundo año: Reducción del 43 % Tercer año: Reducción del 77 %	Observación y estimación directa desde las bases de datos electrónicas utilizadas para el procesamiento de documentos.

Tabla 5.1. Resumen ejecutivo de resultados. Fuente: elaboración propia

5.1.2 Resultados de revisiones de diseño. Esta actividad fue integrada parcialmente dentro del área. En la misma, se hizo foco en dos objetivos iniciales para poder analizar y definir cómo aplicar los rediseños: costo y calidad. Constan registros de implementación en tres subsistemas: componentes eléctricos, piezas de chasis y componentes de la carrocería (en general piezas de chapa). Si bien no se ha establecido como actividad general y mandatoria, bajo un sistema como está planteado en el presente trabajo, si se aplica en la actualidad para problemas complejos que requieren un análisis mayor y que generan un impacto en los indicadores en la misma medida.

El proceso realizado para las revisiones de diseño fue el de integrar los objetivos de costo y la calidad de producto bajo las mismas acciones, comenzando por mejoras puntuales en algunas piezas (correspondientes a piezas estampadas y sistemas eléctricos, a partir de junio de 2019).

Habiéndose establecido en el punto 3.4.1 (criterio monetario) los parámetros de calidad-costo, podemos comparar ambos para estimar la eficiencia del área. Como mejora general o integrada, se espera que los costos de calidad sean siempre menores a los ahorros generados por unidad producida. El comportamiento ideal sería aquel que indique que la diferencia entre costo y ahorro aumenta a lo largo del tiempo, desafiando la lógica del ciclo de vida del producto. Si se establecen soluciones que atienden ambos requerimientos, se puede incrementar la sinergia entre ambas dimensiones (calidad y costo) al discutir, en las revisiones de diseño, no solo mejoras puntuales, sino generales (ver figura 5.1).

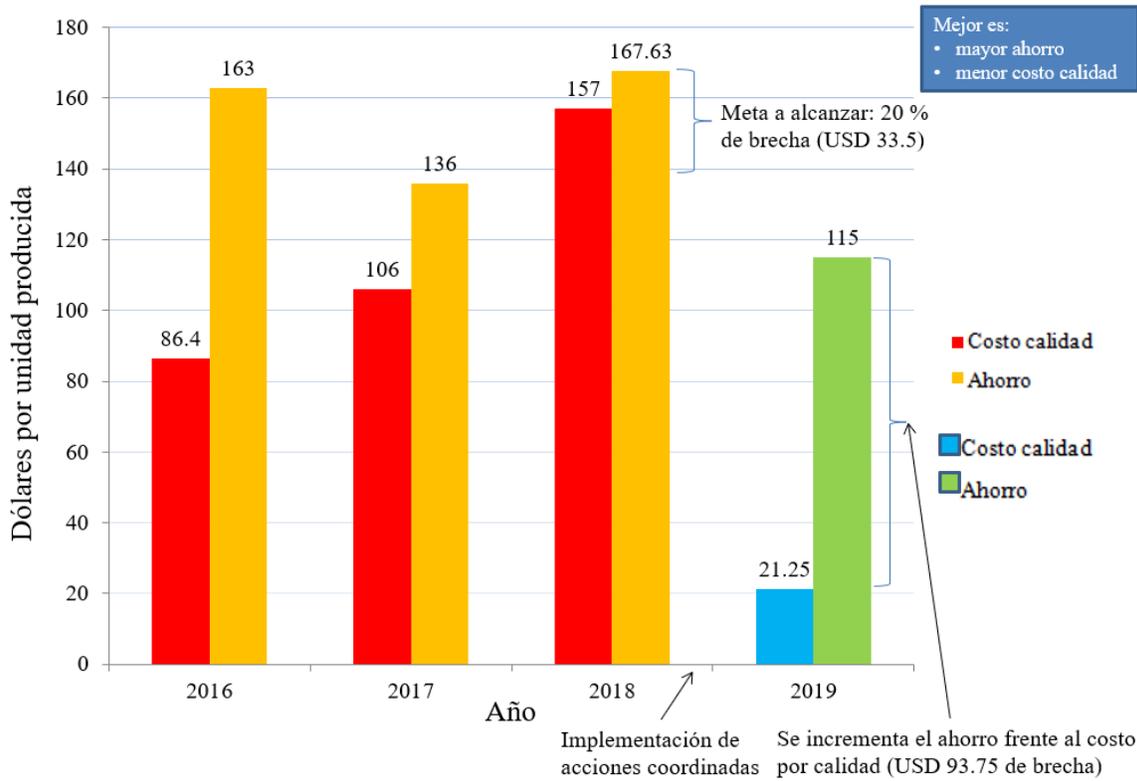


Figura 5.1. Comparativa de gastos por acciones de calidad y acciones de reducción de costos. Fuente: elaboración propia.

En la primera comparativa se aprecia que la diferencia entre costos de acciones de calidad y el ahorro generado por disminuciones del costo del producto se va reduciendo a lo largo de los primeros tres años. Sin embargo, cuando se integran las acciones, atendiendo a ambos objetivos, puede apreciarse cómo esa diferencia aumenta notablemente, lo que contradice la tendencia a capturar cada vez menos ahorro a lo largo del tiempo.

Para poder definir si este resultado se debió a la implementación de la herramienta o a otros factores enumerados en el punto 3.5, conviene detallar como fueron avanzando esos factores a lo largo del tiempo y si pudiesen colaborar a mejorar el resultado o empeorarlo. Para ello, conviene revisar la tabla 5.2:

Criterio de evaluación	Impacto de cada factor en los resultados				Meta a alcanzar
	Volúmenes de producción	Disponibilidad de alternativas	Factores macroeconómicos	Otros	
Primer criterio: Monetario	Disminuyó sucesivamente a lo largo de los años. 	No se emitieron nuevos productos de 2016, lo cual sostuvo la disponibilidad de re-diseños. 	La moneda se devaluó desde 2017, a su vez las tasas de interés para la toma de créditos se mantuvieron elevadas. El salario real disminuyó, mientras que los precios de los vehículos no acompañaron dicha baja. 	Desde 2017 la industria fue disminuyendo su utilización de capacidad instalada, para llegar a su piso de 40 % de utilización en la actualidad. 	Incrementar la brecha entre ahorro vs costos de producto, en el orden del 20% desde el año que se implementa la herramienta, año a año. Resultados: La brecha aumentó más de un 80 %

Tabla 5.2. Impacto de los factores externos a la implementación de la solución en los resultados monetarios. Fuente: elaboración propia.

Como bien se aprecia, los factores que afectan los resultados del área de desarrollo de producto solo pudieron haberlo perjudicado. Pero en contraparte, desde la aplicación de la herramienta se ve una sustancial mejora en la brecha de ahorro versus costo de calidad, debido a la ejecución de acciones coordinadas.

Por otra parte, haciendo un parangón con una línea de producción, es conveniente analizar el flujo de acciones de producto como si se tratase de sobreprocesamiento dentro de una planta (considerado uno de los siete desperdicios). En este caso, la eficiencia estará dada en relación con el impacto de cada acción. Se espera que, a menor cantidad de acciones, se conserve o se incremente el impacto de las mejoras en la calidad y de los costos en las áreas. Este dato servirá para estimar lo que indica el segundo criterio: eficiencia en las acciones de desarrollo.

A lo largo del tiempo, se ha reducido la cantidad de acciones de desarrollo de producto de forma sostenida. Si se separan las acciones de reducción de costo con las de mejoras de calidad de producto, las primeras se han sostenido a lo largo del tiempo (conservando la cantidad de acciones), mientras que las de costo se han visto reducidas, tal como se muestra en la figura 5.2:

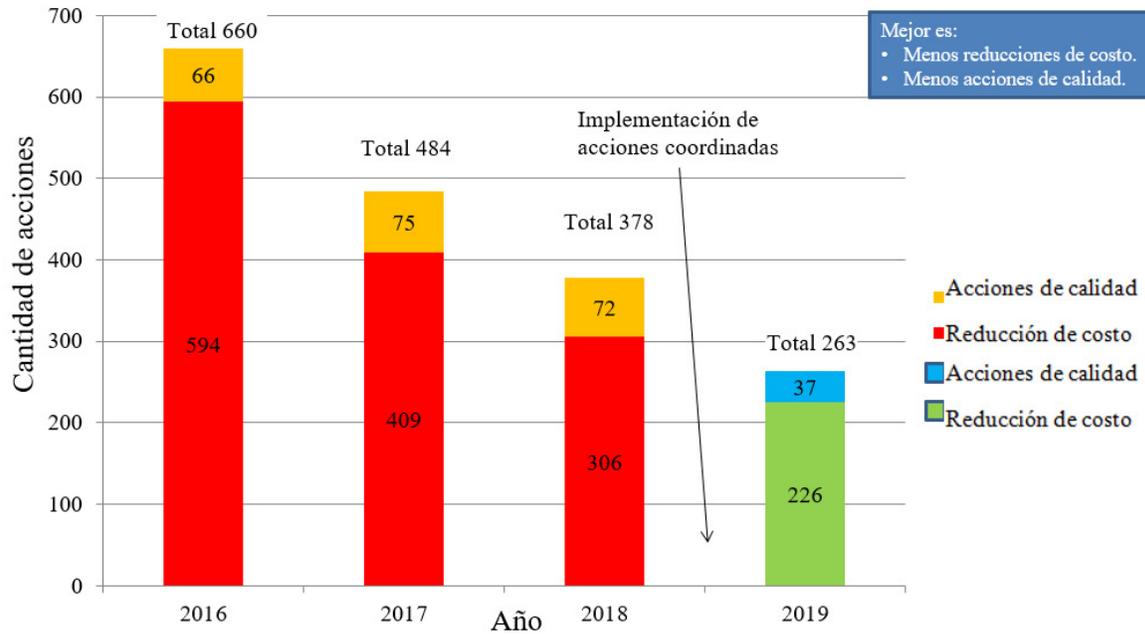


Figura 5.2. Evolución de la cantidad de acciones a lo largo del tiempo. Fuente: elaboración propia.

Esto indica que las acciones de calidad comienzan a integrarse con las de reducción de costo, incrementando el desempeño del equipo en general.

Finalmente, la comparación más notoria es la relación entre el peso relativo de cada grupo de acciones (detallado en el punto 3.4.2).

La tendencia esperable a lo largo del tiempo es que el costo de las acciones de calidad disminuya (al mejorar la calidad del producto), pero que también sean menores las reducciones de costo (al contar con menos oportunidades de reducción de costo).

Una pormenorización del costo unitario de cada acción puede encontrarse en la figura 5.3:

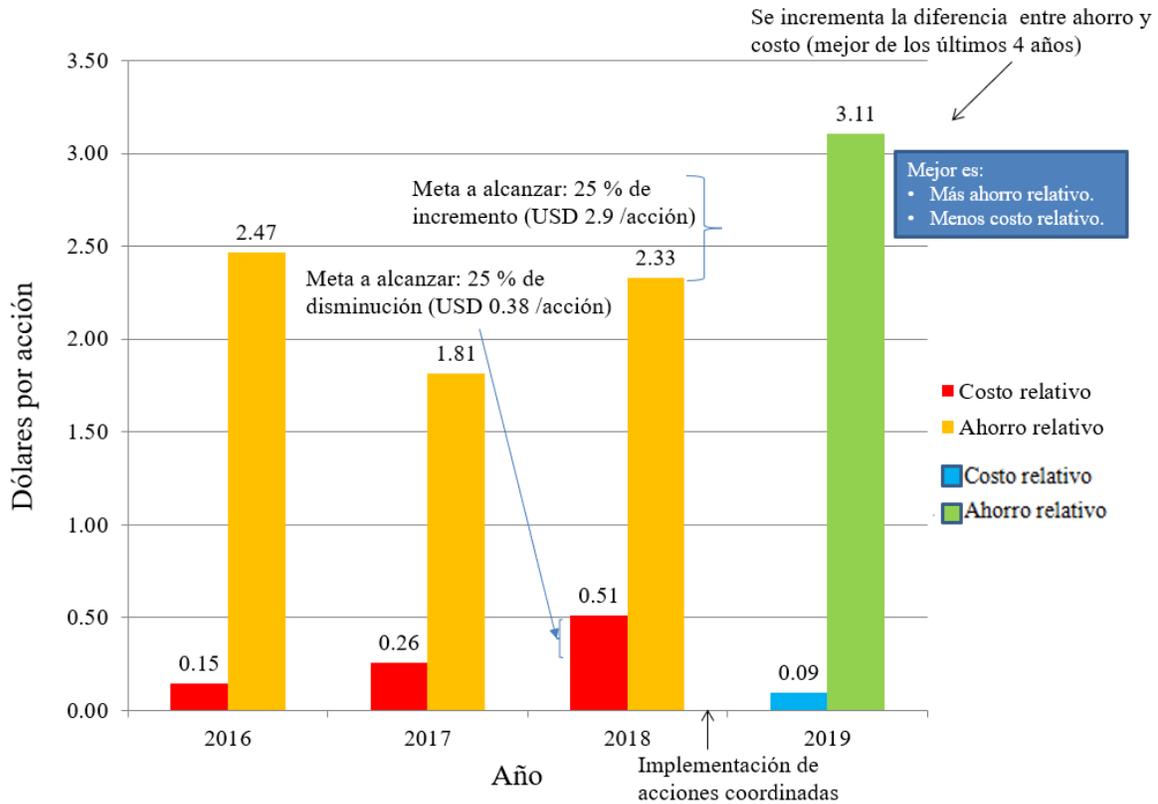


Figura 5.3. Comparativa de costo y ahorro relativo de cada acción. Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia en la figura 5.3, a lo largo de los años, el costo relativo de las acciones de calidad se duplicó (esto es algo negativo) mientras que las acciones de ahorro de costos tuvieron una tendencia a la baja (el mejor año de los tres primeros fue el 2016).

Finalmente, como se puede apreciar en las últimas dos columnas, el costo de calidad de producto disminuyó, pero no así las acciones de reducción de costo, que vieron su mejor desempeño en los últimos cuatro años.

Para explicar si dicha mejora se debió a la implementación de tal sistema, se ofrece la tabla 5.3:

Criterio de evaluación	Impacto de cada factor en los resultados				Meta a alcanzar
	Volúmenes de producción	Disponibilidad de alternativas	Factores macroeconómicos	Otros	
Segundo criterio: Eficiencia de las acciones de desarrollo	Disminuyó sucesivamente a lo largo de los años 	No se emitieron nuevos productos de 2016, lo cual sostuvo la disponibilidad de re-diseños. 	La moneda se devaluó desde 2017, a su vez las tasas de interés para la toma de créditos se mantuvieron elevadas. El salario real disminuyó, mientras que los precios de los vehículos no acompañaron dicha baja. 	Desde 2017 la industria fue disminuyendo su utilización de capacidad instalada, para llegar a su piso de 40 % de utilización en la actualidad. 	Incrementar el ahorro por acción implementada en un 25%, año a año desde la implementación de la herramienta. Disminuir el costo de calidad por acción implementada en un 25%, año a año desde la implementación de la herramienta. Resultados: > 25 % en acciones de ahorro < 80 % en acciones de calidad

Tabla 5.3. Impacto de los factores externos a la implementación de la solución en la eficiencia de las acciones de desarrollo. Fuente: elaboración propia.

Este desempeño solo puede explicarse por la aplicación de revisiones de diseño integradas, ya que el contexto general de la industria en el momento de la aplicación de esta actividad no era el más favorable para los resultados.

5.1.3 Reducción del tiempo de liberación de documentos de ingeniería (tercer criterio de evaluación). Este elemento si bien forma parte del sistema, ha sido implementado con anterioridad a la confección de este trabajo (puntualmente en marzo de 2017). El mismo fue tomado como una iniciativa para acelerar el procesamiento de documentos de ingeniería, ya que elevado caudal de estos llevaba a tiempos promedios muy por fuera de la media de la organización.

Una vez implementada esta actividad, se ha mejorado el tiempo de respuesta en la emisión de planos y en la liberación de documentos de ingeniería al hacer su seguimiento mediante un único foro. Previo a la incorporación de este seguimiento (marzo de 2017), un documento emitido en cualquier otra planta o centro de desarrollo de producto, que incluía la aprobación de fondos para inversiones en proveedores y modificaciones en los planos podía demorar hasta seis meses en ser emitido. Hoy en día, el plazo máximo de liberación de documentos es de cuarenta y cinco días, con un tiempo promedio de procesamiento de siete días (ver figura 5.4).

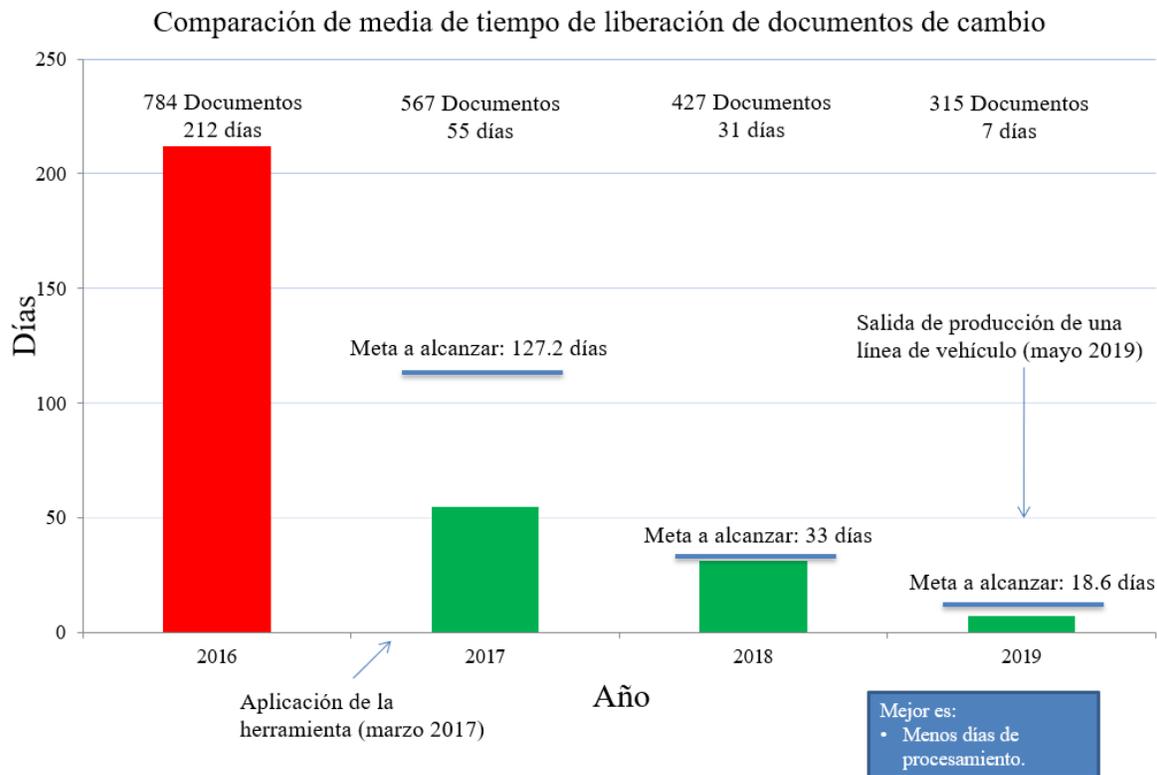


Figura 5.4. Disminución de la media de procesamiento de liberación de documentos de ingeniería. Fuente: elaboración propia.

Como se ve en la tabla 3.1, los factores externos enumerados no impactarán en el procesamiento de los documentos internos, siendo este dependiente en su totalidad del desempeño de los ingenieros del área.

5.1.4 Identificación de mejoras adicionales. En otras áreas, se han podido implementar mejoras en los procesos y se han eliminado problemas de raíz en las áreas de manufactura (muchos de estos problemas de ergonomía) al permitirse la incorporación de modificaciones en los diseños de los productos. Esto ha acompañado la disminución de los litigios dentro de las plantas por parte de los gremios de empleados al poder subsanarse condiciones subestándares de montaje mediante esta vía (cabe mencionar que no todos los problemas ergonómicos pueden resolverse de esta manera, ya que muchos son atribuibles a la disposición de las instalaciones, por ejemplo, las fosas de trabajo para el montaje de piezas en la zona inferior del vehículo).

En lo que respecta a los clientes, el uso de este sistema ha permitido el despliegue de soluciones de forma relativamente rápida. Anteriormente, las situaciones en donde resultaba imposible aplicar una acción de contención y debía solucionarse un problema mediante una acción de diseño, esta se ejecutaba a costos muy elevados, con eventuales paradas de línea de producción o mediante retrabajos en planta, que, en ocasiones, duraban meses. En la actualidad, los plazos de implementación de cambios en los proveedores han mejorado en función de la liberación de

documentos, por lo que se pudo, de esta forma, aplicar los cambios de diseño en plazos mucho más cortos y facilitar la remoción de acciones de contención.

Finalmente, la facilidad que otorga este sistema para conocer el producto de manera profunda brinda a los ingenieros la capacidad de identificar piezas comunes entre familias de productos, pudiendo ofrecer alternativas de cambios de productos en caso de ocurrir alguna demora en alguna entrega por parte de un proveedor. Este conocimiento es lo que marca la diferencia entre una planta detenida y otra funcionando, más allá de tener piezas faltantes o que deban reemplazarse una vez que el producto salió de la línea de montaje.

5.2 Actividades pendientes de implementación

Las actividades que aún no han sido implementadas dentro del sistema (aunque algunas se ejecuten para sostener la operación de forma independiente) son cinco:

- *Benchmarking*: Las iniciativas de *benchmarking* deben estar apoyadas en la necesidad de información del área, a requerimiento de los ingenieros y del negocio. Si bien se puede sostener inicialmente en diversos foros o repositorios de información, integrarla para todas las funciones es la mejor opción. Las actividades de *benchmarking* descoordinadas, si bien han tenido buenos resultados, podrían haber sido mejores (esto es, obtener más información y de mejor calidad) si eran ejecutadas como una actividad centralizada.
- Liberación de piezas en proveedores: Coordinar las actividades de liberación otorga menores tiempos de desarrollo y costos reducidos de validaciones y ensayo, aunque estará atado primordialmente a la cantidad de piezas a desarrollar por el mismo proveedor, y su capacidad de desarrollarlas. Esta actividad, al escapar en gran medida del alcance de desarrollo de producto, es la que tiene menos oportunidades de prosperar.
- Confección de *brochures*: Al ser un documento netamente desarrollado por ingeniería de producto, el estar al alcance de toda el área, permite una mejor especialización y definición del producto y los diseños a desarrollar. Su aplicación puede ser hecha de forma inmediata, con pequeños ajustes en las agendas de trabajo de las áreas, o la colocación de un foro de discusión.
- Entrenamiento de ingenieros: han existido iniciativas de integración de entrenamientos en función de las necesidades del área, que por diversos motivos explicados en el punto “dificultades encontradas”, no han podido sostenerse en el tiempo. Son documentos relativamente fáciles de implementar, que pueden ser liderados por algún jefe del área, y en relación con las necesidades del negocio. En la actualidad, cada equipo de trabajo lleva su agenda de capacitaciones de forma particular, no existiendo dicha actividad de forma integrada.

- **Análisis de planos y piezas físicas:** La implementación de esta actividad se hará en relación con diversos factores, a saber: conocimientos técnicos de los equipos de trabajo, disponibilidad en las agendas y necesidades según cada objetivo de trabajo. Si bien exige una coordinación mayor, ya que los componentes y planos a analizar deben ser los mismos, se puede lograr una nivelación de los conocimientos de los miembros mucho mayor.

5.3 Dificultades encontradas

La posibilidad de implementar este tipo de sistemas en su totalidad se ha visto perjudicada debido a las reducciones de personal que han sucedido en la industria en los últimos tiempos, puntualmente en las áreas de desarrollo de producto.

Si se considera la crisis económica de los últimos años, donde la baja en los volúmenes de producción fue desmedida (del orden del 50 % en el período interanual 2018-2019), muchas compañías se han visto forzadas a reducir costos, ya sea variables (mediante la salida de producción de algunos modelos) y fijos (concretamente, reducción de la planta de empleados) no siendo las áreas de desarrollo de producto una excepción a esto.

Dependiendo de la compañía, la reducción de personal en las áreas de desarrollo de producto alcanzó el orden del 50 % del total de los miembros, por lo que ocurrió una vasta reorganización en las tareas ejecutadas.

Debido a la reducción de la oferta de modelos en el mercado que mermó en las fábricas la mano de obra directa, en algunos casos, se recortó el servicio de estas áreas a las de manufactura. Este recorte de actividades llevó a un paro total en las implementaciones de nuevos sistemas de desarrollo de producto hasta tanto no se estableciera, nuevamente, el flujo de información necesario para trabajar en estas áreas.

Ha sucedido también que muchos modelos futuros hoy en día tienen su departamento de desarrollo de producto fuera de las plantas donde está proyectada su fabricación (generalmente, en Brasil o países tales como Turquía o Tailandia, dependiendo de la compañía), por lo que muchas de las novedades de los vehículos que van a fabricarse (sobre plataformas nuevas) no se conocen, lo que dificulta el traspaso de información y la transferencia de tecnología necesaria para lograr un sistema eficiente.

Por otra parte, un factor que ha complicado las actividades de desarrollo de producto, y que la aplicación de determinadas herramientas de este sistema ha colaborado a la toma de decisiones respecto de estas, es la elevada devaluación de la moneda local. Esto ha provocado que los análisis y estudios de negocios tengan que actualizarse cada plazos ridículamente cortos, de dos o tres meses, a fin de determinar si una idea de reducción de costo sigue siendo viable de ser

implementada o no. De la misma forma, las acciones de calidad, que en otro momento tenían costos poco significativos en el producto, comenzaron a tomar una relevancia mucho mayor. El lector podría suponer que una devaluación puede colaborar con una reducción de la oferta de precios de piezas locales, pero debe considerarse también que, en caso de materias primas importadas, esto se ve impactado de manera considerable.

Otra de las dificultades halladas para la implementación de este sistema es la complejidad que se genera al momento de conseguir información dentro de los sistemas. Muchas plataformas de bases de datos migraron durante el desarrollo de esta solución y debieron migrar constantemente de fuentes. Esto deriva en tareas tediosas de búsqueda y compilación de datos que complican el uso de estas herramientas. Sin embargo, el uso de herramientas tales como macros o reportes estandarizados ha subsanado en alguna medida esto último.

Uno de los problemas de las compañías globales, aunque menor, debido a la flexibilidad horaria y a la capacidad de contar con tecnología móvil, es la diferencia horaria que puede existir entre las distintas plantas, lo que limita la interacción, hace perder tiempo en explicaciones escritas vía correo electrónico y restringe la comunicación telefónica, que, a los efectos prácticos, resulta mejor para comprender o explicar un problema técnico (la mayor ganancia está en no redactar un correo por cada problema, limitando por esta vía solo la transferencia de imágenes en conjunto con una breve descripción).

Finalmente, las cuestiones culturales para superar se hacen evidentes al momento de plantear esta clase de sistemas. Se debe considerar que este trabajo es la aplicación de un sistema utilizado bajo el ámbito de la producción, donde existen cadencias de tiempo y requerimientos que deben ser cumplidos y para los cuales no hay lugar a la apertura de discusiones. Cuando migramos esto al ámbito de desarrollo de producto, donde se utiliza otro tipo de prácticas y la información es el bien más valioso, existirá un debate que en ocasiones puede terminar resultando improductivo (ya sea por no contar con la información precisa y detallada o por no tener un correcto dominio de los problemas que pueden suceder en una planta).

5.4 Aspectos positivos

Se encontraron diversos factores que han motivado a la aplicación de este tipo de herramientas y que colaboran a un mejor ambiente de producción laboral en este tipo de áreas.

Uno de estos aspectos es que invitan al ingeniero responsable a profundizar en los conocimientos al abrir el frente de los objetivos de trabajo. Ya no se debe cumplir con una actividad u objetivo, sino que se debe trabajar para una organización que, al fin de cuentas, debe rendir cuentas por todos los aspectos de un producto. Este balance entre profundización técnica e

integración de producto es uno de los factores principales que se discuten en las revisiones de diseño de producto a nivel general dentro del área y convoca a la participación de todos los ingenieros para que cada uno haga su aporte desde los aspectos importantes. Cabe mencionar que esto ocurría anteriormente solo cuando, por un tipo de proyecto de mejora o idea era lo suficientemente importante (en cuanto al costo o a la calidad del producto) como para involucrar a todos los miembros de un sistema.

Por otra parte, uno de los aspectos más notorios es la integración de las áreas de manufactura al desarrollo de producto, donde antes las reuniones tenían términos de confrontación o derivaban en discusiones entre ingeniería de producto-manufactura, para imponer cada uno su punto de vista. En la actualidad, el consenso entre las áreas (*nemawashi*) es fundamental a la hora de proceder con cualquier modificación de diseño.

5.5 Aporte generado

La aplicación de herramientas de mejora de procesos en áreas ajenas a la manufactura hace años que está tomando fuerza en diversas compañías, pero la dificultad de traducir estas herramientas que tienen una aplicación sumamente práctica a las áreas donde los procesos son administrativos o creativos impide, de alguna forma, un despliegue total.

Brindar una solución para la aplicación de estas herramientas (sin considerarse como la única posible) es un abordaje diferente para la problemática de desarrollo de producto mucho más cercana a las plantas de producción y a los proveedores. Poder incluir estos agentes brinda una postura mucho más holística del diseño, tomando un sentido mucho más importante que el de solo intentar mejorar la percepción del producto para los clientes.

Por último, la integración mediante el uso de la teoría general de los sistemas facilita la aplicación en una planta que actualmente ya utiliza esto para sus elementos de producción, por lo que el lenguaje tácito del uso y de la interpretación de estos sistemas resulta mucho más sencillo. En la experiencia del autor, poder identificar aquello en lo que las áreas se destacan y establecer metas realizables son los elementos principales para alcanzar la excelencia de los equipos de trabajo, apoyado en un sistema que obliga a llevar de forma disciplinada cada actividad.

5.6 Conclusiones

Los resultados presentados demuestran que los elementos de integración pueden proveer una mejora del desempeño del área, fomentando, de esta forma, la aplicación y el uso de este tipo de herramientas.

Si bien la implementación resultó parcial, siendo solo algunos *commodities* los que fueron afectados por este tipo de mejoras, los resultados nos indican claramente que, mientras se

incrementalmente el uso de este tipo de herramientas que sirven para ordenar e integrar las actividades de desarrollo de producto dentro de las plantas productivas, se pueden lograr mejoras del rendimiento mucho más importantes.

En función del negocio actual y ante el panorama macroeconómico en la región (al momento de ser escrito este capítulo, la economía mundial se encuentra detenida a causa del COVID-19), debe considerarse el desarrollo de producto en las plantas productivas como una actividad central del negocio por las ventajas que esto puede brindar.

La aplicación de herramientas y de sistemas que permitan la mejora del desempeño de estas áreas alineadas con los objetivos generales de una compañía resultan necesarias y obligatorias para mantener productos en el mercado de forma competitiva.

Sin embargo, esto no puede suceder si no existe el apoyo por parte de la dirección para poder alinear los procesos bajo esta clase de sistemas de trabajo. Para mantener esta clase de aditamentos vigentes en estas áreas, se necesita un compromiso y una disciplina por parte de los miembros que solo la Gerencia puede exigir.

Si bien puede resultar tedioso en un principio el uso de este sistema —o para alguno de los miembros puede parecer una forma diferente de presentar la información—, los beneficios del uso de este tipo de herramientas se pueden apreciar a corto plazo.

Aun así, es necesario capturar los ejemplos de virtuosismo en el uso de estos sistemas para demostrar los resultados que brinda a toda la organización y cómo un ejemplo crítico de mejora que, a diferencia del uso de técnicas de 5S, en donde una mejora se puede capturar mediante la toma de una imagen previa y una posterior, aquí por cuestiones lógicas, esto no puede hacerse.

5.7 Futuras líneas de trabajo

La primera línea de trabajo que se desprende de este análisis es lograr un despliegue total de este sistema en las áreas actuales de desarrollo de producto. Si se considera que esta área puede verse mejorada notablemente en su desempeño apenas implementando algunas actividades, es un desafío estimar cual será el impacto general en la organización si se aplicara completamente.

Actualmente, se encuentra bajo implementación el sistema de unificación de actividades bajo el presente formato, el cual se irá desplegando por etapas hasta alcanzar a toda el área (ver tabla 5.4).

Tarea/Mes	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21
Análisis de actividades actuales de los procesos de desarrollo de producto	X	X													
Conformación del sistema e identificación de actividades claves			X	X	X										
Despliegue inicial						X	X								
Evaluación del impacto inicial								X							
Despliegue intermedio									X	X	X				
Evaluación del impacto a medio plazo												X			
Despliegue final e integración dentro de un único sistema													X	X	
Validación final de la herramienta															X

Tabla 5.4. Cronograma de implementación final del sistema.

Por otro lado, se deberá explorar la integración de los proyectos con las estrategias de materiales a nivel global. Si bien existen algunas iniciativas para esto, resulta muy útil contar con esta información, ya que estos elementos evitan posibles desentendimientos entre las acciones de planta con las ideas globales. En nuestra experiencia, han sucedido cambios de diseño sobre proyectos que estaban en pleno desarrollo y estas modificaciones fueron ejecutadas por otras plantas o por estrategias de compras de *commodities* que pusieron en riesgo el éxito de estos.

Finalmente, la integración de este tipo de herramientas y conceptos presentados alientan a las organizaciones a implementar esta clase de metodologías no solo para cada departamento o área interesada, sino que, a una escala superior, pueden ser diseñadas y desplegadas mediante una estrategia general que responderá de forma más concreta a los intereses institucionales.

Una futura línea de trabajo es un análisis holístico de esta clase de sistemas estratégicos implementados en organizaciones que realicen actividades de desarrollo de producto.

ANEXO 1: Design Review Based on Failure Mode to Visualize Reliability Problems in the Development Stage of Mechanical Products

Abstract: The concept of Mizen-Boushi (reliability problem prevention) has been applied to automotive development. A quality innovation process GD3, which means Good Design, Good Discussion and Good Design Review, has recently been developed. Authors planned to utilize a System Design Review during development, in which we discuss potential failure modes, root causes and examine parts drawing and prototype parts designs using the DRBFM (Design Review Based on Failure Mode) method. This paper will introduce the specific framework of the System DRBFM as a universal Mizen-Boushi method, which can be utilized for the discussions of a complex system to parts or elements with hierarchy block diagrams of product and management. Case study of the System DRBFM for development of the Electric Power Steering system (EPS) is demonstrated, which visualizes details of practices and possible concerns by participants. System DRBFM can then previously visualize latent problems in hierarchical structure of design products in the development stage.

Keywords: Reliability, System, System Management, Management Engineering, FTA, FMEA, GD3, System DRBFM, Creativity.

Hirokazu Shimizu Toyota Motors, 1, Toyota-cho, Toyota, Aichi 471-8572, Japan E-mail: hirokazu_shimizu@mail.toyota.co.jp Yuichi Otsuka Department of Mechanical Engineering Science, Kyushu University, 744 Moto-oka, Nishi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 819-0395, Japan E-mail: otsuka@vos.nagaokaut.ac.jp Hiroshi Noguchi* Faculty of Engineering, Kyushu University, 744 Moto-oka, Nishi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 819-0395, Japan Fax: 81-92-802-0001 E-mail: nogu@mech.kyushu-u.ac.jp

Biographical notes: Hirokazu Shimizu received his PhD in Mechanical Engineering at the Kyushu University in Japan. He is a Senior Engineer at Toyota Motors. His research interests include proactive prevention methods in design processes and robust design. Yuichi Otsuka is a Post-Doctoral fellow at the Kyushu University, Japan. He received his PhD in Engineering at the Kyushu University. His research interests are safety system, safety management and theory of complexity. Hiroshi Noguchi is a Professor of Faculty of Engineering, Kyushu University. He received his Doctor of Engineering at Kyushu University. His research interests are strength of materials, applied physics and safety system.

Reference to this paper should be made as follows: Shimizu, H., Otsuka, Y. and Noguchi, H. (2010) 'Design review based on failure mode to visualize reliability problems in the development stage of mechanical products', *Int. J. Vehicle Design*, Vol. 53, No. 3, pp.149–165.

Introduction

A number of accidents have been recently reported that resulted from poor reliability of technology and quality management. The subsequent problem is that these reported accidents are considered avoidable, in which the causes are already known, and it was possible to take countermeasures. In other words, if these causes are found in the design stage, almost all of the accidents could be prevented. Therefore, it is important to find the way of problem finding in the design stage to prevent avoidable accidents.

Once a problem occurs by a manufacturer, damage by the problem causes not only a financial loss, but also a reduced reliability and brand image for the maker. It is extremely difficult to restore the poor reliability and image. Also, in the automobile manufacturing industry, each maker has taken much effort to manufacture more reliable product in a shorter development period, in response to the rapid request by the market. To achieve this purpose, each designer should prevent in advance (Mizen-Boushi) possible problems in the short term. If designers' errors cannot be found in the design stage, they result in enormous loss such as recalls and damage lawsuits.

There are various approaches in order to effectively find latent problems in a design stage. Wright (Wright, 1997) reviewed the process of managing engineering changes in a product. He argued that effective process of visualizing the effect flow by the engineering changes through a design process is much important to analyze their effect of product's quality. Tavcar and Duhovnik (Tavcar, 2005) discussed the contents of checklist for the purpose of evaluating the efficacy of engineering change management in one organization. Their list do not include the details of estimating potential errors in the changes. Lee et al. (Lee, 2005) simulated the delay in a schedule by errors in engineering changes on the assumed error rates, which is helpful in scheduling constructive project. Lee et al. (Lee, 2006) developed CECM (Collaborative environment for Engineering Change Management). The system is web-based database archiving related documents to engineering changes. They also considered the ontology model of automobile product, which is helpful for designers to search similar cases as a current case he considers. Eckert (Eckert, 2006) discussed the various methodology to visualize risks involved in engineering changes; risk matrix, cascade model of effect propagation by changes and Component connection network. They pointed out the critical path if risk by the engineering changes should be visualized by using the discussed methods in order to secure the reliability of the considering products.

On the other hand, Huang investigated the Hong Kong industrial company for its situation of using engineering change management system (Huang, 1998, 2003). Though ISO guideline of engineering change management has already published, the company only introduced paper-based system using their original forms, which has difficulty in searching a specific related document to concern potential errors in a current change. Huang also developed a web-based design review system (Huang, 2001, 2002, 2004) to discuss effects of engineering changes, which is helpful to preserving the detailed contents of the reviews. Peng and Trappey (Peng, 1998) proposed a data model of a product compatible to ISO. Bouikni also developed a design review system based on the concept of Product Features Evolution Validation Model (PFEV) (Bouikni, 2006) to discuss the effect of changes in design stage. However, they discussed little in defining engineering changes and in finding errors involved in the changes through a design review process. Moreover, it is little considered that the method of using the data of engineering changes is important to determine a proactive solution to risks from the changes themselves or the errors involved in design review process. Once a product including engineering changes has released, the product should become a reliable product model in service if no troubles occurred after the release. When designers develop a new product, they define from the engineering changes on the basis of the past reliable product design. If an organization fails to update the reliable product model, the designers must check risks in engineering changes with no standard and it probably suffers both reliability of products and efficiency of product design. It is indispensable to prepare the contents about past reliable data and checklist (reliability test for the considered possible failures) in order to allow designers to concentrate on considering the new risk from current changes.

The authors proposed DRBFM (Design review Based on Failure Mode) (Shimizu and Yoshimura, 2004) framework to meet the above needs. At first, definition of Good Design (Gd: design features-function), which means the reliable products data in past service, is necessary to specify a sufficiently reliable design conditions of a product. However, designers need to change some conditions from GD, because they should develop new model to satisfy consumer's needs. In this case, engineering changes involves the following two styles; intentional changes in product design features and incidental changes in service environment. Comparing the changes with GD allows the designers to concern possible failures by the changes. After the prediction, the review process is conducted to check whether all possible failures are considered and errors in the solutions for them exist. After the DRBFM process, the data of the developed model is added in the contents of GD. This framework can be effective in continuous design change management in the automobile company.

In the previous report, we pointed out the necessity of a problem solving process of proactive prevention that includes finding latent problems in design drawings, taking specific measures to correct them and improving the design ideas (Shimizu and Yoshimura, 2004; Shimizu and Noguchi, 2003). This paper proposes the advanced DRBFM process for considering the entire structure of the developing product. We firstly discuss the basic concept of proactive prevention GD3. The procedure of advanced DRBFM, called System DRBFM, is then presented. A case study of the System DRBFM for the Electric Power steering System (EPS) certifies the validity and effectiveness of our proposal.

Problem solving, recurrence prevention and proactive prevention (Mizen-Boushi)

Figure A1.1 shows the management cycle of problem finding and prevention that involves problem solving, recurrence prevention and proactive prevention (Mizen-Boushi). The necessity of proactive prevention has recently been emphasized to improve product reliability. However, the difference between the contents of recurrence prevention with those of proactive prevention has only been slightly discussed. The proactive prevention cycle is composed of the three main parts.

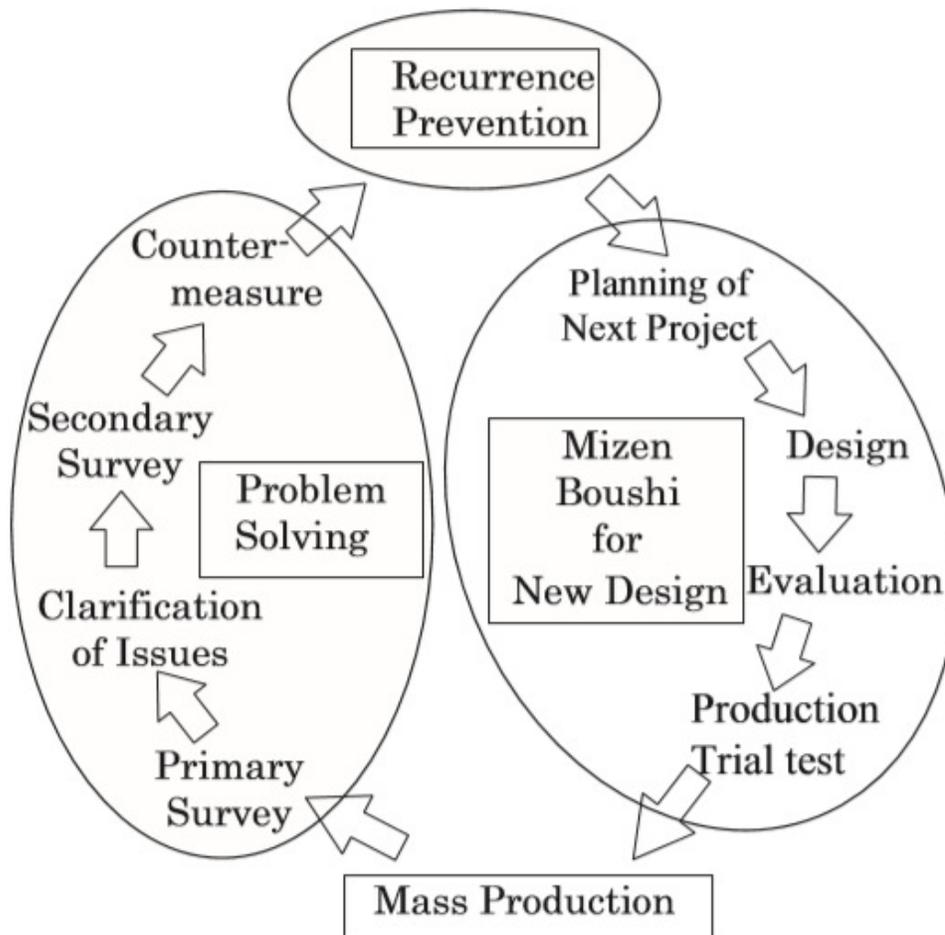


Figure A1.1. Mizen-Boushi cycle for the basic concept of the management system to prevent reliability problems in the design stage.

- Problem solving: To take technical measures for the observed problems.
- Recurrence prevention: To establish a design management system for preventing recurrence of the noted technical problems.
- Proactive prevention (Mizen-Boushi): To find latent problems in a new design or design change.

The main task in the problem solving stage is to find the technical causes of the specific problems. If a past considered failure list and solutions for them (contents of reliability checklist) are prepared, designers are able to make a solution for them routinely. Otherwise it loads for the designers to predict failures and its causes by themselves.

The task in the recurrence prevention stage needs to involve the establishment of a design management system for prevention rather than a high technical solution. To establish the recurrence prevention system, the organization must arrange the design standards, reference system for past troubles and design procedure including the utilization of these tools.

On the other hand, it is necessary for designers to have the ability of problem finding, which means that they can predict and notice possible problems in the proactive prevention stage. Exactly the same problem as those in the past rarely occurs. The designers should then predict a similar

problem such that their causes are already known but the problem itself has not previously occurred. The aspect of proactive prevention is subsequently different from those in the stages of problem solving and recurrence prevention as already mentioned (Yoshimura, 2003).

To accomplish proactive prevention, it is indispensable for the designers to reminisce about past reliable designs of the products, which are used in practical service for a certain period. However, the designers cannot resemble exactly the same design as in the past when they are engaged in new products or design changes. Therefore, it is necessary to prepare a specific procedure for the design review process to stimulate the creativity of designers to help finding the latent problems. The design review process probably includes a reference to past reliable designs, consideration for the changes from those designs and finding possible problems by comparing the differences. In considering the hierarchical structure of the new product; system-sub system-components-parts, the structure contains the parts or components or sub-systems that possesses the almost same functions as those in the past design. Designers can define engineering changes in appropriate level of product's structure by considering the hierarchical structure of past design. Subsequently they analyze risks in the changes and errors in solutions for them, in order to take sufficient measures for the changes from GD, which judges whether the conditions of the new product model containing engineering changes can be regarded as the GD (a past reliable design in a practical service condition).

GD3; Basic concept of proactive prevention

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) (Stewart and Melchers, 1996) and Fault Tree Analysis (FTA) (Stewart and Melchers, 1996) have been typically utilized in a design review to prevent reliability problems. However, the results of these methods are not always connected to practice measures that the designers can understand what to execute or evaluate. The reason for these interruptions is that the contents of the measures are often too abstract to allow designers to consider specific changes in the design or the evaluation. Therefore, formal practice of FMEA, which has lost their contents, becomes less effective in considering reliability of the product design.

The authors then introduced the GD3 concept (Yoshimura, 2002) toward the basic management concept of problem finding in the design review stage. The GD3 concept includes three main parts.

- Good Design: To specify the design conditions of a reliable product that is used in practical service for a certain term and to keep these conditions for another design.
- Good Discussion: To discuss and find latent problems by the difference in current design from the Good Design. Because designers cannot avoid deviating from the Good Design in the case of a design change or new design to achieve new requests by the market. Designers should then notice the deviation and find the problems caused by the changes using the discussion with the necessary expertise.
- Good Design Review: Specific process for design review including problem finding and determining countermeasures for it.

With this concept, designers can note the safe condition of the designs and find their latent problems in the design change. We have developed the Design Review Based on Failure Mode (DRBFM) (Shimizu and Yoshimura, 2004) to arrange the design review procedure according to the GD3 concept.

Design Review Based on Failure Mode

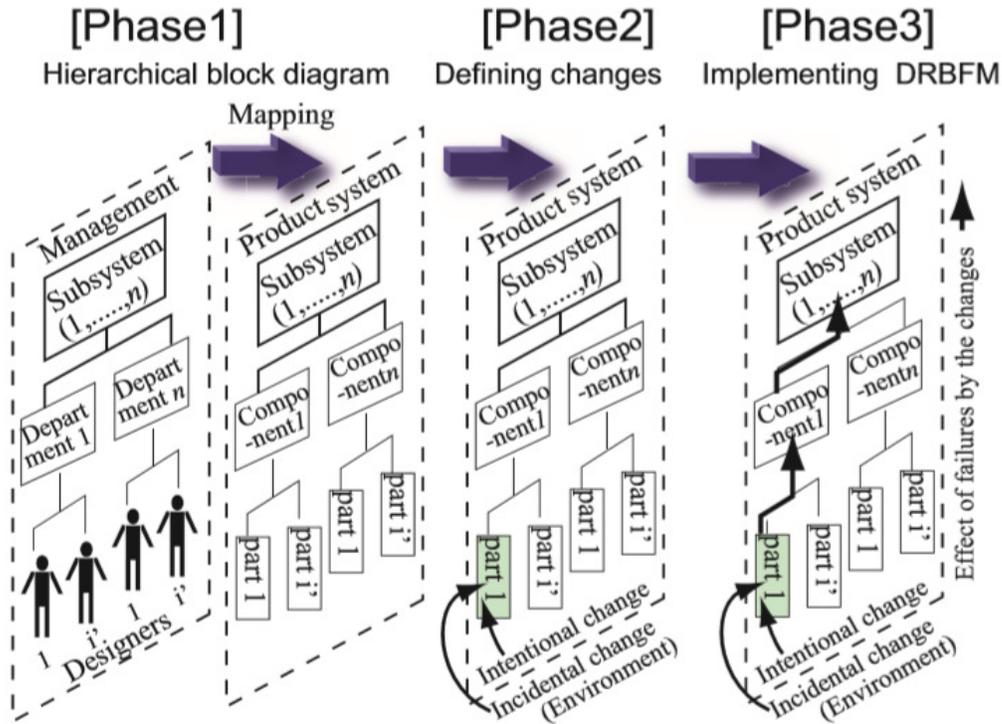
The execution procedure for proactive prevention in the design stage must include the process of visualization for the structure and phenomena, problem finding using the visualized phenomena and problem solving for finding the possible failure causes. However, the procedure using conventional methods such as FMEA and FTA is not specified and also depends on the participants' experience. This is because these procedures are not focused on finding the problems and obviously involves its procedure. On the other hand, our proposed process is obviously based on the GD3 concept for proactive prevention (Yoshimura, 2002). Furthermore, its procedure includes the problem finding process from intentional changes (Shimizu and Yoshimura, 2004) (design change by the designers) and incidental changes (Shimizu and Yoshimura, 2004) (the changes in the service environment not caused by the designers). For this aspect, our procedure possess a valid effectiveness for problem finding rather than those of conventional processes (Shimizu and Noguchi, 2003). Details of DRBFM procedure are then discussed as follows.

Figure A1.2 shows the columns from DRBFM work sheet. Each column is filled according to the sequential finishing of each stage. In the beginning, the structure of the designing product and its functions of each element are specified by the drawings and tables. Next, the intentional and incidental changes are presented by the designer. Each participant compares the changes from the "Good Design" condition and predicts possible failures due to the changes. Furthermore, the technical causes of possible failures are analyzed according to a brain storming discussion. Finally, measures to design, manufacture and evaluate of all of the considered technical causes are determined. This process can be the typical process of actualizing the formal knowledge from the potential or tacit knowledge of the participants' subjectivity. Furthermore, the entire discussion is aimed at stimulating the participant's creativity (Simozyo, 2003; Ichikawa, 2003; Shiba, 2003) for helping with the problem solving.

Item Name / Change Points	Function	Concern Points regarding Change (Failure Mode)		When and How Concern Points appear		Effect to Customer (System)	Importance
		Potential Failure Mode due to Change	Any Other Concerns? (DRBFM)	Root Cause / Dominant Cause	Any Other Consideration for Cause? (DRBFM)		

Current Design Steps to avoid Concerns (inc. Design Rule, Design Standard & Check Items)	Recommended Actions (Results of DRBFM)						Action Results
	Items to reflect in "Design"	Resp. & Dead-line	Items to reflect in "Evaluation"	Resp. & Dead-line	Items to reflect in "Production Process"	Resp. & Dead-line	

Figure A1.2. Columns in DRBFM worksheet.



Figure

A1.3. Entire procedure of system DRBFM process.

System DRBFM

The system is composed of a hierarchical set of components in order to achieve the requested function (Von Bertalanffy, 1968). The system involves complex interactions among the components and the components between classes. To develop a comprehensive proactive prevention procedure that considers the entire hierarchical structure from the element of a product to whole system, its consideration process must be specified in DRBFM process. We then improved the DRBFM process to the System DRBFM, which considers entire structure of products in practical use.

In the another report (Shimizu and Yoshimura, 2004), the authors developed the DRBFM process according to the product development flow. We then improved the process in order to consider the hierarchical structure of the products. The whole procedure of the System DRBFM process is shown in Figure A1.3. The utilization tools in the System DRBFM include the hierarchical structure map of the products, the intentional and incidental changes table and the DRBFM work sheet. If necessary, a fault tree diagram is added in order to analyze the cause of specific failure. The details of each process in Figure A1.3 are shown in the next sections.

Phase 1: Determining the participant and hierarchical structure of the product. In the beginning, the hierarchical structure of the product must be determined in Figure A1.4. Many of the incidents due to the insufficient communication between sections or persons have been reported (Von Bertalanffy, 2001; Hatamura, 1996). Therefore, it should be noticed that the function of connection among the sections and persons are considered to prevent insufficient communication, as shown in Figure A1.5. In the automobile industry, an electric control to achieve various kinds of design requests has recently been utilized. It is then important to consider what expertise, such

as parts' functions, manufacturing, software development and design maker, are necessary for the System DRBFM. Once the necessary expertise has been determined, participants including designer, expert reviewer and authorized professional adviser who possess excellent experience and techniques for the specific product are easily selected.

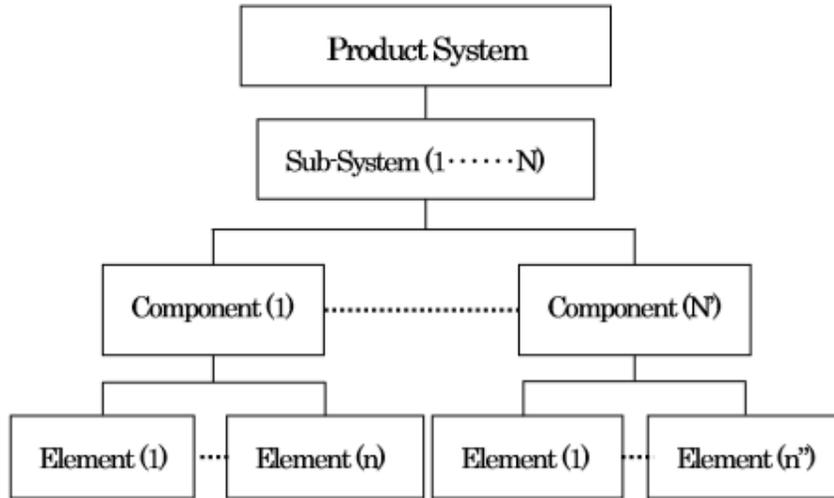


Figure A1.4. Hierarchical block diagram of product structure.

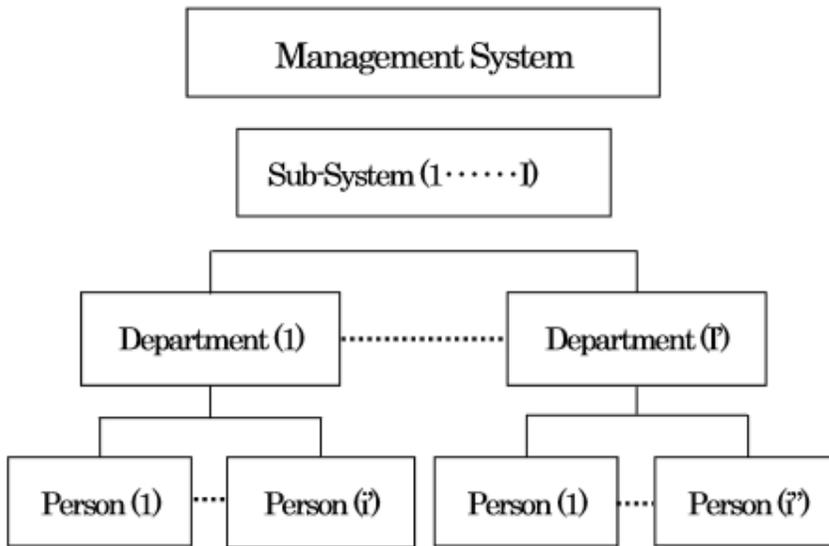


Figure A1.5. Management structure of design corresponding to the charge of the product structure.

If a failure of selecting the expertise occurs, the result of the System DRBFM significantly suffers. To prevent this failure, it is indispensable to specifically determine the hierarchical structure of the system in Figure A1.4. The hierarchical structure of the system that includes the system, sub-system, components and elements are determined using the parts tables by the designer. Furthermore, charges for each block in Figure A1.4 should correspond to that in Figure A1.5. This is because the reviewer for the specific components or element will be easily selected by the relationship between Figure A1.4 and Figure A1.5.

Modified Item		Model	New Design	Current Design
Part Name	Intentional Change	Material Surface Treatment (Paint & Plating) Structure & Shape Production & Distribution (change into overseas plant from domestic)		
	Incidental Change	Environmental Condition (Stress, Temperature...etc.)		

Table

A1.1. Sample of modified point list involving intentional and incidental changes in a part.

Phase 2: Determining the intentional and incidental changes in design. Once the hierarchical structure of the product is determined, the targets for the review that involve differences from the “good design” are then visualized. In the system development, the number of targets for review often becomes immense due to the number of parts and elements. To decrease the unnoticed problem of the target to be reviewed, it is important to determine that the targets for review are limited to the changes from the reliable design in advance. The determination of the target will help the designer and reviewer of the System DRBFM to notice what aspect needs to be discussed.

Table A1.1 shows a sample of the modified item list that includes the intentional and incidental changes in a part. For example, intentional changes involve changes in the material selection, surface treatment, structural shape and production (distributing) place. Incidental changes also include environmental changes in manufacturing or service. All of the changes must be visualized in the form of Table A1.1. If some changes are hidden in the brain of the designer, it causes the unnoticed problem of a latent problem due to the hidden changes. With Table A1.1, the designer and participant consider whether or not, the changes results in some failure. This certification process should be executed by all participants to be reviewed by various experts.

Phase 3: DRBFM for problem finding and solving. With the hierarchical structure in Figure A1.4, possible problems due to the changes in the products are discussed. In more detail, the system, sub-system, component and element are the hierarchy in Figure A1.4. In each class, possible failure (we call this the “concerns”) from changes and its effect on the connection between parts are considered. If some concerns can occur in the considered points, adaptive measures for these must be determined by the designer and professional advisor. All of the considered concerns and its measures are listed in the DRBFM worksheet. A specific example will be shown in the later section.

For the design review of the hierarchical system, participants have difficulty in determining the target of discussion in many parts of Figure A1.4. We can easily determine the target in the discussion using DRBFM procedure. Because in the DRBFM procedure, the safety condition of the design can be previously determined as the “Good design” and the targets of discussion are also noticed as the changes from the safe condition. This concept can help the participant in the DRBFM to notice what failures (concerns) occur. The DRBFM procedure then enables the participant to stimulate their creativity and find the concerns. Once the concerns are found, taking the associated measures easy. Because the cause of the concerns is already-known and past measures for them are also known.

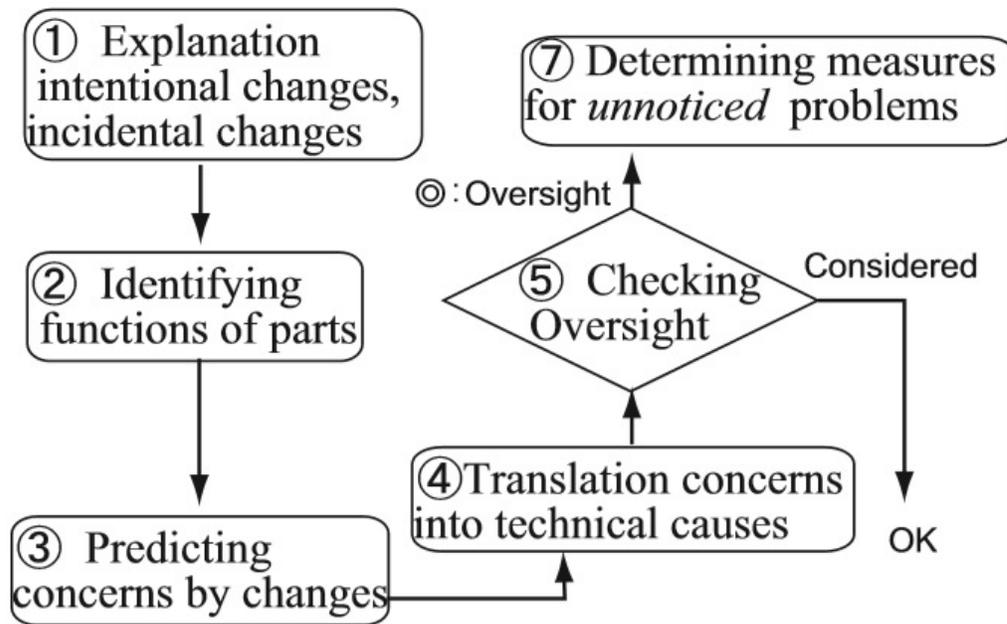


Figure A1.6. Phase 3; Discussion procedure of finding problems and considering solutions for all of them.

The procedure according to Figure A1.6 yields the possible failures by the changes.

1. Explaining the contents of the changes by the designer: The designer in charge of part 1 in Figure A1.3 explains the contents of the changes to the participants.
2. Determining the function of the target part: The designer determines a specific function of the target. Other participants examine the contents of the determined function.
3. Predicting concerns by the changes: The designer considers the concerns by the changes, which possibly damages the function. The contents of concerns are filled in the DRBFM sheet (the form shown in Figure A1.2). If the designer consider no concern due to one change, this should be validated by the discussion among the participants.
4. Detailed consideration for the technical cause of the concerns: If necessary, Fault Tree Analysis is practiced, whose top phenomenon is the current concern. The branch of the fault tree grows as long as the contents of the cause at the tip node in the tree possesses a sufficient specificity, which are validated by the participants.
5. Inspection of an unnoticed point: All participants determine whether any unnoticed point was lost in the consideration by using the DRBFM worksheet; Discussing the failures from changes with past failure style data and considering each node from top concerns in fault trees.
6. Determining measures for all causes by the concerns: The designer checks whether the all causes from the concerns are treated by specific measures.

Modified Item	Model	New Design	Current Design
1) Rack Boot (6)	Material	Thermoplastic Elastomer (TPO)	Chloroprene Rubber (CR)
	Surface Treatment	(Same)	—
	Structure & Shape	t=0.5~1.5	t=1.6
	Production & Distribution	Blow Molding	Compression Molding
	Environmental Condition	(Same)	—
2) Clamp (7)	Material	SUS 430MT	SUS 430
	Surface Treatment	(Same)	—
	Structure & Shape		

Table

A1.2. Modified Item List for Rack Boot and Clamp of EPS.

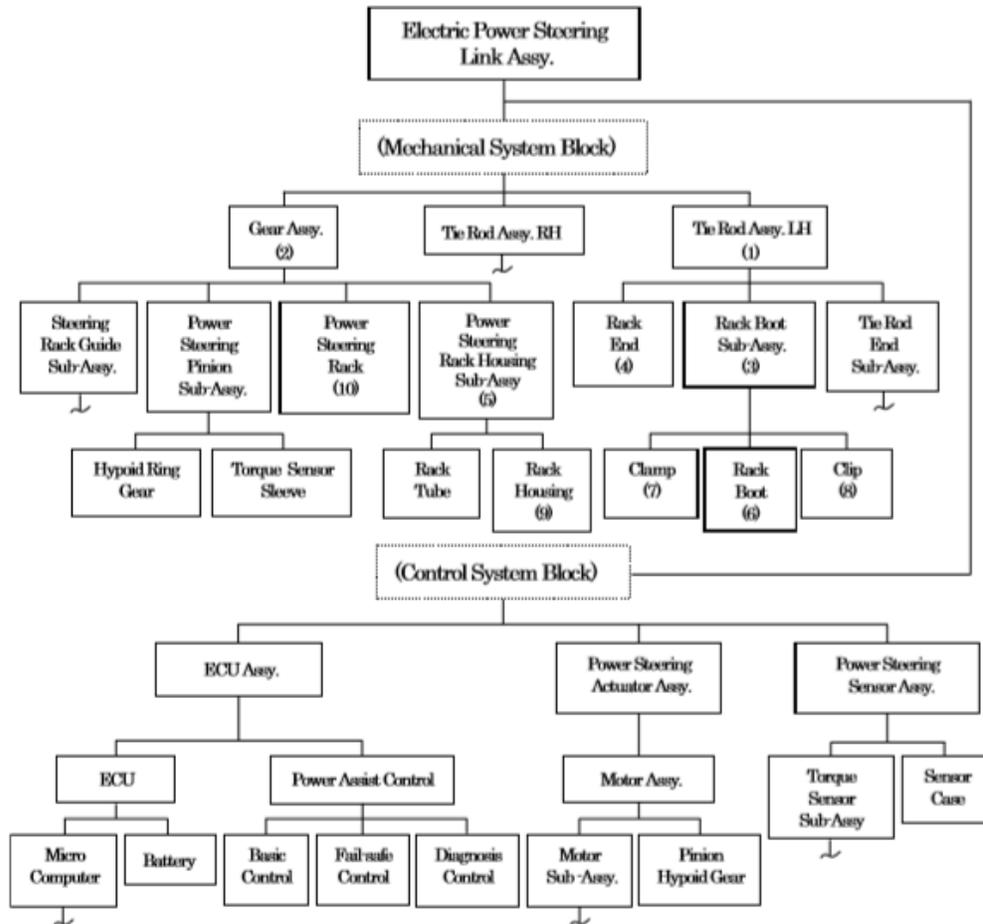


Figure A1.8. System Hierarchy Block Diagram of Electric Power Steering system (EPS)

Figure A1.7 can visualize the complex structures of both systems and the interactions between components. In this figure, some connection from part to tiny elements is omitted by the judgment of the designer and professional advisor. This is to decrease the load of the DRBFM for the elements that are judged to have a little effect on safety.

In the hierarchical structure, the material changes in the Rack Boot (6) (bold block in Figure A1.7) is the target of the DRBFM. Table A1.2 shows the list of changes in the Rack Boot (6). Details of the table will be discussed in later. According to the process in Figure A1.3, the participant can determine the target of the DRBFM from the changes in the Rack Boot (6).

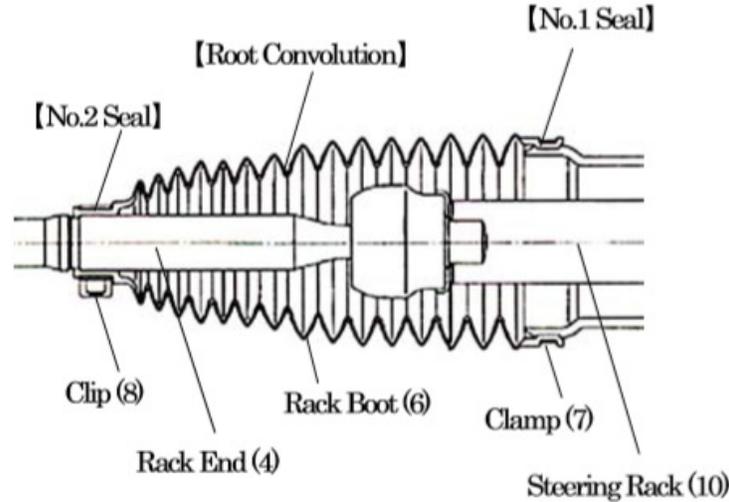


Figure A1.9. Rack Boot Sectional View.

		Thermo- plastic Elastomer	Chloroprene Rubber
Dry Condition	Hardness (Hs)	95	50
	Strength (Mpa)	20	15
	Elongation (%)	500	450
High Temp. Condition (100°C)	Modulus (M ₁₀₀) Change	-50	-10
	Strength Change after 500hrs (%)	0	-35
Compression Set(%) 70°C×22 hrs		40	10
Low Temp. Brittleness(°C)		-60	-40
PS Oil Resistance Volume Change (%)		+25	+5

Table A1.3. Material Properties of Rack Boot.

1. Sub-system Interaction: (Fitness) between Tie Rod Assembly (1) and Gear Assembly (2)

2. Component: Rack Boot Sub-Assembly. (3), Rack Boot Sub-Assembly.(3), Rack End (4) in Tie Rod Assembly. (1) and Rack Housing Sub-Assembly. (5) in Gear Assembly. (2).
3. Element Rack Boot (6), Clamp (7), Clip (8) in Rack Boot Sub-Assembly.(3) and Rack Housing (9) in Rack Housing Sub-Assembly. (5).

Item name / Change points	Function	Concerns regarding change (Failure mode)		When and how concern points appear		Effect to customer (System)	Current design steps to avoid concerns (i.e. design rule, design standard & check items)	Recommended actions (Results of DRBFM)			
		Potential failure mode due to change	(DRBFM)	Root cause/ Dominant cause	(DRBFM)			Impact	Items to reflect in "Design"	Items to reflect in "Evaluation"	Items to reflect in "Production"
Rack boot sub-assy 1) Rack Boot 1) Convolution membrane	Reciprocating motion	Reciprocating resistance		(* 1) • TPO hardness increased (50Hs→95Hs)		Poor steering feeling	A		Investigation for increasing resistance due to hardness change	Measuring reciprocating resistance	
2) Root convolution [Modified point] • CR→TPO • Configuration	Protect for rack end	Fracture		• Cracking by flying gravel • Bending fatigue cracking at bellows section (PS oil, high temp. & heat age) • Convolute deformation due to heat or uneven thickness (interference with B/L)		Steering operation will not work	A	TPO material (TPO has the advantage of high impact resistance) FEM analysis (Max. strain ≤ □%)	Safety convolute membrane ratio ≥ □%	Glavelo meter impact test at -40°C Durability test after heat age (100 °C · 500hrs)	Thickness Control during blow molding
3) No.1 Seal	Sealing	Stress relaxation		• Stress relaxation due to radiant heat of exhaust pipe • Cracking during clamping		Steering operation will not work	A	Cramping at plastic region		Sealing test after durability test	Thickness dimension inspection
		Crack				due to	A		Round shape at clamp end		
4) No.2 Seal	Sealing	Stress relaxation									
2) Clamp											
3) Clip											

Figure A1.10. DRBFM Worksheet of Rack Boot Sub-Assy.

The Rack Boot (6) includes the design changes in Table A1.2. The details of the Rack Boot (6) are shown in Figure A1.9. The participants determined the No.1, No.2 Seal section and Root Convolution section as the noticed target.

Phase 2: Design changes in the rack boot. Table A1.2 shows the design changes in the materials of the Rack Boot (6). The material was alternated from polychloroprene (CR) to a Thermo-plastic Olefine Elastomer (TPO). The contents of the changes are presented in Table A1.3. Compared with the current material, TPO has both merits and demerits in its characteristics.

- Merit: Strength change after heat aging (500hrs), Low temperature brittleness.
- Demerit: Modulus Change (M100), the changes in PS Oil resistance and Hardness.

The rest of the figure is the changes in the Compression set, which the designer previously considered countermeasures for its affect by adding the width of TPO. This comparison can visualize the possible problem by the changes to the participants. The participants then discuss the possible failure due to the demerit or other changes.

Phase 3: DRBFM for rack boot. Figure A1.10 shows the result of the DRBFM listed in the DRBFM worksheet. We now focus on the discussion to consider the Rack Boot (6) (mark *1). From Table A1.3, the hardness of the Rack Boot increases from 50 Hs to 95 Hs. Participants noticed the problem of the increasing reciprocate resistance due to the change. This concern can result in the poor steering feeling. The participants then determined the measures for these concerns, such as the investigation for the increased resistance. Furthermore, these concerns are

possibly connected to the problems in the Actuator Assembly or Power Assist Control in the control system. This point is related to the consideration of the newly targeted parts.

Using the same procedure, the consideration of other element, such as 2) the Root convolution, No.1 and No.2 seals were conducted. All of the results are listed in Figure A1.10. A similar consideration for another targets in the higher classes, such as the Rack End (4) in the Rod Assy. (1) and Rack Housing Sub-Assy. (5) in Gear Assy. (2), are also conducted using interactions in Figure 4 and the results in Figure A1.10. These results are listed in another worksheet to visualize the effects of concerns in the lower classes to the higher class.

The above procedure is the System DRBFM using a hierarchical structure in Figure 4, the intentional and incidental changes list (Tables A1.1 and A1.3) and DRBFM worksheet (Figure A1.10). The DRBFM procedures are conducted for considering the entire system to the element in the lowest class and also from the element to the entire system. This process can visualize the latent concerns in the interactions in the complex hierarchical structures and take specific measures for these using the necessary tools and appropriate expertise of the participants.

Summary

We developed the System DRBFM process based on the GD3 concept (Good Design, Good Discussion, Good Design Review). The system DRBFM process, as a proactive prevention method in system development, can find the latent problem in the design ideas and take specific measures for the technical cause of these problems. Furthermore, the process is specified using the hierarchical structure diagram, modified lists and DRBFM worksheet. This point can help the reliability engineers to consider the way of introducing our proposed method to their workplace. We can now apply the concept to the safety management for patient safety (Otsuka and Noguchi, 2005), which is the application example in a very different field to certify the wide applicability of our concept.

References

- Wright, I. C., (1997) 'A review of research into engineering change management: Implications for product design', *Design Studies*, 18(1) pp.33–39.
- Tav ˇ c ar, J. and Duhovnik, J., (2005) 'Engineering change management in individual and mass production', *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21(3) pp.205– 215.
- Lee, S., Pe˜ na-Mora, F., and Park, M., (2005) 'Quality and change management model for large scale concurrent design and construction projects', *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(8) pp.890–902.
- Lee, H. J., Ahn, H. J., Kim, J. W., and Park, S. J., (2006) 'Capturing and reusing knowledge in engineering change management: A case of automobile development', *Information Systems Frontiers*, 8(5) pp.375–394.
- Eckert, C. M., Keller, R., Earl, C., and Clarkson, P. J., (2006) 'Supporting change processes in design: Complexity, prediction and reliability', *Reliability Engineering and System Safety*, 91(12) pp.1521–1534.

- Huang, G. Q. and Mak, K. L., (1998) 'Computer aids for engineering change control', *Journal of Materials Processing Technology*, 76(1-3) pp.187–191.
- Huang, G. Q., Yee, W. Y., and Mak, K. L., (2003) 'Current practice of engineering change management in Hong Kong manufacturing industries', *Journal of Materials Processing Technology*, 139(1-3 SPEC) pp.481–487.
- Huang, G. Q., Yee, W. Y., and Mak, K. L., (2001) 'Development of a web-based system for engineering change management', *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 17(3) pp.255–267.
- Huang, G. Q., (2002) 'Web-based support for collaborative product design review', *Computers in Industry*, 48(1) pp.71–88.
- Huang, G. Q., Zhao, J. B., and Jiang, Z., (2004) 'Web-based design review portal with fuzzy set theoretic methods for fuel pump designs', *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 17(3) pp.265–278.
- Peng, T. and Trappey, A. J. C., (1998) 'A step toward STEP-compatible engineering data management: The data models of product structure and engineering changes', *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 14(2) pp.89–109.
- Bouikni, N., Desrochers, A., and Rivest, L., (2006) 'A product feature evolution validation model for engineering change management', *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 6(2) pp.188–195.
- Shimizu, H., and Yoshimura, T., (2004) 'Reliability Problem Prevention Method of Stimulating Creativity and Visualizing Problems 1st report', *Trans. Japan Soc. Mech. Eng. Series C*, Vol.70, No.689, pp.243-250.
- Shimizu, H., and Noguchi, H., (2003) 'Reliability Problem Prevention Method for Automotive Components', *Proc. of International Body Engineering Conference, JSAE*, pp.371-376.
- Yoshimura, T., (2000) 'Reliability Problem Solution, Recurrence Prevention and Precautionary Prevention; Looking from logistic curves', *Quality Management(in Japanese)*, Vol.51, No.3, pp.266–270.
- Yoshimura, Y., (2002) *TOYOTA Precautionary Prevention Technique GD3(in Japanese)*, JUSE Press., Tokyo.
- Stewart, M.G., and Melchers, R.E., (1996) *Probabilistic Risk Assessment of Engineering Systems*, Chapman & Hall, London.
- Taylor, E., (1996) *Subliminal Technology;Unlocking power of your own mind*, Progressive Awareness Research, Medical Lake.
- Bridger, R.S.,(2008) *Introduction to Ergonomics*, CrC PrI Llc, London.

- Shiba, S., Walden, D.,(2006) Break-through Management, Confederation of Indian Industry. India.
- Von Bertalanffy, L., (1968) GENERAL SYSTEM THEORY, Foundations, Development, Applications, George Braziller, New York.
- Kletz,T., (2001) Learning from Accidents Third Edition, Gulf Professional Publishing, London.
- Reason, J., Hobbs, A., (2003) Managing Maintenance Errors : Practical Guide,Ashgate Publishing, London.
- Otsuka, Y., and Noguchi, H., (2005) ‘A Study on Managing Cycle of Measures for Incident based on Visualizing Problems’, Proc. of ASME IMECE 05,Orlando, Florida, ASME, (CD-ROM), IMECE2005-80908.

ANEXO 2: Publicación del Boletín Oficial
Ministerio De Producción Y Trabajo – Secretaría De Industria
Resolución 15/2019

Ciudad de Buenos Aires, 31/01/2019

VISTO el Expediente N° EX-2018-62496086- -APN-DGD#MPYT, la Ley N° 24.449 y sus modificaciones, el Decreto N° 779 de fecha 20 de noviembre de 1995 y sus modificatorios, las Resoluciones Nros. 838 de fecha 11 de noviembre de 1999 de la ex SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y MINERÍA del ex MINISTERIO DE ECONOMÍA Y OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS y sus modificatorias, 247 de fecha 22 de septiembre de 2005 de la ex SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA del ex MINISTERIO DE ECONOMÍA Y PRODUCCIÓN y sus modificatorias, y

CONSIDERANDO:

Que el Artículo 28 de la Ley N° 24.449 y sus modificaciones estableció que todo vehículo que se fabrique en el país o se importe, para poder ser librado al tránsito público, deberá cumplir con las condiciones de seguridad activas y pasivas, de emisión de contaminantes y demás requerimientos, conforme las prestaciones y especificaciones contenidas en los Anexos técnicos de la reglamentación.

Que la mencionada ley estableció que puede darse validez a las homologaciones aprobadas por otros países.

Que, del mismo modo, el Artículo 28 del Decreto N° 779 de fecha 20 de noviembre de 1995 y sus modificatorios, prevé en idéntico sentido que la autoridad competente podrá validar total o parcialmente la certificación de modelos o partes efectuadas por otros países.

Que conforme lo establecen las Resoluciones Nros. 838 de fecha 11 de noviembre de 1999 de la ex SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y MINERÍA del ex MINISTERIO DE ECONOMÍA Y OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS y sus modificatorias, y 247 de fecha 22 de septiembre de 2005 de la ex SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA del ex MINISTERIO DE ECONOMÍA Y PRODUCCIÓN, la Dirección Nacional de Industria de la SECRETARÍA DE INDUSTRIA del actual MINISTERIO DE PRODUCCIÓN Y TRABAJO, es la autoridad competente para la emisión de la Licencia para Configuración de Modelo (LCM).

Que, asimismo, el sector automotriz y otros vinculados a la industria de vehículos que transitan por la vía pública se encuentra mundialmente en una etapa de expansión, con modelos diversificados que conllevaron a un incremento en las solicitudes de Licencia para Configuración de Modelo (LCM) por parte de las empresas fabricantes e importadoras.

Que, dichos modelos se comercializan mundialmente y en muchos casos cuentan con homologaciones aprobadas por países que cumplen con un estándar de seguridad de igual o superior exigencia respecto de los criterios, condiciones y requisitos previstos por nuestro país.

Que en el ámbito de la UNIÓN EUROPEA se encuentran homogeneizados tanto los criterios de seguridad exigibles para la homologación de vehículos como la forma de acreditación de cumplimiento de los mismos y el instrumento que al efecto se extiende.

Que lo descripto precedentemente se encuentra plasmado en la Directiva 2007/46/CE y en el Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo de la UNIÓN EUROPEA de

fecha 5 de septiembre de 2007 y de fecha 30 de mayo de 2018, respectivamente, la que tuvo por finalidad sustituir los sistemas de homologación de los Estados miembros por un procedimiento de homologación comunitario basado en el principio de una armonización total.

Que dicha Directiva crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, contemplando además su forma de actualización conforme se incorpore la exigencia de mayores requisitos de seguridad.

Que en Anexo IV de la Directiva 2007/46/CE contempla los requisitos y normas técnicas aplicables para la “Homologación de Tipo CE de vehículos” definiendo por tal al “procedimiento mediante el cual un Estado miembro certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos de la presente Directiva y de los actos reglamentarios enumerados en los anexos IV u XI”.

Que del análisis de dichos anexos y de las normas técnicas aplicables, surge que los ítems de seguridad ensayados para obtener la Homologación de tipo CE o UE, supera en cuanto a exigencias a las previsiones técnico-normativas locales, razón por la cual, se entiende que un vehículo homologado en el marco descrito precedentemente, cumple por inclusión con los criterios de seguridad exigidos en nuestro país.

Que, por su parte, el Decreto N° 434 de fecha 1 de marzo de 2016, aprobó el Plan de Modernización del Estado, con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios que brinda la Administración Pública Nacional, incorporando los adelantos tecnológicos, simplificando procedimientos y propiciando reingenierías de procesos, a fin de asegurar a la ciudadanía la optimización y transparencia en sus requerimientos.

Que, a su vez, el Decreto N° 891 de fecha 1 de noviembre de 2017, aprobó las Buenas Prácticas en Materia de Simplificación, tendientes a emprender el camino hacia la simplificación de normas de diversos regímenes desde un enfoque integral que fomente la coordinación, consulta y cooperación a fin de satisfacer de manera eficiente los requerimientos del ciudadano.

Que la Dirección General de Asuntos Jurídicos del MINISTERIO DE PRODUCCIÓN Y TRABAJO ha tomado la intervención que le compete.

Que la presente resolución se dicta en uso de las facultades emergentes de los Artículos 28 de la Ley N° 24.449 y 28 del Decreto N° 779/95 y sus modificaciones.

Por ello,

EL SECRETARIO DE INDUSTRIA

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Establécese que a efectos de acreditar el cumplimiento de los requisitos de seguridad activos y pasivos respecto de los vehículos importados o fabricados en el país, correspondientes a las categorías M1, M2 fabricados en una fase, N1, N2 y N3, conforme las previsiones dispuestas en la Ley N° 24.449 y el Decreto N° 779 de fecha 20 de noviembre de 1995 y sus modificatorios, la Dirección Nacional de Industria de la SECRETARÍA DE INDUSTRIA del MINISTERIO DE PRODUCCIÓN Y TRABAJO, podrá validar las homologaciones, sus revisiones y extensiones, otorgadas por las autoridades nacionales de los países miembros de la UNIÓN EUROPEA, en tanto las mismas se traten de Homologaciones de tipo CE expedidas de conformidad a la Directiva 2007/46/CE u Homologaciones de tipo UE expedidas de conformidad

al Reglamento 2018/858, ambas del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, sus modificatorias y complementarias.

ARTÍCULO 2°.- A efectos de solicitar la validación de homologaciones extranjeras sus revisiones y extensiones, de conformidad con lo dispuesto en el artículo precedente, los fabricantes o importadores deberán encontrarse inscriptos en el Registro previsto en el Artículo 1° de la Resolución N° 838 de fecha 11 de noviembre de 1999 de la ex SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y MINERÍA del ex MINISTERIO DE ECONOMÍA Y OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS e ingresar a la Plataforma de Trámites a Distancia (TAD) aprobada por el Decreto N° 1.063 de fecha 4 de octubre de 2016, completar la documentación, solicitud y formularios conforme detalle obrante en Anexo I que, como IF-2019-02168038-APN-DNI#MPYT, forma parte integrante de la presente medida.

El incumplimiento de lo dispuesto precedentemente dará lugar al rechazo de la solicitud y al archivo de las actuaciones.

ARTÍCULO 3°.- Una vez completa la solicitud de validación de homologación extranjera, la Dirección Nacional de Industria emitirá de manera electrónica la constancia de validación dentro de los CINCO (5) días hábiles subsiguientes, de conformidad al modelo obrante en Anexo II que, como IF-2019-02167614-APN-DNI#MPYT, forma parte integrante de la presente resolución.

La emisión de la constancia mencionada precedentemente se encuentra condicionada a la acreditación del pago del arancel correspondiente a las actividades de verificación y contralor, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 12 de la Resolución N° 247 de fecha 22 de septiembre de 2005 y sus modificatorias, y los convenios suscriptos al efecto con instituciones técnicas.

ARTÍCULO 4°.- El fabricante y/o importador deberá comunicar a la Dirección Nacional de Industria cualquier alteración en los vehículos homologados que hubieren dado lugar a revisiones o extensiones en el marco de lo previsto al efecto en la Directiva 2007/46/CE o en el Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, o bien solicitar la actualización técnica o administrativa de conformidad a lo dispuesto en el Artículo 9° de la Resolución N° 323 de fecha 27 de octubre de 2014 de la SECRETARÍA DE INDUSTRIA del ex MINISTERIO DE INDUSTRIA, siempre en forma previa a la comercialización del modelo en su nueva configuración.

ARTÍCULO 5°.- El fabricante y/o importador se obliga a tener disponibles los reportes de ensayos que avalan las certificaciones homologadas, las que podrán ser solicitadas por la Dirección Nacional de Industria, en caso de considerarlo procedente.

ARTÍCULO 6°.- Los datos ingresados y la documentación presentada lo serán en carácter de Declaración Jurada, siendo el fabricante y/o importador responsable de la veracidad de los mismos.

La totalidad de las presentaciones y comunicaciones se realizarán a través de la Plataforma de Trámites a Distancia (TAD), resultando válidas las notificaciones cursadas al domicilio especial electrónico constituido al efecto, de conformidad a lo dispuesto por el Decreto N° 1.063 de fecha 4 de octubre de 2016.

ARTÍCULO 7°.- La Dirección Nacional de Industria, informará a la Dirección Nacional de los Registros Nacionales de la Propiedad Automotor y de Créditos Prendarios dependiente de la SUBSECRETARÍA DE ASUNTOS REGISTRALES del MINISTERIO DE JUSTICIA Y DERECHOS HUMANOS, cada homologación extendida en el marco de la presente resolución, la que tendrá idénticos efectos respecto de la registración y patentamiento de los vehículos comercializados de conformidad al modelo homologado.

ARTÍCULO 8°.- La presente medida comenzará a regir a los TREINTA (30) días de su publicación en el Boletín Oficial, y se deberá analizar su pertinencia a los CUATRO (4) años de su vigencia, de conformidad con lo previsto en el Anexo de la Resolución N° 353 de fecha 7 de agosto de 2017 del ex MINISTERIO DE PRODUCCIÓN.

ARTÍCULO 9°.- Comuníquese, publíquese, dése a la DIRECCIÓN NACIONAL DEL REGISTRO OFICIAL y archívese. Fernando Félix Grasso

Fecha de publicación 04/02/2019

ANEXO 3: Design Structure Matrix¹⁹⁹

Typically, a product development value stream mapping will have branching and iterative information flows. This can lead to excessive complexity on a traditional process flow map, to the point where its usefulness as a tool for visualizing the process is lost. For these cases, an excellent tool is available: the Design Structure Matrix, (DSM). This tool is presented very well on the MIT DSM website, <http://web.mit.edu/DSM>. A tutorial is available there, which is required reading if you wish to understand this tool. Rather than duplicate the tutorial, we will give the briefest possible description of the DSM and show how it can supplement the process map in our example problem.

The DSM is a square matrix with N rows and columns, one for each of N tasks in the process. Information flow between the tasks is shown by dots in the cells of the matrix. If task m provides information to task n, a dot is placed in the cell in column m, row n. One hopes that information would flow from earlier tasks to later ones. If the tasks are arranged in nominally chronological order, having dots only below the diagonal means information is flowing only from early tasks to later ones. A dot above the diagonal represents information flowing from a later task to an earlier one—an iteration. The further away from the diagonal the dot is, the longer the iteration loop will be. Other aspects of the information flow, such as branching and recombining, processes running independently in parallel, or processes that are fully coupled to each other, can all be seen at a glance on this kind of chart.

Displaying information flow with a DSM loses much of the richness of the process map, but it compactly represents complex information flows in a way that is useful for both at-a-glance evaluation, and quantitative analysis. In the example, you will see the former. Examples of the latter, including codes, can be found on the website.

EXAMPLE: a DSM

Figure A3.1 shows a DSM for our example process. The reviews, and the added tasks (info hunting, waiting) are not shown, and the data (in particular, the time data) are not visible. Much more detail on the information flows is visible, however. Note we have added a feature to the DSM—the very small dots represent information flows that can in theory happen, but usually don't, while the normal dots represent information flows that happen in most cases.

The dots below the diagonal represent “forward” information flow. Where this was shown as a continuous stream with “feeders” on the process map, the DSM reveals how many tasks require information from tasks far up the chain. The obvious example is the final review preparation, which requires input from all previous tasks. In the process map, it is assumed that this information flows down the value stream to its final destination, but this may not actually happen. Without some mechanism for the information to survive the handoffs down the chain, the review preparers may have to go information hunting.

¹⁹⁹ McManus, Hugh. (2005). Product Development Value Stream Map, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, First Edition, Pages 52-54.

Dots above the diagonal represent iterations or rework. Some of these are nearly harmless. Note the feedback from task 3 to task 2; this is not seen on the process map because it is done “ad hoc” between the aerodynamic analyst and the drawer of the moldline and doesn’t involve a formal iteration process. Similarly, the FEM may be debugged during the SSL analysis. (feedback from 10 to 9). This illustrates a general principle, which is that feedback between “adjacent” tasks is common, and relatively easy to deal with (either ad hoc or by forming a small working group).

The big problem is the feedback from tasks 10 and 11 to task 4, representing mechanical design modifications uncovered during SSL and manufacturing analyses. This sets the process back almost to the beginning, and is quite common. There are also many unlikely but possible feedback loops that would be just as disruptive were they to occur. The presence of many possible feedbacks also gives one an intuitive feel that the process would be difficult to predict, manage, or schedule. This clarifies some reasons why the current state process is both slow and highly variable.

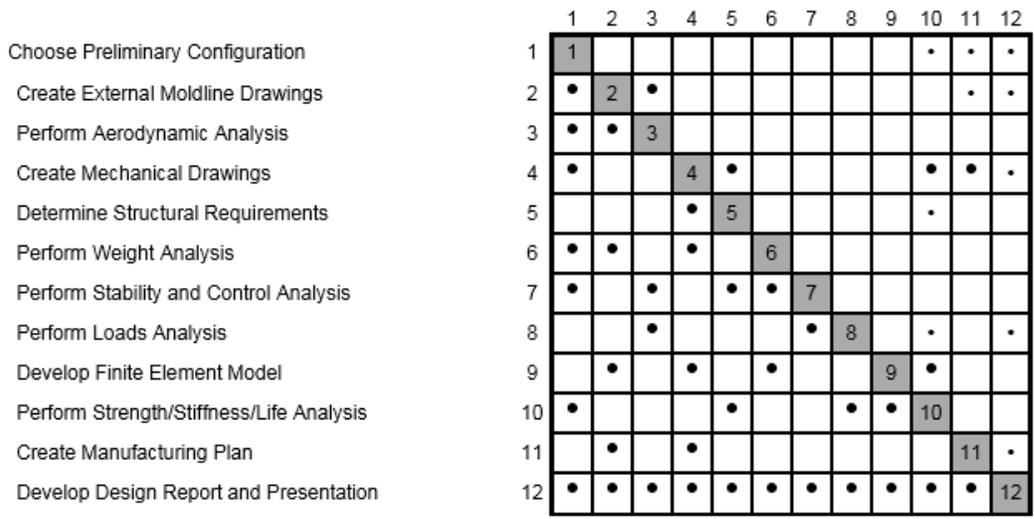


Figure A3.1. DSM map of example process

ANEXO 4: Bill of Material, Bill of Process, Bill of Design

Las compañías multinacionales que tienen presencia en diversos continentes, que cuentan con una oferta de productos muy variada para sus clientes, utilizan diversas herramientas para mantener actualizados detalles de la ingeniería básica de estos productos. Es muy común que mediante la administración y aplicación de bases de datos, se conozca mediante un buscador informático, quien es el proveedor de una determinada materia prima en una región, que tipos de productos se fabrica en una determinada planta de producción, y demás detalles.

Este tipo de información centralizada, se obtiene mediante la aplicación de determinados listados (estando en soporte digital en la actualidad) conocidos por su nombre en inglés:

- *Bill of Material*²⁰⁰
- *Bill of Process*²⁰¹
- *Bill of Design*²⁰²

En estos listados, se encuentra información relevante de cada categoría la cual estará a disposición de las áreas de compras y desarrollo de producto de estas organizaciones. Mediante ella, se puede planificar la estrategia a seguir para cada elemento, pudiendo modificar los *footprint*²⁰³ de cada organización y sus proveedores.

En el caso de la industria automotriz, estos listados se usan también para soportar le mejora de elementos tales como la calidad, el costo, el peso de los componentes automotrices, y el uso de los herramientas desarrollados, basándose en las opciones disponibles hasta el momento en cada una de estas dimensiones.

En las etapas de desarrollo de producto para plataformas nuevas, en los *milestones* donde se toma la decisión de avanzar o rechazar un proyecto, toman una relevancia mayor ya que la información disponible en estos listados es la que brinda el desarrollo estratégico del producto, conociendo de antemano los costos iniciales de fabricarse en una determinada región, así como también saber qué tipo de inversiones son necesarias realizar (esto permite alcanzar lo que se denomina *Design to Target*²⁰⁴, diseñar un producto para que cumpla con determinadas características, no solo las de calidad o costos).

Por otra parte, en el desarrollo del APQP actual de productos, esta herramienta soporta al proceso en los proveedores poniendo al alcance de los mismos distintas variantes para cada elemento.

²⁰⁰ Listado de materiales. Es una lista de la cantidad, especificaciones de material, peso del material utilizado y costo de la materia prima para cada componente.

²⁰¹ Listado de procesos. Se lista la secuencia de procesos, recursos, flujo de material y la información requerida para la manufactura, embalaje y envío de un producto.

²⁰² Listado de diseños. Define los elementos de un *commodity*. Permite la compatibilidad con los listados de material y procesos.

²⁰³ Distribución de proveedores productivos.

²⁰⁴ Diseñar para cumplir los objetivos.

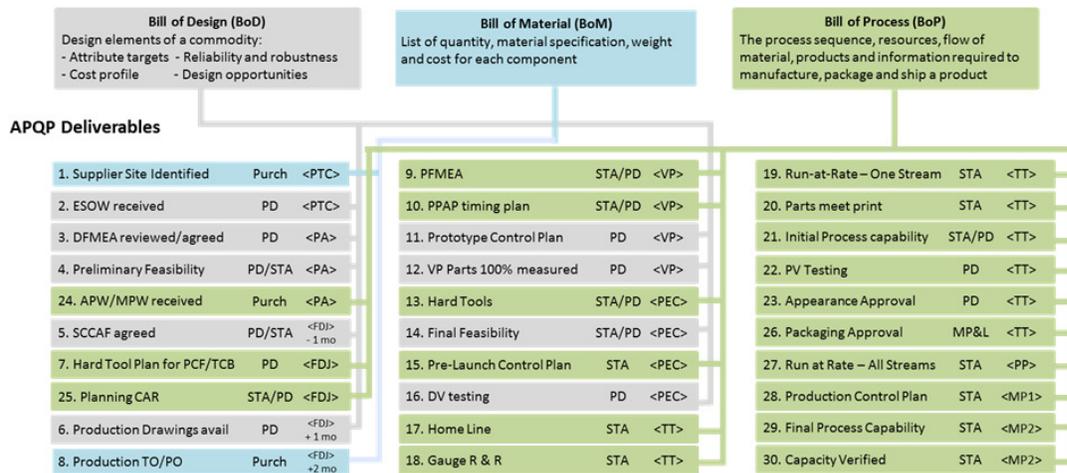


Figura A4.1. Relación entre los elementos del APQP con los listados de material, procesos y diseño. Se nota en el margen derecho de cada elemento el *milestone* en el cual se ejecuta.

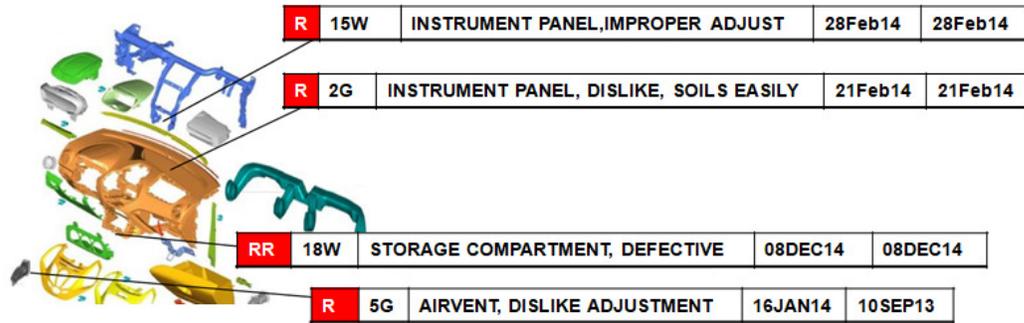
El proceso de mejora de producto mediante la utilización de estos componentes se puede definir en 5 etapas utilizando el proceso de DMAICR²⁰⁵ (definir, medir, analizar, mejorar, controlar y replicar). La idea principal al utilizar este tipo de procesos, es identificar las acciones de mejora, considerando otros elementos importantes como el costo final o características de productos relevantes (como pueden ser el peso del vehículo o el desempeño de determinadas funciones).

Para la primera etapa se utilizan las entradas de calidad de producto necesarias para definir qué es lo que hay que mejorar. Para ello, se brinda la información básica de los tres elementos básicos de calidad de clientes (TGW, R/1000 y CPU) para cada conjunto.

Además de los indicadores de calidad, se expresan los costos asociados a cada pieza, siendo este un elemento paralelo que servirá en el análisis para conocer el incremento de costos necesario para lograr el nivel de calidad exigido en las etapas de proyecto.

Una vez obtenidos estos valores, se realiza una vista explotada de todos los componentes en el vehículo, evidenciando la existencia de problemas para los mismos, que posición en el listado de problemas de calidad ocupa, así como también si se encontró una solución para alguno de estos problemas:

²⁰⁵ Acrónimo de las palabras en inglés *Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Replicate*. Su traducción al castellano es Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar y Replicar. Es el proceso de mejora utilizado por las herramientas de *Six Sigma*, muy similar al PDCA, pero con una aplicación mucho más elemental con la finalidad de resolver un determinado problema.



Legend:

ECB Status	Rank (G-QGRS or W-Warranty)	Issue Description	ICA Date	PCA Date
------------	-----------------------------	-------------------	----------	----------

Figura A4.2. Vista explotada de los componentes con el detalle de problemas de calidad para cada uno de estos.

La segunda etapa consiste en la medición de los gaps existentes entre la calidad y el costo actual de cada pieza, con los objetivos establecidos en un nuevo proyecto. Con la finalidad de contar con el mayor detalle posible una vez conocidos estos gaps, se utiliza un gráfico de cuadrantes que simplifican el desarrollo del BoP, BoM y BoD para esa pieza:

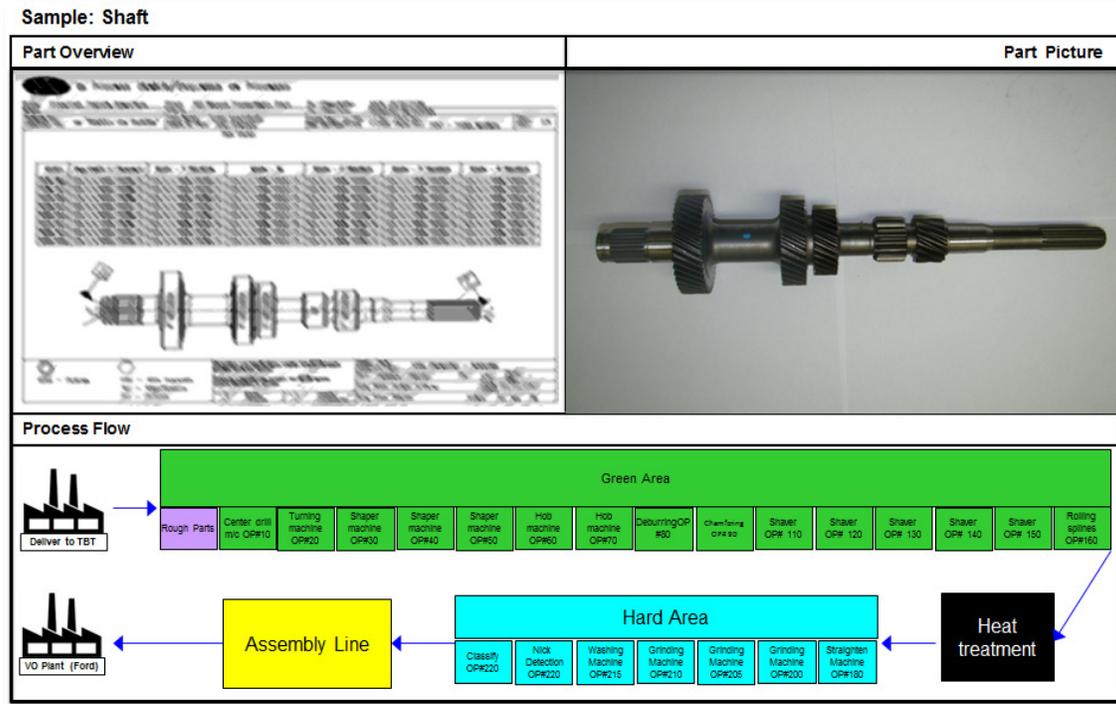


Figura A4.3. Desarrollo del BoP, BoD y BoM para la pieza seleccionada a mejorar.

El detalle del proceso de las piezas es otorgando tanto sea por proveedores como así también la manufactura de la planta de montaje, mientras que el detalle de materiales es brindado por las áreas de compras.

En el proceso, se incluye también aquellos controles de calidad que realizan tanto proveedores como montadoras, a fin de colocar los elementos de detección de problemas de clientes. Esto se

hace con la finalidad de establecer aquellos puntos de control adicionales o mejoras en los ya establecidos, que podrían implicar una inversión en tecnología para poder realizarse.

En la tercera etapa de análisis, se revisan los diversos BoM, BoP y BoD de las piezas a desarrollar, considerando los *gaps* encontrados. Mediante un correcto uso de los recursos se puede desarrollar una solución óptima que satisfaga tanto la calidad como los costos. Para esto, se utilizan herramientas tales como el 10-Bin (separa cada concepto dentro del costo de fabricación de un producto a fin de identificar cuáles pueden ser mejorados).

Tail Lamp 10-Bin Cost Estimate Example			
Cost Estimating Summary			
Estimator	: Jones, Indiana	Estimate No.	: P525 13B504
Est. Code	: C134	Part No.	: P525 LED Tail Lamp
CPSC	: 17-03-01	Enq. Release	: 2008-JUN-2
Commodity Code	: L160	Modified Date	: 2008-JUN-2
Supplier Name	: Mexico (Maquiladora) Prov. Supplier	Created Date	: 2008-JUN-2
Source Cty	: MX	Est. Category	: OCE
Currency	: MXD		
Part DPV	: 285		
Economic level	: 2008-JAN-01		
Comments	Optimal Cost Estimate from P525, Per Assumptions confirmed with K. Smith 5/29/2008		
	Ford	Supplier	Variance Supplier (o)/u Ford
Total Raw Material	5.17 21.5%	0.00	5.17
Total Bought-Out Content	12.43 51.7%	0.00	12.43
Labour			
Direct Labour	0.14 0.6%		
Direct Fringe	0.11 0.5%		
Indirect Labour	0.10 0.4%		
Indirect Fringe	0.08 0.3%		
Total Labour	0.43 1.8%	0.00	0.43
Total Burden	2.56 10.7%	0.00	2.56
Total Manuf. Cost	20.59 85.7%	0.00	20.59
1st-tier Mark-Ups			
Scrap	0.05 0.2%		
SG&A	0.39 1.6%		
Profit	0.33 1.4%		
Total 1st-tier Mark-Ups	0.77 3.2%	0.00	0.77
Total Bought-Out Mark-Ups	0.68 2.8%	0.00	0.68
Total Mark-Up Exempt (a)	1.99 8.3%	0.00	1.99
Sub-Total Piece Cost (ex-works)	24.03 100.0%	0.00	24.03
ED&T	0.00		
ILVS	0.00		
PACKAGING	0.00		
SOT	0.00		
OTHER	0.00		
Total Piece Cost	24.03	0.00	24.03
Sourcing Footprint (a)			
Country 1 :			
Country 2 :			
Country 3 :			
Other :			
Total Piece Cost	0.00	0.00	0.00
1st Tier Dir. Lab. Mins.	4.04		
1st Tier Ind. Lab. Mins.	4.04		
Burden Mins.	4.61		
Tooling Cost (a)			
Notes:	1st Tier Dir. Lab. Mins. : Is the sum of the direct labour mins for 1st tier manufacturing content 1st Tier Ind. Lab. Mins. : Is the sum of machine time (mins.) on 1st tier mfg. content supported with indirect Labor Burden Mins : Is the sum of the 1st tier manufacturing process times Total Mark-up Exempt : This is the portion of the piece cost which is excluded from mark-ups as it represents amortized Toolcost for Pressure Die Casting Tool Repair and Replacement, or the idle time for dedicated tube benders ILVS : In Line Vehicle Sequencing a/ : only if applicable		

Figura A4.4. Ejemplo de 10-Bin utilizado para segmentar los componentes de costo de un producto.

Para la mejora en el control de elementos de calidad, se busca cuáles son los controles establecidos a nivel global, a fin de replicarlas, o bien adaptar las existentes para poder detectar aquellas características que pueden mejorarse.

Finalmente en las etapas de control se actualizan los AMFE de proceso y de producto evidenciando los nuevos factores que se mejoraron:

<div style="text-align: center;"> POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS --- Process FMEA --- </div>														FMEA: FMEA-123 Prepared by: John Engineering FMEA Date (Rev.L): 02/10/09 (Rev.M) 02/24/09					
Item: F123 Compressor & Inverter Drawing Number: F123-19D823-AA (F123200A006) Process Responsibility: ABC Heavy Industries Ltd, ABC Production Engineering Section Model Years/Vehicle: 2009 Key Date: 03/05/2008 Core Team: F123 Project members																			
Line No. / Process Name	Process Function / Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(S) of Failure	SEE	Class	Potential Cause(S)/ Mechanism(S) of Failure	Occur	(Current Process Controls)				Recommended Actions (S)	Responsibility & Target Completion date	Actions Taken					
								Prevention	Detection	Detect	RPN			Actions Taken	Due Date	See	Occ	Dot	RPN
Parts Receiving	1 Receiving parts	Scratch part damage	Performance drop, potential compressor failure, foreign material	5		Package damage	2	Packaging SPEC.	Receiving Inspection	5	50	None							
	2 Receiving parts	Discrepancy of contents	Can not Assembly	5		Count mistake	2	Supplier management.	Check the Contents with packaging slip	3	30	None							
Receiving Inspection	1 Housing Check dimension of port (Dis)	Out of Spec	Performance drop, potential compressor failure, foreign material	6	SC	Machining mistake	2	Receiving Inspection. Supplier data check.	Sampling Check (4/Lot) CMM X-bar/R Chart Control	2	24	None							
	2 Housing Check roughness of port surface & dial meter	Leak of Comp	Performance drop	6	SC	Machining mistake	2	Receiving Inspection. Supplier data check.	Sampling Check (4/Lot) CMM & Surf Test device.	2	20	None							

Figura A4.5. Ejemplo de AMFE de proceso actualizado.

El análisis para realizar la replicación en otras plantas es la parte final del proceso de mejora mediante el uso de esta herramienta. La replicación será responsabilidad de las áreas de cada planta (manufactura, compras, desarrollo de producto, calidad o proveedores), que habrán de utilizarla como un elemento incorporado para resolver los problemas que a futuro pudieran suceder.

ANEXO 5: Toyota New Global Architecture²⁰⁶

Creemos que uno de los mejores y más recientes ejemplos del pensamiento flexible y estandarizado viene a partir de las Nuevas Arquitecturas Globales de Toyota (o TNGA por su sigla en inglés). En respuesta a las plataformas añosas y poco competitivas, así como también al creciente número de piezas únicas para cada plataforma, Toyota no solo re-energizó sus plataformas, sino que también siguiendo con la tradición de la compañía, aprovechó esto como una oportunidad para crear una ventaja competitiva potencial tanto en sus productos como en el sistema de desarrollo de estos.

El pensamiento que llevó al TNGA inició justo antes de que Akio Toyoda se convirtiera en presidente de la compañía en Febrero de 2009. Los principales ejecutivos de la compañía se reunieron para formar el "Comité para regenerar Toyota, con la misión de identificar los desafíos más importantes para la compañía". Uno de los desafíos principales que identificaron fue la necesidad de actualizar radicalmente todas las plataformas de vehículos de Toyota en conjunto con sus sistemas motrices. Las plataformas, como es bien conocido, son el cimiento para el desempeño de cada vehículo y un elemento central en la estrategia de desarrollo de producto. Las novedades encajaban perfectamente con la creencia de Akio Toyoda que la clave para el futuro de Toyota era enfocar toda la organización en mejorar sus productos. Como resultado, la revitalización de las plataformas se convirtió en el mayor componente del lema de Toyoda: "siempre mejores automóviles". En 2010 el equipo encargado de la reforma de negocios de estructuras vehiculares había nacido, formados por ejecutivos de alto nivel que tenían tanto la fuerza como la experiencia para repensar la estrategia de las plataformas.

Los problemas de plataformas de Toyota comenzaron durante el período de gran crecimiento de la compañía, desde el año 2000 al 2010, cuando las ventas globales crecieron de 5 millones de autos al año a 10 millones. Decir que esto fue un nivel de crecimiento asombroso, incluso puede ser tomado como un eufemismo cuando se considera las implicaciones técnicas, logísticas, organizacionales y financieras de tan increíble expansión. ¿Qué significa producir un porfolio completo de 10 millones de autos y camionetas cada año, con variantes a lo largo de todos los mercados? Para compararlo y brindar un sentido de la escala, la compañía fundada hace 15 años, Tesla, luchó para producir 100 mil vehículos durante el año 2017 con solo 3 modelos.

La presión en Toyota durante esta etapa fue particularmente difícil para su personal más experimentado (los líderes técnicos experimentados tuvieron muy poco tiempo para involucrarse en esto). De hecho, los ingenieros de producto de Toyota estuvieron tan ocupados brindando soporte en esta tarea que no tuvieron recursos siquiera para actualizar las plataformas por las cuales eran responsables. Por ejemplo, antes del año 2000, Toyota desarrollaba una plataforma totalmente nueva cada dos ciclos de vida de un producto. Sin embargo, se permitió al modelo Camry ser producido por cuatro ciclos completos de vida de producto sin mayores rediseños en sus plataformas. En respuesta a esto, un *Chief Engineer* asignado al modelo Camry, hubiera hecho cambios en el nivel de la plataforma en un intento de mejorar el desempeño del producto y cumplir los requisitos regulatorios. Sin embargo los resultados de este intento disgustaron tanto a los

²⁰⁶ Nueva Arquitectura Global de Toyota. Liker, Jeffrey ; Morgan, James (2019). *Designing The Future*, New York, Mc Graw-Hill, 1ª Edición. Capítulo 3, Página 124-132.

clientes como a Toyota. La falta de mejoras generales en las plataformas limitaba la habilidad de cada vehículo que ella derivaba de competir con las mejores compañías de la industria, especialmente en características tales como manejo o estética de producto.

Para hacer las cosas incluso peores, los ajustes realizados por los *chief engineers* empeoraron los problemas generales de las plataformas ya que resultaron en una proliferación de sub-plataformas a lo largo de la compañía. La cantidad total de plataformas y sub-plataformas sumaban alrededor de 100. A su vez la cuenta de piezas únicas para cada vehículo ascendía a mil. La proliferación de diferentes motores también fue igualmente mala, partiendo de 16 versiones básicas de motores hasta alcanzar 800 variantes. Esto a su vez, disparó los costos de desarrollo de Toyota ya que debía hacerse cargo del incremento de piezas para cada nuevo programa.

Las piezas componentes por cada plataforma también se incrementó, desde 72 por plataforma hasta casi 1000, muchas de ellas debido a las variaciones en diferentes países. Más del 70% de los costos de las plataformas estaban asociados a piezas de proveedores, por lo que los costos de investigación y desarrollo de estos también se dispararon. Un estudio mostró que los costos de desarrollo de producto de los proveedores de Toyota eran casi siete veces más grandes que los de otras terminales. Peor aún, los clientes comenzaban a encontrar a los diseños de Toyota aburridos debido a las limitantes de las plataformas. Por primera vez en su historia, Toyota comenzaba a ver a sus atrayentes números caerse. Estos problemas irritaban particularmente al liderazgo de la compañía, ya que antes de que sucediera esto Toyota era la compañía líder en estandarización de piezas y en crear grandes cantidades de modelos a través de pocas plataformas.

Curiosamente, la rentabilidad de la compañía también se disparó. Desde el período del 2004 al 2008 se batieron consecutivamente todos los récords de ingresos. Pero un análisis posterior demostró que parte de ese incremento en la rentabilidad se debió a la disminución del tipo de cambio del yen. Con esto, las ganancias hubieran sido las mismas a lo largo del período mencionado.

Toyota estaba determinada a utilizar este problema como una oportunidad para reinventar sus plataformas, su pensamiento fundamental sobre su estrategia de plataformas y arquitecturas, y la relación entre estas y los productos que se derivaban. Toyota transformaría una situación desafiante en una potencial ventaja competitiva. La compañía creó una estrategia basada en el principio de "flexible y estándar" con la finalidad de llegar a una solución que permita diseños más agresivos, mejoras en desempeño notables, simplificar los desarrollos y reducir costos.

Como hemos evaluado vehículos, estudiamos los sub-sistemas, y pasamos muchos días hablando con el personal de Toyota, encontramos que el TNGA era un desafío para ellos desde el comienzo. Es un poco como esa historia antigua sobre el hombre ciego que toca distintas partes de un elefante (cada parte dependerá de la perspectiva, ver figura A5.1). Será más útil hablar sobre los elementos principales de la estrategia del TNGA: la reducción de plataformas y su revitalización, la estrategia de estandarización de piezas, la reducción de sistemas motrices y su optimización, y su nueva filosofía de desarrollo.

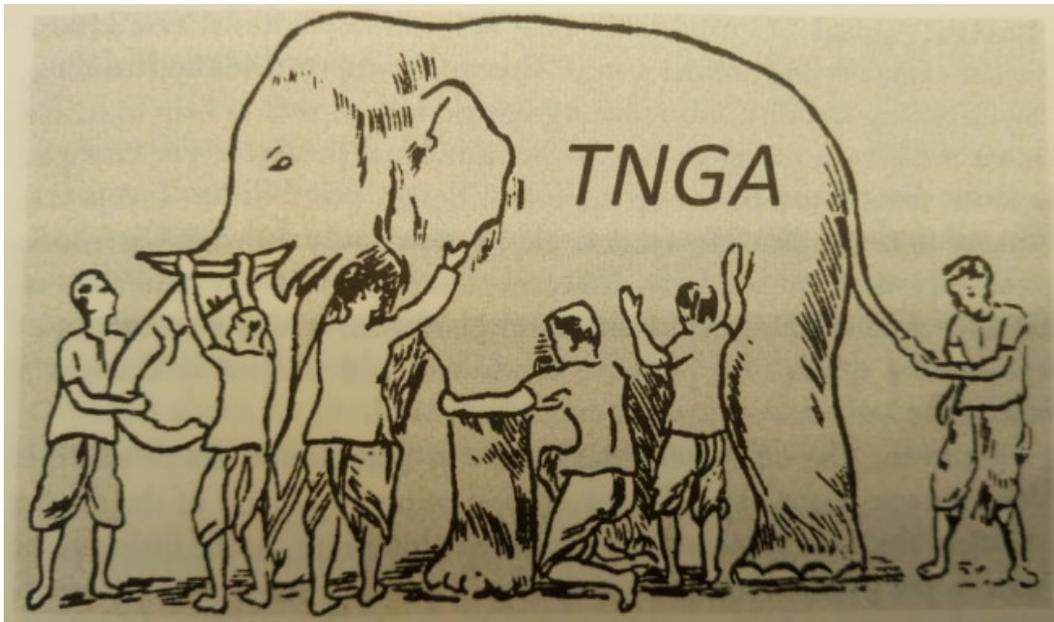


Figura A5.1. Diferentes perspectivas que pueden tomarse para evaluar un sistema (en sentido metafórico, comparado con un elefante).

Revitalización de plataformas

Los ingenieros de Toyota comenzaron este proceso desarmando vehículos propios y de la competencia a lo largo de las plataformas para una evaluación rigurosa. Estos pasaron a través de los sistemas, sub-sistemas, y los componentes individuales para un mejor entendimiento del impacto de los diseños en el desempeño general de un vehículo. Basados en este *benchmarking*, establecieron objetivos a futuro muy agresivos para el desempeño de los vehículos y los sub-sistemas que según pronosticaban los colocarían como los mejores en la industria por los próximos 5 a 10 años. También pensaron en cómo podrían diseñar plataformas que fueran modificables, permitiendo a los productos individuales alcanzar la mayor capacidad de desempeño según la plataforma lo permitiese.

Establecieron dos pilares principales para el rediseño de la estrategia de plataformas del TNGA: atracción de producto y desarrollo inteligente. Kazuhiko Asakura, gerente general de la división de estrategias corporativas, nos mencionó que esta relación es "un ciclo que reinvierte los ahorros en desarrollos inteligentes para crear más valor agregado para los clientes". Los ingenieros que anteriormente habían trabajado en componentes que hoy en día son estándares y compartidos a lo largo de toda la línea de productos "pueden ser liberados para trabajar en áreas que incorporan una percepción mucho mayor de la calidad a los clientes en cada producto".

Atracción de producto. Dos características centrales para la mejora de las plataformas eran un menor centro de gravedad y una apariencia de vehículo más ancha. Esto mejoraría el manejo al incrementar la estabilidad y reducir el balanceo, así como también colabora a crear productos más modernos, de diseños emocionantes. Por ejemplo, un capot bajo abre la posibilidad de diseños más atractivos. Toyota también quería diseñar plataformas que pudieran ser modificables fácilmente a las necesidades específicas de cada producto. Fue bastante claro que esto era un poco más que un ejercicio para desarrollar plataformas para las futuras generaciones; era repensar el automóvil

como un sistema. Todas las piezas están conectadas, y esto llevó a cambiar aquello que el cliente podía tocar y experimentar.

Mejorar la experiencia del cliente fue primordial, por lo que el desarrollo de todas las plataformas comenzó con la revisión exhaustiva de todos los aspectos de la posición de manejo, desde la colocación del punto donde apoya la cadera el conductor, hasta el ajuste de los asientos y la posición del volante. En "la relación de ajustes de oro" de Toyota se creó una posición de manejo que mantenía el cuerpo del conductor firmemente contra el asiento y con los ojos fijos en el camino, incluso al doblar, lo que hacía el manejo muy sencillo incluso en distancias largas.

Otro de los objetivos del desarrollo de plataformas bajo el TNGA fue concretar un capot más bajo. Esto proveería mejor visibilidad para el conductor y contribuiría a los objetivos de diseño. Mientras que el capot no es una pieza de una plataforma, la capacidad de colocar a este en una posición más baja requiere de cambios en piezas que sí son de la plataforma. Muchos escépticos en las áreas de ingeniería de Toyota creyeron que esto no era posible, intentar reducir la altura del capot en más de 100 mm de los modelos actuales. Los desarrolladores del TNGA realmente creían que esta era una característica esencial del diseño, así que persuadieron a las áreas relevantes para entender su punto de vista. Como creyeron que con solo palabras y diagramas no podrían transmitir efectivamente su mensaje, decidieron construir un prototipo en un automóvil real. Si una imagen vale mil palabras, un prototipo vale un millón, de esta forma obtuvieron el capot que ellos deseaban.

Poniendo esto en práctica en un vehículo de producción fue más fácil decirlo que hacerlo; esto significó reducir el espacio del compartimento del motor, mejorar y refinar cientos de piezas dentro de esa área. Muchas de esas piezas eran de proveedores, por lo que se tomó prestados los recursos de ingeniería de los proveedores más comprometidos con esta iniciativa. El resultado fue un impulso sustancial en el desempeño de las características de manejo mediante un menor centro de gravedad mientras permitía concesiones al diseño.

Los desarrolladores del TNGA se propusieron obstáculos muy complicados de sortear. Ellos fueron, sin embargo, capaces de llevar adelante esta tremenda transformación de los vehículos de Toyota, que drásticamente mejoraron el desempeño de la conducción y capturaron oportunidades para mejorar los diseños.

Desarrollo inteligente. Esta es la esencia de "flexible y estándar" y es una clave para definir qué se debe mejorar. Desarrollos inteligentes estandarizan el trabajo y flexibilizan las estrategias que proveen los mejores cimientos posibles y permiten a los *chief engineer* enfocarse en optimizar los aspectos únicos de sus productos. En Toyota, los avances en la estandarización a través del TNGA crearon un proceso de desarrollo que utiliza un 20% menos de recursos y requiere menos tiempo, mientras que se provee al mismo tiempo un mayor valor agregado al cliente.

Piezas compartidas/Estrategias de estandarización

Preguntamos, "¿107 piezas?"

"Si, 107", nos respondió Masashige Ono, gerente general del departamento de planificación de piezas del TNGA, quien lideró los esfuerzos de estandarización de piezas para el TNGA.

Ono fue muy firme sobre la cantidad de piezas, así que tuvimos que preguntar: "¿Porqué 107?". Nos explicó que esa era la cantidad de piezas que una plataforma podía estandarizar para crear los cimientos para el desempeño de producto mientras deja la oportunidad a los *chief engineer* de modificar (la parte flexible) otras piezas. Mientras algunas compañías enfocaban sus esfuerzos de estandarización de piezas mediante ahorros de costos a escala de productos y la búsqueda de piezas similares a lo largo de las líneas de producto, Toyota tomó un camino diferente. Este comenzó desde las perspectivas de desarrollo de producto y derivó los diseños de las piezas estándar directamente de los requerimientos necesarios de las arquitecturas para alcanzar el desempeño necesario a nivel sistema.

Los ingenieros de Toyota también hicieron algo inusual en la industria. Estos reconocieron que los trabajos realizados en plataformas anteriores se enfocaban primeramente en piezas internas de los sub-sistemas. Esto se convirtió en una fuerte restricción ya que cerca del 70% de las piezas de las plataformas eran hechas por proveedores. Si querían maximizar el impacto en esta iniciativa, los proveedores debían involucrarse. Consecuentemente, trabajaron cerca de los proveedores para optimizar y estandarizar estas 107 piezas críticas. Las relaciones estrechas logradas a lo largo de décadas de colaboración permitieron alcanzar altos niveles de desarrollo de ingeniería, a fin de lograr el propósito de la organización.

La estrategia de plataformas estándar también permitió la estandarización de piezas en proveedores, los cuales se vieron beneficiados por ello. Por ejemplo, cuando diseñaban la posición del asiento del conductor, establecieron la mejor posición para la cadera. La cantidad de airbags de rodilla disponibles se redujo de 50 a 10.

Trabajando con los ingenieros de los proveedores, los ingenieros de Toyota mejoraban la práctica del "ir y ver". Iban al *Gemba* a trabajar directamente con los ingenieros de los proveedores en sus instalaciones con la intención de ver ellos mismos como podrían refinar diseños para hacer la manufactura y el montaje de las piezas objetivo más eficientes y confiable. En un caso, los ingenieros estudiaban un proceso en la línea Tokai Rika en la planta de Otowa. El proceso anterior requería cuatro trabajadores, 10.6 metros de espacio en la línea de montaje, y un tiempo de ciclo de 1.7 minutos; con la ayuda de los ingenieros de Toyota, la cantidad de trabajadores requeridos se redujo a uno solo, el espacio en la línea de montaje se redujo a 2.7 metros, y el tiempo de ciclo se mantuvo en 1.7 minutos.

Una vez que un proceso de una pieza nueva es acordado y establecido, los ingenieros de calidad de Toyota lo auditan periódicamente para asegurarse la calidad continua, y utilizan esta oportunidad para implementar mejoras. Eventualmente, cada una de estas 107 piezas cuenta con su propio "escenario" que identifica las características cruciales de las piezas que permiten el máximo desempeño y la eficiencia del diseño y la manufactura. Cada "escenario" ilustra los procesos de forma detallada y las características de diseño críticas. Si los ingenieros sienten que deben cambiar una de estas 107 piezas, deben asistir a las reuniones mensuales donde se analizan estos "escenarios" a plantear sus necesidades.

Reducción de sistemas motrices y optimización

Los sistemas motrices son aquellos que generan la potencia y la entregan a las ruedas del automóvil. Toyota se encontró a sí mismo en una situación similar en sus sistemas motrices al de

las plataformas. Diferentes requisitos regulatorios a lo largo de muchas regiones en el mundo en los cuales Toyota opera combinado con los retoques de los *chief engineers* para mejorar el desempeño llevó a aproximadamente 800 combinaciones diferentes de motores y sistemas de transmisión. Toyota decidió repensar su estrategia de sistemas motrices con la finalidad de proveer mejores desempeños, incrementar las aplicaciones para cada uno y reducir los costos.

Los ingenieros de sistemas motrices revisaron los requisitos de estos para cada vehículo en cada plataforma, y diseñaron motores que pudieran cubrir la mayoría de las necesidades. Consecuentemente, cada diseño de motor fue puesto a prueba para alcanzar nuevos niveles de desempeño, eficiencia y versatilidad. Esto de por sí es una gran empresa, y el plan para migrar a los motores nuevos fue basado en el plan de ciclo de producto.

Hasta Febrero de 2019, la cantidad específica de motores planificados aún no estaba disponible, pero se anticipó que la estrategia resultaría en importantes mejoras. Por ejemplo, la cantidad de transmisiones se reducirá a la mitad. Los diseños anteriores de motores tenían los tubos de escape colocados en distintas posiciones, dependiendo el vehículo, mientras que los nuevos motores tendrán las fijaciones colocadas en lugares estandarizados. Esto mismo se hará para los conductos de aceite y agua. El nuevo diseño también estandariza las monturas del alternador, permitiendo a Toyota reducir la cantidad de alternadores de 14 a 6.

Nueva filosofía de desarrollo

TNGA es mucho más que un rediseño en las plataformas de producto. Es más que una iniciativa de estandarización de piezas. Es más que una modernización de los sistemas motrices. Es una auténtica respuesta *Lean* a un problema. Revela los problemas de forma transparente, con profundidad, utilizando los recursos correctos, y los convierte en una oportunidad para llevar el desempeño a otro nivel.

Toyota puede ser criticada por crecer tan rápido que falló en colocar los recursos en el desarrollo de plataformas y se encontró a sí misma detrás de sus mejores competidores. Sin embargo la compañía enderezó el barco, basándose en un pensamiento a largo plazo y en la práctica de colocar al cliente primero.

Estos esfuerzos también ayudaron a revitalizar el desarrollo de ingeniería dentro de Toyota. Los *chief engineers* y sus equipos tenían que hacer algo que nunca habían hecho: trabajar en un nuevo programa de vehículos desde cero e innovar en cada pieza del vehículo. Ahora podían trabajar sobre la plataforma que les gustaba (diseño atractivo, manejo mejorado, y una excelente economía de combustible). La plataforma estándar no reemplazaba el trabajo de estos equipos. El grupo del TNGA proveyó estándares y algunas restricciones, pero cada vehículo diseñado en esa plataforma debía ser preparado para cumplir con los requisitos de diseño y de desempeño. Un vehículo líder para cada programa tomaba demasiado trabajo de ingeniería así como también mucho tiempo antes del TNGA. Cada equipo que trabajaba en cada vehículo de las nuevas plataformas no diseñaba desde cero, y eran significativamente más rápidos, pero aún así conservaban la emoción de desarrollar un vehículo del cual se sintieran orgullosos. El lema de Toyoda era "siempre mejores vehículos", y podías sentir el entusiasmo de desarrollar un vehículo mejor que su predecesor.

El equipo del TNGA desarrolló muchos conceptos interesantes, pero fueron los equipos de desarrollo quienes lo pusieron en práctica. Ellos necesitaban trabajar dentro de las restricciones de las plataformas, incluso entregar autos emocionantes que fueran los mejores de su clase. Esto revitalizó la filosofía de diseño del "cliente primero" de Toyota y llevó la práctica de "estándar y flexible" a otro nivel. No hablamos con ningún *chief engineer* que se hubiera sentido restringido por las nuevas plataformas o estándares de piezas. De hecho, todos ellos hablaban cada vez más de la libertad que tenían para enfocarse en los diseños y como mejorar la experiencia de manejo.

En el momento que realizamos nuestras entrevistas en Japón, el Prius, Camry y C-HR fueron beneficiados por el trabajo del TNGA. Fuimos capaces de evaluar las versiones nuevas y viejas del Prius y del Camry, y notamos diferencias drásticas en el manejo. ¿Se traducirán las mejoras de producto del TNGA en mejores ventas? En el lanzamiento del Toyota Camry 2018 en Estados Unidos, para Noviembre de 2018, las ventas superaban por casi 24% a las ventas del mismo mes del año anterior. Las ventas siguieron creciendo hasta iniciado 2018, cuando las ventas de todos los automóviles de este segmento cayeron.

Toyota obtuvo beneficios por otras vías. Los costos de desarrollo de vehículo cayeron cerca de un 20%, y los costos de las piezas estandarizadas por vehículo también se redujeron. Los ahorros en horas de ingeniería permiten a Toyota agregar más contenido por vehículo o incrementar el margen de ganancias por venta.

BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong, Gary.; Kotler, Phillip. (2013). *Fundamentos de marketing*, México: Pearson.
- Bilbao, L y Lanza, R. (2010). *Historia económica*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Blank, Stephen (2006). *The Four Steps of Epiphany: Successful Strategies for Products that Win*. Estados Unidos: Lulu.com.
- BSI (British Standards Institution) (2012). *PAS 99:2012*. Inglaterra: BSI.
- Calvo, E ; Sierra Fernandez, C (2016). *Teoría General del Mantenimiento y de la Fiabilidad*. Universidad de Cantabria.
- Casermeyro de Goytia, M. B; Scheuber de Lovaglio, Y; Varas, D. (2006). *Algunas nociones sobre los costos de la no calidad*. Argentina: Oficina de Calidad de los Servicios. Secretaría General de la Gobernación. Gobierno de la Provincia de Salta.
- Castaño, F. ; Piñero, F. (2016). *La Política Automotriz del MERCOSUR (PAM): evolución y actualidad. El eje Argentina-Brasil y su impacto sobre el bloque subregional. VIII Congreso de Relaciones Internacionales del Instituto de Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional de La Plata (IRI-UNLP)*
- Coriat, Benjamín (1994). *El trabajo, los trabajadores y la competitividad*. Argentina: CONICET.
- Department of Defense, Systems Management Collegue (2001). *System Engineering Fundamentals*. Estados Unidos: Defense Acquisition University Press.
- Dudek-Burlikowska, M; Szewieczek, D. (2009). *The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process*. Estados Unidos: Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.
- Eco, Umberto. (1977). *Como se hace una Tesis*. España: Gedisa.
- Fernandez Hatre, Alfonso (2001). *Sistemas Integrados de Gestión*. Estados Unidos: Instituto de Desarrollo Económico del Principado de Asturias.
- Ford Motor Company. (2015.) *Ford Production System User's Manual*. Estados Unidos: Ford Motor Company.
- Fujimoto, Takahiro. (2009). *The Birth of Lean*. Estados Unidos: Lean Enterprises Institute Incorporated.
- Gadea, Antoni Robert. (2005). *Factores que facilitan el éxito y la continuidad de los equipos de mejora en las empresas industriales*. España: Barcelona Universitat Politècnica de Catalunya.
- Garonis, Omar. (2002). *Gestión de la Calidad en el Desmantelamiento de Instalaciones Nucleares*. Argentina: Escuela de Posgrado UTN FRBA.

- Global Automotive Stakeholder Group (GASG) (2016). *Global Automotive Declarable Substance List: Guidance Document*. Estados Unidos: www.gadsl.org.
- Goldratt, Eliyahu (1984) *The Goal*. Estados Unidos: North River Press.
- Gurisatti, Rubén (2008) *Hoshin Kanri en la Administración Pública*. Argentina: Escuela de Posgrado UTN FRBA.
- Helgason, Sigurdur (2007). *International Benchmarking*. Francia: Organization for Economic Co-operation and Development Public Management Service.
- IATF (International Automotive Task Force). (2016). *IATF 16949:2016*. Estados Unidos: AIAG.
- Imai, Masaaki (1999). *Gemba Kaizen*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- ISO (International Organization for Standardization) (2015). *ISO 9001:2015*. Argentina: IRAM.
- ISO (International Organization for Standardization) (2009). *ISO 9004:2009*. Argentina: IRAM.
- Helgason, Sigurdur (2007). *International Benchmarking*. Francia: Organization for Economic Co-operation and Development Public Management Service.
- Lee, Mark; Newcomb, John. (1996). *Application of the Language Processing (LP) Method to Shorten NASA Flight Experiment Development Cycle*. Estados Unidos: Center for Quality Management.
- Liker, Jeffrey. (2004). *Las claves del éxito de Toyota*. España: Gestión 2000.
- Liker, Jeffrey; Morgan, James. (2006). *The Toyota Product Development System – Integrating People, Process, and Technology*. Estados Unidos: CRC Press.
- Liker, Jeffrey. (2011). *The Toyota Way to Continuous Improvement*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Liker, Jeffrey; Morgan, James (2019). *Designing the future: how Ford, Toyota, and other world-class organizations use lean product development to drive innovation and transform their business*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Mc Kinnon, K; Walker, S. H; Davis, D. (2000). *Benchmarking*. Australia: Department of Education, Training and Youth Affairs.
- McManus, Hugh (2005). *Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual*. Estados Unidos: Lean Aerospace Initiative – Massachusetts Institute of Technology.
- Monden, Yasuhiro. (1994). *Toyota Production System*. Estados Unidos: Chapman & Hall.
- Ohno, Taiichi (1978). *Toyota Production System: Beyond the Large Scale Production*. Estados Unidos: Productivity Press.
- Orozco, E. y Cervera, J. (2013). *Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos*. Colombia: Congreso de Investigación e innovación en Ingenierías.

- Osada, Takashi. (1991). *Método de las 5S's*. Estados Unidos: Quality Resources.
- Ries, Eric (2011). *The Lean Startup*. Estados Unidos: Crown Business.
- Rodríguez Asien, E (2012). Crecimiento económico, crisis y reformas en Japón en las dos últimas décadas. Cuba: Centro de Investigaciones de Economía Internacional.
- Rona, Nicolás. (1999). *Aplicación de matrices y otras herramientas de la calidad para el desarrollo de Sistemas de Evaluación y Toma de Decisiones*. Argentina: ITBA.
- Rother, Mike; Shook, John. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Estados Unidos: Lean Enterprises Institute Incorporated.
- Rüttimann, B ; Stöckli, M (2016). *Going beyond Triviality: The Toyota Production System—Lean Manufacturing beyond Muda and Kaizen*. Suiza: Journal of Service Science and Management.
- Shimizu, H.; Otsuka, Y.; Noguchi, H. (2010) *Design review based on failure mode to visualise reliability problems in the development stage of mechanical products*, Estados Unidos: Internation Journal of Vehicle Design.
- Thyssen, M; Emmitt, S; Bonke, S; Christoffersen, A. (2008). *The Toyota Product Development System Applied to a Design Management Workshop Model*. Dinamarca: International Group for Lean Construction.
- Ulrich, Karl. (1994). *Product Design and Development*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Ward, Allen; Sobek, Durward. (2007). *Lean Product and Process Development*. Estados Unidos: Lean Enterprises Institute Incorporated.
- Wilson, James (2003). *Gantt charts: A centenary appreciation*. Reino Unido: European Journal of Operational Research.
- Womack, James; Jones, Daniel. (1996). *Lean Thinking: Vanish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Estados Unidos: Free Press.

WEBGRAFÍA

- Binder, Alan (2018, 02 de agosto), Automotive Industry. Londres, Reino Unido: Encyclopedia Britannica Inc. <https://global.britannica.com/technology/automotive-industry> Última fecha de consulta: 22 de mayo de 2020.
- Equipo IA (2015, 05 de junio). *La transición a los vehículos autónomos*. Madrid: Observatorio IA. <https://observatorio-ia.com/la-transicion-los-vehiculos-autonomos> Última fecha de consulta: 9 de mayo de 2020.
- Fetherson, Éamonn; Kinzler, Michael; Miller, Shelie (2018) *Assembling our transportation Future*. Michigan, Estados Unidos: *The regents of the University of Michigan*. <https://www.learnala.com/cases/model-t/10> Última fecha de consulta: 17 de marzo de 2020.
- Schwab, Klaus (2016, 14 de enero). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. Ginebra, Suiza: *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> Última fecha de consulta: 24 de abril de 2020.
- Zhan, Benjamin; Gould, Skye (2017, 2 de mayo). *These 14 giants corporations dominate the global auto industry*. New York, Estados Unidos: *Business Insider*. <https://amp.businessinsider.com/car-companies-of-the-world-2017-4> Última fecha de consulta: 5 de mayo de 2020.