

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Economía, Administración y Mercadología
Maestría en Administración



**APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS ÁGILES EN EL DESARROLLO DE
PRODUCTO PARA INGENIERÍA MECÁNICA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.**

TRABAJO RECEPCIONAL que para obtener el **GRADO** de

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN

Presenta: **JOSÉ ARTURO SÁNCHEZ LÓPEZ**

Asesor **MAESTRO JOSÉ JUAN CALZADA LÓPEZ**

Tlaquepaque, Jalisco. 11 de noviembre de 2019.

Agradecimientos

A mis maestros, en especial a mi tutor José Juan Calzada, por tu paciencia, dirección y ejemplo, muchas gracias.

A mi familia y amigos, en especial a mi mama, Carmen Rocío por haberme enseñado que con educación cualquier meta que me proponga es alcanzable. A mi esposa, Liz que, sin su constante apoyo, fortaleza, ejemplo y amor, jamás lo hubiera logrado. Y a mi hija, Julieta, espero siempre ser un ejemplo para ti.

Abstract

La industria automotriz ha sido, a lo largo de la historia, una de las industrias que más ha impactado en el desarrollo tecnológico de la humanidad. Sin embargo, la industria se ha visto seriamente impactada en los últimos años por muchos factores, entre los cuáles se pueden destacar: recesiones económicas, desarrollo de nuevas tecnologías de la información, nuevos modelos de negocio y tendencias como movilidad diversa, electrificación, conectividad y conducción autónoma.

El mercado no es el mismo, está constantemente cambiando, y exige nuevas y mejores formas de desarrollar vehículos. Esta exigencia se refleja en todos los niveles dentro de la industria, desde las empresas que se dedican a diseñar los vehículos del mañana como Volvo, BMW, Chrysler y demás armadoras, pasando por todas las demás empresas que son proveedoras de la industria, hasta las empresas que se dedican a distribución y venta de vehículos.

Esta intervención se enfoca en los retos y problemas derivados de esta exigencia que sufren las empresas encargadas del desarrollo de nuevos productos para la industria automotriz. Durante la misma, se investigaron las causas del cambio en la industria, y se diseñó e implementó una metodología basada en el desarrollo ágil de software que utilizan empresas como Google, Amazon, Microsoft, Verizon entre otras de acuerdo con el artículo de Proyectos Ágiles (2019).

Palabras clave: automotriz, ingeniería mecánica, ágil, scrum.

Índice

Agradecimientos	2
Abstract	3
Índice de siglas	6
FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO.....	7
1.1. Identificación y caracterización del problema a atender	8
1.2. Contexto de la propuesta de intervención.....	9
1.2.1. Contexto de la industria automotriz	9
1.2.2. Contexto de una empresa proveedora del ramo automotriz.....	12
1.3. Objetivos de la intervención.....	15
1.3.1 Objetivo general de la intervención.....	15
1.3.2 Objetivos particulares de la intervención	16
1.4. Delimitaciones y área funcional que intervenir	16
1.5. Justificación y pertinencia del trabajo.....	18
MARCO CONCEPTUAL O DE REFERENCIA.	20
2.1. Referencias	21
2.1.1. Modelo de cascada.....	22
2.1.2. Modelo Ágil	23
2.1.3. Conceptos estadísticos.....	24
2.2. Estado de la cuestión.....	26
2.3. Conceptos y enfoques teóricos relacionados.....	27
2.4. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo	29
2.4.1. Kanban.....	29

2.4.2. Scrum.....	30
ESTRATEGIA METODOLÓGICA O DE INTERVENCIÓN.....	34
3.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención	35
3.1.1. Consideraciones riesgo/beneficio de la estrategia	35
3.2. Herramientas e instrumentos	36
3.3. Muestra o sujetos de intervención.....	38
3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención	40
3.4.1. Cronograma de trabajo	40
3.4.2. Análisis de la situación	40
3.4.3. Diseño de la solución.....	41
3.4.4. Desarrollo de la solución.....	45
3.4.5. Implementación	45
3.5. Metas de información	46
EXPOSICIÓN DE HALLAZGOS.....	48
4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición.....	49
4.2. Organización de la información obtenida	54
4.2.1. Carga de horas de trabajo	54
4.2.2. Entrevistas al equipo Scrum.....	65
4.2.3. Entrevistas a la comunidad de ingeniería dentro de la empresa.....	66
4.2.4. Impacto sobre la calidad de los entregables.....	68
4.3. Impacto de la estrategia en la organización.....	68
4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización.....	68
DISCUSIÓN FINAL.....	69
5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia.....	70

5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes.....	71
5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso	72
Bibliografía	73
Tabla de Ilustraciones.....	76

Índice de siglas

TOG	Trabajo de Obtención de Grado
IDI	Investigación, Desarrollo e Innovación
ITESO	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
VW	<i>Volkswagen</i>
BMW	<i>Bayerische Motoren Werke</i>
FCA	<i>Fiat Chrysler Automobiles</i>
GM	<i>General Motors</i>
PO	<i>Product owner: Dueño del producto</i>
SM	<i>Scrum Master: Maestro Scrum</i>

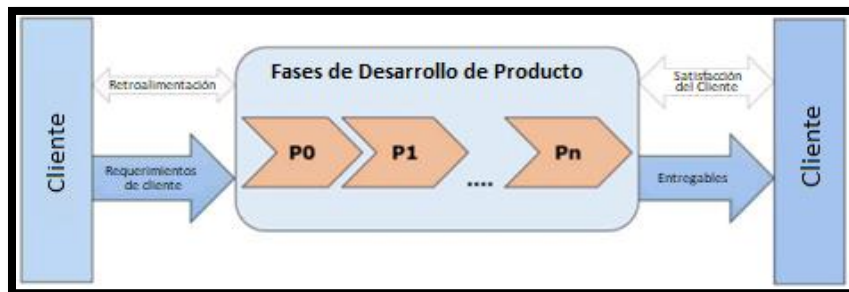
CAPÍTULO I.
FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO.

1.1. Identificación y caracterización del problema a atender

Las empresas armadoras automotrices u OEM por sus siglas en inglés, como Ford, VW, BMW, FCA o GM, están exigiendo la reducción del tiempo de desarrollo de nuevos productos de 4 a 1.5 años, manteniendo los costos y calidad de sus productos.

Debido a este gran reto, los proveedores de la industria automotriz y en específico, los grupos de Desarrollo en Ingeniería Mecánica se enfrentan con el problema de tener que adaptar el modelo clásico de desarrollo de producto descrito por Daniel & Draghici (2015), mostrado en la Ilustración 1, para poder cumplir este nuevo requerimiento de la industria.

Ilustración 1. Fases del desarrollo del producto.



Fuente: Daniel & Draghici (2015).

Este modelo es altamente lineal y secuencial. De manera estricta, en este modelo no se ven representados trabajos en paralelo ni reflujos. La realidad es que los desarrolladores de producto se encuentran con la necesidad de trabajar a marchas forzadas para poder seguir este modelo, cumplir con las expectativas de sus clientes y adaptarse a los cambios constante durante las etapas tempranas de desarrollo.

De acuerdo con la percepción de un grupo de ingenieros mecánicos de desarrollo que trabajan para la industria automotriz¹, estos son algunos de los problemas derivados de querer seguir el modelo clásico de desarrollo de producto:

- Alto nivel de estrés por la alta carga de trabajo. Que trae consecuencias a nivel profesional y personal.
- Falta de objetivos y prioridades claros. El tener “demasiados” entregables en tan poco tiempo causa que la persona no sepa por dónde empezar, o cuál tarea es más importante. Los ingenieros se hacen preguntas como: “¿para cuándo hay que entregar?”, y la respuesta más común es: “para ayer”. Esto afecta sobre todo la calidad del proyecto, por terminar el entregable, se descuida la calidad del trabajo. Este es el problema más común.
- Baja motivación. De la encuesta, más del 30% de los ingenieros dijeron llegar a sentirse “incapaces” de realizar las tareas requeridas y pierden la motivación para hacer su trabajo. En algunos casos esto ocasiona rotación en el área afectada.
- Fatiga mental. Esto baja el rendimiento de los ingenieros gravemente.
- Pérdida de eficiencia por tanto cambio de tareas. El estar cambiando de tarea constantemente causa una pérdida de eficiencia en los ingenieros. Este es un problema altamente recurrente.

1.2. Contexto de la propuesta de intervención

1.2.1. Contexto de la industria automotriz

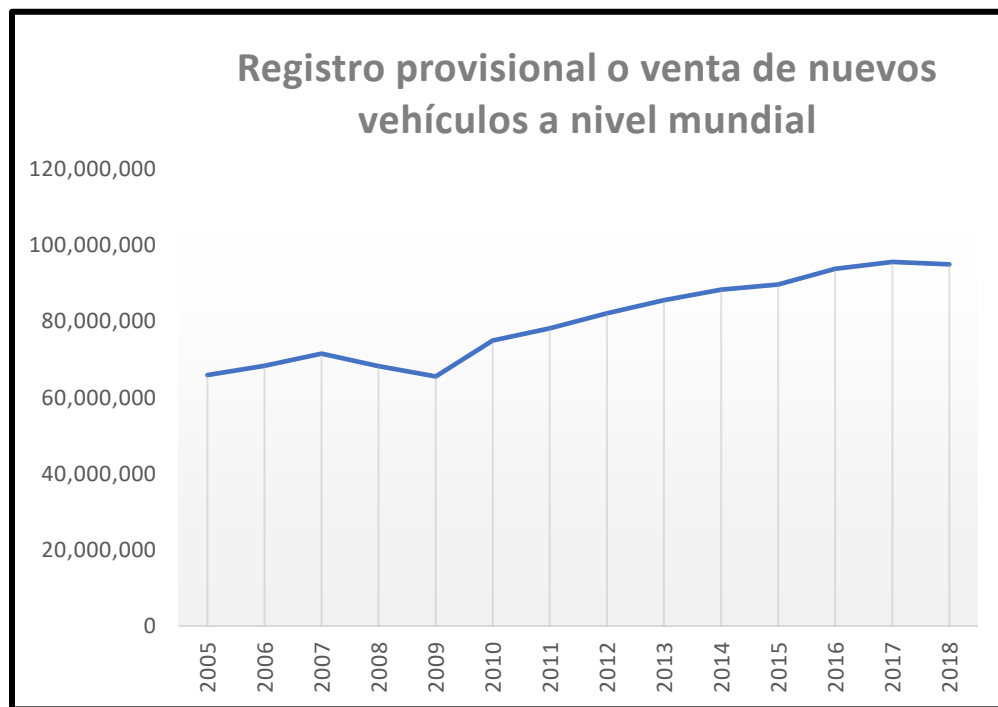
La industria automotriz conforma de acuerdo con Nieuwenhuis (2015), uno de los más grandes sectores de manufactura en la comunidad global. Es una industria que está reinventándose a sí

¹ Encuesta realizada a un grupo de 42 Ingenieros Mecánicos de Desarrollo localizados en Guadalajara, Jalisco el 9 de noviembre del 2018, relacionada con su práctica profesional.

misma constantemente, que tiene relativamente pocos actores y que las acciones de cada uno de ellos afectan en gran medida a todos los demás. Nieuwenhuis (2015) explica también que los proveedores de la industria automotriz ya no están limitados a realizar operaciones de poco valor agregado, sino que han progresado en la cadena de valor en una nueva forma de trabajo que combina capacidades de investigación y desarrollo, diseño y fabricación en lugares de producción globales.

Por otro lado, la compra de vehículos a nivel mundial ha visto un declive. De acuerdo con la OICA (2019) (*Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*), durante el 2018 el registro y compra de nuevos vehiculos ha tenido una perdida de 0.6%, comparado contra un aumento promedio mayor al 3% anual del 2013 al 2017, vease la Ilustración 2.

Ilustración 2. Registro provisional o ventas de nuevos vehículos a nivel mundial.



Fuente: OICA (2019).

Aun así, el nivel de consumo es muy alto esto genera que las OEMs como Ford, Volkswagen, FCA, GM, etc. se vean en la necesidad de involucrar a los proveedores de la industria automotriz no solo

como proveedores de productos, sino como proveedores también de servicios de diseño y desarrollo de producto, desde etapas tempranas de conceptualización.

Y es en esta línea, de acuerdo con las tendencias investigadas por Kass, y otros (2016), en un estudio que hicieron para la empresa *McKinsey & Company*, que la industria automotriz va a verse en la necesidad de cambiar su modelo de mercado a uno mucho más versátil, donde los usuarios de carros puedan demandar “actualizaciones” para sus coches de manera mucho más cotidiana. Donde, el desarrollo de vehiculos sea mucha más acelerado para poder sostener la demanda constante del mercado por mejoras.

Las ilustraciones 3 y 4 muestran las tendencias más importantes para el 2030 en relación a la industria automotriz y los puntos clave de la investigación hecha por la empresa *McKinsey & Company* por Kass, y otros (2016) en relación a cómo estas tendencias van a influenciar el mercado.

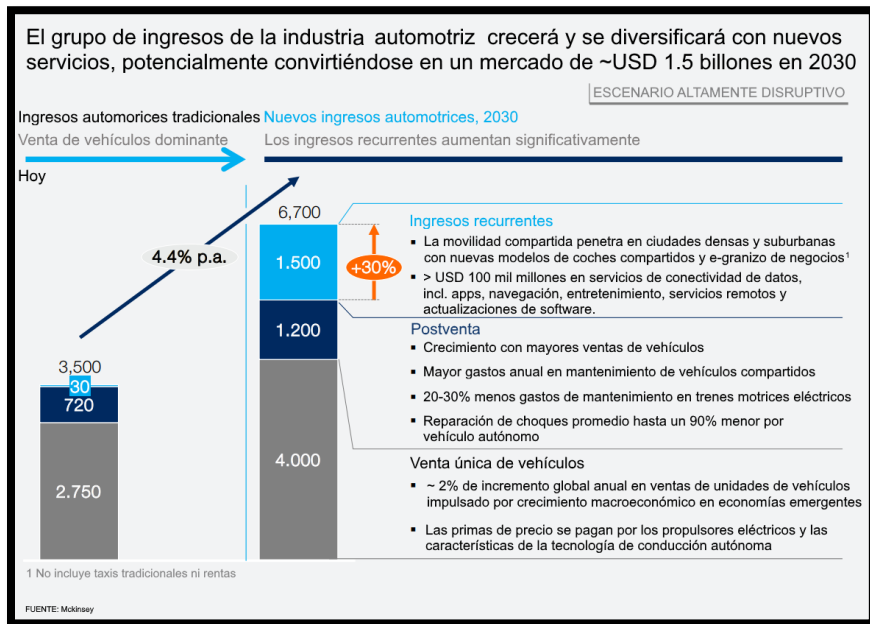
Ilustración 3. Razones para la disrupción en la industria automotriz.



Fuente: *McKinsey & Company* por Kass, y otros (2016).

Las cuatro tendencias: Electrificación, Conectividad, Conducción autónoma y Movilidad diversa, están ya afectando tanto a las OEMs como a las empresas proveedoras del ramo automotriz e incluso, estas tendencias están abriendo la puerta a que nuevos competidores, fuera del ramo, entren a competir. Empresas como LG, Google, Intel, Samsung, son algunas de las empresas que están buscando entrar en la industria automotriz como proveedores directos.

Ilustración 4. Cambiando mercados y modelos de ingresos.



Fuente: McKinsey & Company por Kass, y otros (2016).

Siempre y cuando la industria y sus proveedores se adapten al cambio y creen soluciones holísticas que cubran las necesidades de sus clientes, la industria seguirá creciendo.

1.2.2. Contexto de una empresa proveedora del ramo automotriz

En la industria automotriz, como en cualquier otra industria, la competencia es el motor que hace que los productos y servicios tengan cada vez más calidad, menor tiempo de desarrollo

y mejor precio. Según la revista Automotive News, en un artículo de Chappell (2019), en la ilustración 5 se muestran los 10 proveedores de la industria automotriz más exitosos en el 2018:

Ilustración 5. Top diez proveedores automotrices

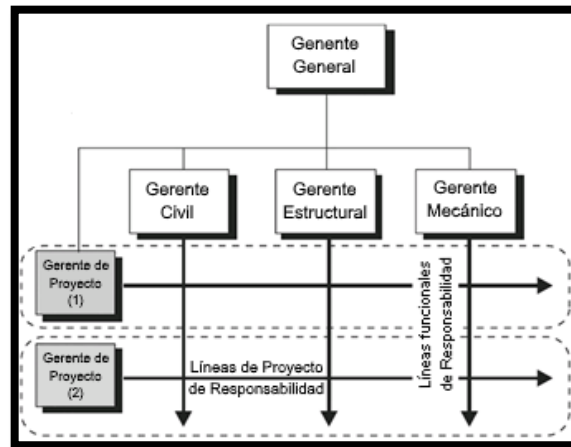
Top 10 Proveedores globales	
Como fueron clasificados por ventas de piezas de equipos originales de automobiles de todo el mundo 2018	
Proveedor (clasificacio 2017)	Ventas en billones [EUA]
1. Robert Bosch (1)	\$49,5 f
2. Denso Corp (2)	\$42,8 fe
3. Magna International Inc. (3)	\$42,80
4. Continental (4)	\$37,8 f
5. ZF Friedrichshafen (5)	\$36,9 f
6. Aisin Seiki (6)	\$35,0 f
7. Hhyundai Mobis (7)	\$25,6
8. Lear Corp (8)	\$21,1
9. Faurecia (10)	\$20,7
10. Valeo (9)	\$19,7 f

f = año fiscal
e= estimado
Fuente: Automotive News Data Center

Fuente: Chappell (2019).

Todas estas empresas tienen en común que utilizan una estructura de administración de tipo matricial, que de acuerdo con Burke & Barron (2014), y mostrada en la ilustración 6, es la estructura que muchos consideran ser la más “natural”, ya que formaliza los lazos informales que muchas empresas requieren para obedecer tanto las demandas del negocio como las demandas de la empresa misma.

Ilustración 6. Estructura matricial de empresas



Fuente: Burke & Barron (2014).

Para las empresas proveedoras del ramo automotriz esta estructura de administración representa tan solo dos dimensiones; gerencia de disciplina o funcional y la gerencia de proyecto, producto o servicio. Existen además otras dimensiones que dictan las demandas requeridas para desarrollar un nuevo producto, por ejemplo: áreas centrales como calidad, tecnología, innovación, gobernanza, entre otras.

Aquí un ejemplo para describir la problemática que enfrenta un ingeniero desarrollador de producto La empresa *Y-Automotive* es seleccionada por algún OEM para diseñar y producir el botón de intermitentes para el automóvil *Y-car*, siguiendo todos los requerimientos definidos por las entidades regulatorias como la NHTSA², los requerimientos funcionales como; espacio, interacciones y desempeño definidos por el departamento de ingeniería de la OEM, y los requerimientos cosméticos definidos por el departamento de diseño de la OEM.

Idealmente, de acuerdo con Daniel & Draghici (2015), en el proceso de desarrollo se reciben todos requerimientos del producto antes de empezar las diferentes fases del desarrollo

² *National Highway Traffic Safety Administration*, se encarga de controlar y transmitir todos los requerimientos legislativos y de seguridad para el transporte en EUA.

de producto. Sin embargo, la realidad es que los requerimientos, en especial los funcionales y cosméticos cambian a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo de producto. Como resultado de eso, en combinación con el hecho de que las fechas de entrega no cambian se genera estrés en los Ingenieros encargados del desarrollo.

El estrés está en todos lados, de acuerdo con Aldwin (2007), un alto porcentaje de las conversaciones diarias de una persona, están enfocadas a eventos estresantes, y si bien hay niveles de estrés que pueden tener efectos positivos, de manera general, las reacciones emocionales hacia el estrés se refieren a sentimientos negativos como: ansiedad, frustración, enojo y tristeza. Es decir, si después de dos meses de desarrollo, la OEM decide que el botón de las intermitentes para el *Y-car* va a cambiar de posición, seguramente, el ingeniero encargado del desarrollo va a buscar formas de resolverlo a costa de estrés y, por tanto, va a experimentar sentimientos negativos. Es por eso que las empresas según Weinberg, Sutherland, & Cooper, (2015) deben tener diferentes estrategias para ayudar a sus empleados a manejar el estrés laboral, estrategias cómo; trabajo laboral flexible, fomento de relaciones de gestión de línea de apoyo, promoción del compromiso de los empleados por mencionar algunas. Otras consecuencias directas del alto nivel de demanda del sector automotriz son; la reducción de la calidad por enfocarse en las entregas, retrasos en tiempos de entrega y, en casos extremos, incumplimientos de las entregas a cliente.

1.3. Objetivos de la intervención

1.3.1 Objetivo general de la intervención

El objetivo general de la intervención es definir medidas para balancear la carga de trabajo para un grupo de ingeniería en desarrollo de producto en el área de investigación y desarrollo mecánico de producto en una empresa del ramo automotriz.

1.3.2 Objetivos particulares de la intervención

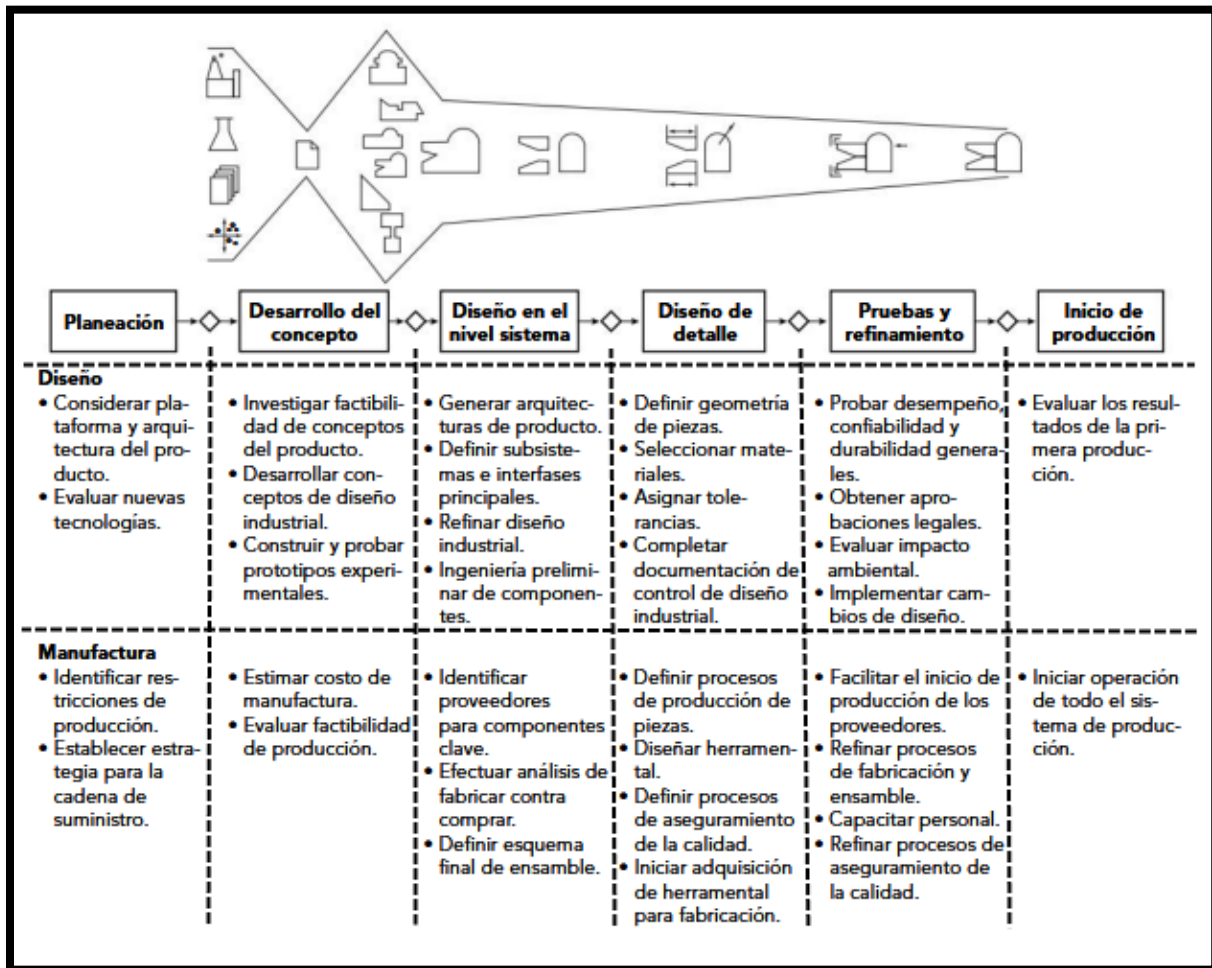
Los objetivos en particular son:

- Definir el uso de las metodologías disponibles para el balanceo de cargas de trabajo para el grupo de ingeniería intervenido.
- Balancear la carga de trabajo de entre todos los miembros del equipo de ingeniería mecánica. Cada ingeniero trabaja para su proyecto y dependiendo de la fase específica de cada proyecto, la carga de trabajo necesaria para completar las actividades de desarrollo varía.
- Balancear la carga de trabajo en el ciclo de desarrollo de producto. Cada fase del desarrollo de producto requiere una cantidad diferente de entregables y, por tanto, la carga de trabajo varía. Este objetivo se refiere a que la carga de trabajo se pueda homogeneizar, en medida de lo posible, a lo largo del desarrollo de producto.

1.4. Delimitaciones y área funcional que intervenir

El desarrollo mecánico de producto define el procedimiento o protocolo a seguir para llevar los conceptos requeridos por el cliente a una realidad en producción en serie. De acuerdo con Ulrich & Eppinger (2013) consta de 6 etapas, mostradas en la ilustración 7:

Ilustración 7. Proceso genérico de desarrollo mecánico de producto.



Fuente: Ulrich & Eppinger (2013).

La intervención se llevará a cabo para un grupo de ingeniería mecánica del ramo automotriz, dentro de una unidad de negocios de diseño interior para un proyecto en desarrollo desde la etapa de planeación hasta la etapa de inicio de producción.

Esta intervención se enfoca en los procesos relacionados con el diseño, como: desarrollo de conceptos de diseño, análisis de requerimientos, generación de arquitectura, definición de geometrías, pruebas de confiabilidad y durabilidad, implementación de cambios de diseños, entre otros. Pero también facilitará algunos elementos de las etapas tempranas de manufactura como:

evaluación de factibilidad, definición de esquema de ensamble y definición de procesos de producción.

Sin embargo, hay algunos elementos de la manufactura que están limitados por los alcances tecnológicos actuales, es decir; los procesos relacionados a la fabricación de herramientas para la producción en serie no se pueden acelerar más de lo que la tecnología actual lo permita.

1.5. Justificación y pertinencia del trabajo

La importancia de este trabajo radica en que busca resolver el problema de la mala distribución de cargas de trabajo de raíz para mover el desarrollo de producto a una filosofía mucho más ágil y flexible que se pueda adaptar a cualquier organización del ramo automotriz con una perspectiva global.

El beneficio principal de la intervención será precisamente que permita al grupo de desarrollo cumplir con los requerimientos de sus clientes sin sacrificar el balance vida-trabajo de los ingenieros encargados del desarrollo de producto. Algunos otros beneficios son:

- Al tener una carga de trabajo estable, los objetivos y prioridades son más claros para los ingenieros.
- Estabilidad laboral. Y como consecuencia de esto, menor rotación.
- Mayor eficiencia como efecto de poder concentrarse en una tarea a la vez.

La barrera más grande con la se va a enfrentar esta intervención es la resistencia al cambio. El equipo de trabajo ya tiene un procedimiento interno bien establecido que sigue los principios descritos en la ilustración 7 y que entrega resultados. Sin embargo, la industria sigue avanzando a ritmo acelerado y de no hacer un cambio pronto, el grupo corre el riesgo de quedar rezagado. Actualmente, el grupo de trabajo ni la empresa tiene métricos definidos para los puntos antes mencionados, es decir, no existen datos que validen que efectivamente existe un problema. Parte

de la justificación del trabajo radica en encontrar métricos adecuados que permitan medir el éxito de la misma.

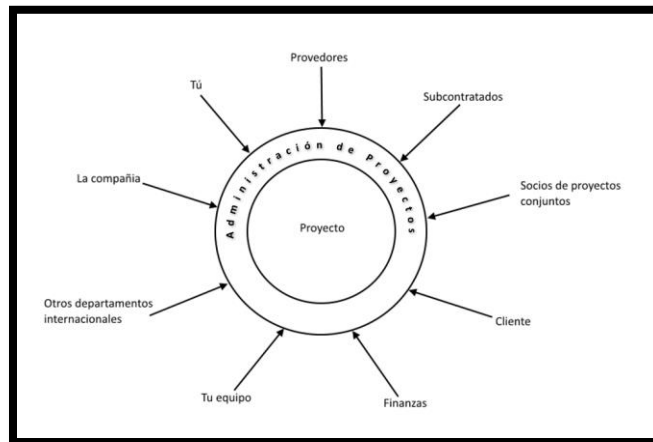
CAPITULO II.

MARCO CONCEPTUAL O DE REFERENCIA.

2.1. Referencias

La teoría de administración de proyectos está fundamentalmente preocupada por completar las actividades que le dan más valor agregado al producto de acuerdo con Childs (2018). La administración de proyectos involucra la aplicación de procesos, métodos, conocimientos, habilidades y experiencia para alcanzar objetivos previamente definidos. A continuación una ilustración 8 muestra algunas ligas entre el administración del proyecto y los actores principales de acuerdo con Childs (2018).

Ilustración 8. Ligas entre administración de proyectos y actores principales.



Fuente: Childs (2018).

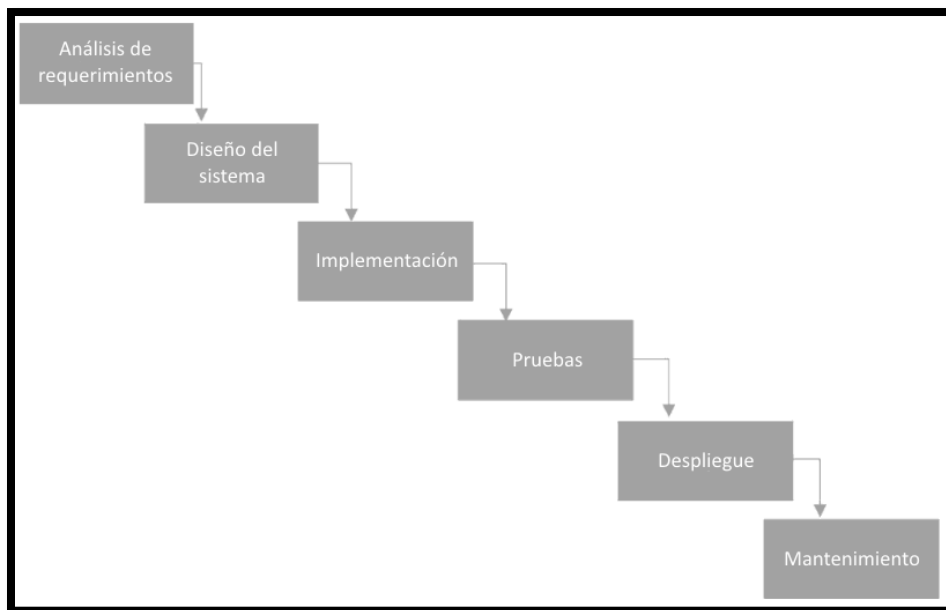
En la teoría tradicional de administración de proyectos es importante asegurarse que los objetivos del proyectos esten alineados o atiendan a las necesidades de todos los actores principales. Childs (2018) propone los siguientes puntos clave para asugarar la correcta ejecución del proyecto:

- Asegurar el correcto establecimiento de los objetivos principales del proyecto.
- Planeación y ejecución del programa del proyecto, considerando los puntos clave o hitos para los actores principales.
- Una correcta administración de riesgos

2.1.1. Modelo de cascada

El modelo de cascada es uno de lo más usados dentro de la industria automotriz. Tiene más de 60 años de práctica de acuerdo con Childs (2018, pág. 33). La ilustración 9 muestra las diferentes etapas del modelo de cascada.

Ilustración 9. Modelo de desarrollo cascada.



Fuente: Childs (2018).

Partiendo de que los requerimientos de un producto, estas son las fases definidas por el modelo cascada:

1. Análisis de requerimientos: resultando en modelos, esquemas y reglas para el producto.
2. Diseño del sistema: resultando en la arquitectura del producto.
3. Implementación: industrialización del producto.
4. Pruebas: de tipo funcionales y cosméticas.

5. Despliegue: es la etapa de producción.
6. Mantenimiento.

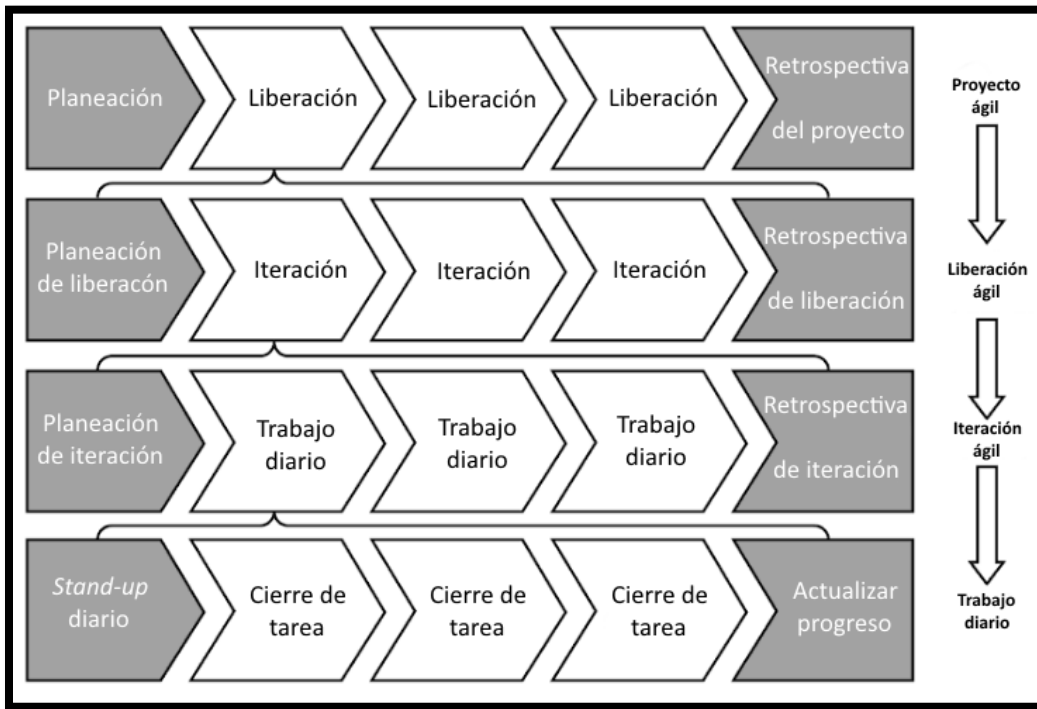
Este modelo es apropiado para las tareas donde el trabajo se puede definir como parte de un proceso secuencial y donde los requerimientos son fijos. Para equipos con un alto grado de experiencia en la tarea.

2.1.2. Modelo Ágil

La administración de proyectos ágil, de acuerdo con Childs (2018), permite que haya flexibilidad de alcance sin perder la calidad de los productos. La gestión ágil de proyectos surgió de una revisión de los enfoques de mejores prácticas en una amplia gama de gestión de proyectos y métodos para superar algunas de las limitaciones asociadas con estos.

La ilustración 10 muestra la fases y sub-fases del ciclo de vida de proyecto ágiles descritas por Sliger & Broderick (2008).

Ilustración 10. Fases y subfases ágiles



Fuente: Sliger & Broderick (2008).

El modelo ágil, fracciona el proceso normal de desarrollo en componentes más pequeños e incrementales. Un proyecto ágil puede estar compuesto por múltiples liberaciones o períodos de tiempo de calendario que, a su vez se componen de iteraciones en las que los equipos crean el incremento de trabajo.

2.1.3. Conceptos estadísticos

Para analizar los datos numéricos, se hizo uso de los siguientes conceptos estadísticos:

Estadísticos descriptivos

Minitab, LLC, (2019) dice que “los estadísticos descriptivos resumen y describen las características importantes de los datos”, y sirven para determinar la distribución de los datos.

Histograma

Es una gráfica que muestra las características estadísticas más importantes de los datos a analizar. Sirve para comprobar si los datos siguen una distribución normal de acuerdo con Minitab, LLC, (2019).

Estadístico de Anderson-Darling

“El estadístico Anderson-Darling mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. Para un conjunto de datos y distribución en particular, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será este estadístico. Por ejemplo, usted puede utilizar el estadístico de Anderson-Darling para determinar si los datos cumplen el supuesto de normalidad para una prueba t. “de acuerdo con Minitab, LLC, (2019).

Prueba t de 2 muestras

De acuerdo con Minitab, LLC, (2015, 2017): “Una prueba de 2 muestras se puede utilizar para comparar si las medias de dos grupos independientes son diferentes. Esta prueba se deriva bajo el supuesto de que ambas poblaciones están normalmente distribuidas y poseen varianzas iguales. Si bien el supuesto de normalidad no es crítico (Pearson, 1931; Barlett, 1935; Geary, 1947), el supuesto de varianzas iguales es crítico si los tamaños de las muestras son notablemente diferentes (Welch, 1937; Horsnell, 1953)”.

Gráfica de intervalo de confianza de Tukey

Es, de acuerdo con Minitab, LLC, (2019) “la mejor gráfica que se puede utilizar para determinar los rangos de probabilidades de las diferencias y para evaluar la significancia práctica de esas diferencias”.

Prueba de 2 Varianzas

Minitab, LLC, (2019) dice que: “La prueba de 2 varianzas es útil para situaciones de mejora de la calidad. Puede utilizar esta prueba para comparar la varianza dentro de los subgrupos con la varianza entre los subgrupos. Además, puede utilizar esta prueba para comparar la varianza del proceso antes y después de implementar un programa de mejora de la calidad.”

2.2. Estado de la cuestión

La implementación de modelos ágiles fuera del desarrollo de software no es común. De acuerdo con el artículo hecho por la empresa ALTEN (2019): “Los métodos ágiles ahora son populares en el mundo del desarrollo de software. Sin embargo, no es común implementar este tipo de enfoque iterativo en proyectos de ingeniería, diseño mecánico y eléctrico. Synchroness, una subsidiaria del grupo ALTEN, combina con éxito el método ágil y el ciclo industrial V en varios proyectos de hardware integrados en el espacio. Su enfoque innovador ha sido publicado en AAIA (Instituto Americano de aeronáutica y astronáutica por sus siglas en inglés), la mayor comunidad estadounidense de ingenieros aeroespaciales.”

En el artículo, ALTEN (2019) demuestra que sí es posible implementar metodologías ágiles en desarrollo de hardware. Y enfatiza cuatro puntos clave para una correcta implementación:

1. Desarrollo incremental. Partir el desarrollo tradicional en continuos incrementos. Esto logra dar al equipo de desarrollo un sentido regular de logro, las partes interesadas reciben avances de seguido y se desarrolla un mejor entendimiento de los objetivos principales del proyecto.
2. Tablero visual de tareas. Hacer uso de herramientas visuales para ayudar al equipo a ver y entender claramente las tareas pendientes.

3. *Stan-ups* diarios. Hacer juntas cortas en el equipo para determinar posibles dependencias de las tareas y definir siguientes las tareas. Es clave, de acuerdo con el artículo, hacer estas reuniones estando de pie.
4. Demostrar valor seguido. El objetivo del proyecto debe ser entregar valor a las partes interesadas tan rápido y con tan bajo costo como sea posible mientras se sigue creando un producto o servicio de valor.

Este artículo hace referencia a un caso de estudio, quizá el más conocido relacionado a ingeniería mecánica, que demuestra también que es posible la implementación de metodología ágiles en el desarrollo mecánico de producto. De acuerdo con Reynisdóttir (2013) algunos de los puntos clave para la correcta implementación son:

1. La aceptación del equipo y la propiedad del método de trabajo son vitales.
2. Es importante que los líderes participen activamente y den instrucciones al equipo.
3. Es un método de planificación y priorización. El objetivo es cambiar el nombre de su forma de trabajar como un método de priorización, ya que la asignación de recursos debe manejarse en un nivel superior.
4. Un entrenador ágil con experiencia es importante para la puesta en marcha, y si la experiencia no lo es disponible dentro de la organización, se debe buscar asistencia externa.
5. Es importante que el mensaje dado por la organización con respecto a los métodos de trabajo o la forma de trabajar sea en esencia "Esta es la forma de trabajar" en lugar de "Tienes que trabajar así", que es mucho más inspirador y proporciona un mejor ambiente de trabajo.

2.3. Conceptos y enfoques teóricos relacionados

La administración de proyectos ágil se sustenta en 12 principios desarrollados por Beck, y otros (2001) y traducido por OBS-edu.com (2019):

1. **Satisfacción del cliente.** Es la base de todo. Se alcanza a través de la entrega de productos de valor que cubran una necesidad.
2. **Bienvenidos los nuevos requisitos.** Cambiar sobre la marcha no es dar un paso atrás. Cualquier sugerencia o solución es bienvenida si se trata de mejorar el producto.
3. **Entregas por semanas.** La división del trabajo en fases productivas es la base de la metodología. En lo posible, ejecutar una cada semana.
4. **Es posible medir el progreso.** La evolución de los procesos no es un elemento subjetivo. Se puede medir con indicadores concretos.
5. **Desarrollo sostenible.** La forma de ejecutar los proyectos debe garantizar en sí misma su continuidad. No es una cuestión de hacer por hacer.
6. **Trabajo cercano.** Los líderes de los proyectos deben ejercer su labor en el mismo terreno donde tienen lugar las tareas y no desde los despachos.
7. **Conversación cara a cara.** El gestor responsable debe comunicar de forma eficaz sus mensajes, mejor si se hace de forma presencial. Se recomiendan reuniones periódicas tanto con el cliente como con sus colaboradores.
8. **Motivación y confianza.** Los procesos sólo tendrán éxito si quienes los llevan a cabo son personas motivadas y que interactúan en climas de confianza y solidaridad.
9. **Excelencia técnica y buen diseño.** Las formas nunca deben perderse, así como tampoco la calidad del trabajo. Todo es un conjunto.
10. **Simplicidad.** Las tareas han de ser lo más sencillas posible. Si alguna no puede ser ejecutada en esos términos, debe ser dividida en iteraciones hasta que se reduzca su nivel de complejidad.
11. **Autogestión de los equipos.** Si bien debe existir una figura que monitorice los equipos de trabajo, estos deben ser capaces de organizarse por sí mismos. El exceso de jerarquías crea dependencia entre los colaboradores.
12. **Adaptación a circunstancias cambiantes.** Los proyectos no suelen terminar de la misma forma en que empezaron. Es indispensable que quienes los ejecutan puedan adaptarse a las distintas circunstancias que puedan surgir.

2.4. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo

Ágil es un conjunto de métodos y metodologías que ayudan a los equipos a pensar más efectivamente, trabajar más eficientemente y tomar mejores decisiones de acuerdo con Stellman & Greene (2014).

Los metodologías Ágiles son las siguientes:

- Kanban
- Metodología Scrum Ágil
- Desarrollo de software *Lean*
- *Extreme Programming* (XP)
- *Crystal*
- *Dynamic Systems Development Method* (DSDM)
- *Feature Driven Development* (FDD)

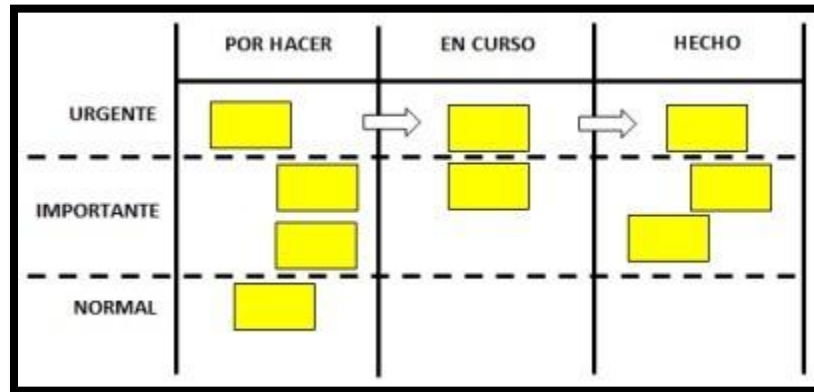
Para esta intervención se hará uso de dos de las metodologías mencionadas: Kanban y Scrum. De acuerdo con Kniberg & Skarin (2010) ambas son herramientas de proceso que ayudan a trabajar más eficientemente al decir claramente al desarrollador qué hacer.

2.4.1. Kanban

Kanban es un sistema de agenda creado dentro del marco de *Lean Manufacturing*. De acuerdo con Dictionary.com (2011), viene de la palabra japonesa *kamban* que significa literalmente letrero o signo de negocio en el comerciante, probablemente aludiendo a la última llamada de la tienda o del tabernero para pedidos antes de retirar letrero, por tanto, último minuto, justo a tiempo en el contexto del control de inventario.

La metodología consiste en hacer uso de un tablero para: visualizar el flujo de trabajo de una tarea, limitar el trabajo en proceso y medir el tiempo de cierre de las tareas de acuerdo con Kniberg & Skarin (2010). En la ilustración 11, se muestra un tablero Kanban típico.

Ilustración 11. Tablero Kanban.



Fuente: Kniberg & Skarin (2010).

2.4.2. Scrum

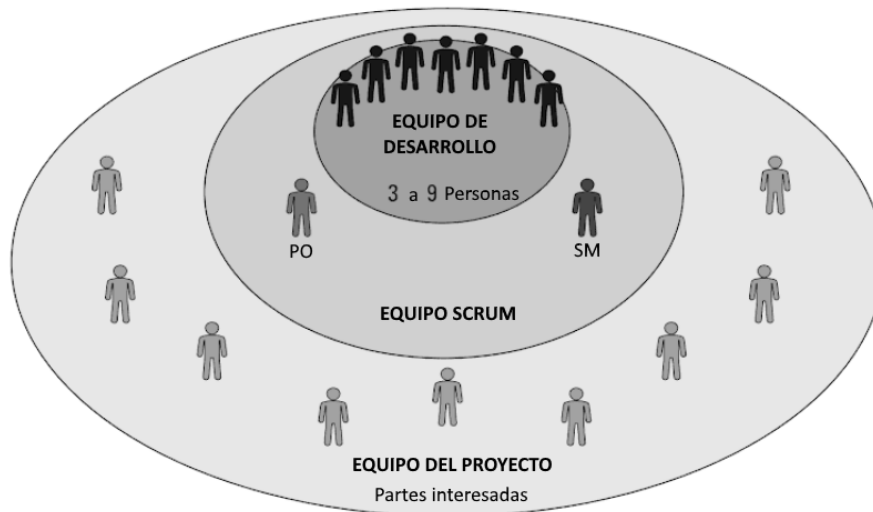
En general, los equipos de trabajo deben ser cooperativos para lograr una adecuada ejecución de proyectos. Los siguientes cinco roles son los definidos por el modelo scrum ágil de acuerdo con Layton & Ostermiller (2017):

- Equipo de desarrollo. Son todas las personas encargadas del desarrollo del producto. Ellos son responsables de ejecutar las tareas necesarias para que el proyecto sea exitoso.
- Dueño del producto (PO): A veces llamada el representante del cliente. Es el experto en el producto, en las necesidades del cliente y sus prioridades. El PO toma las decisiones sobre qué va a hacer y no hacer el producto.
- Maestro scrum (SM): Es el experto en el proceso y metodologías Scrum y se encarga de remover posibles bloqueos en el flujo de trabajo para el equipo de desarrollo.

- Partes interesadas (*Stakeholders*): Es cualquier persona que tiene intereses dentro del proyecto y no son responsables por la ejecución del producto. Sin embargo, ellos proveen información y se ven afectados por el resultado del proyecto.
- Mentor Ágil. Persona con experiencia implementado metodologías ágiles en proyectos y que comparte su experiencia con el equipo.

La ilustración 12 muestra los niveles de interacción de los equipos Scrum.

Ilustración 12. Equipo de proyecto Ágil



Fuente: Layton & Ostermiller (2017).

Scrum, según Kniberg & Skarin (2010), se puede explicar con 5 puntos principales:

- Dividir la organización en pequeños, multifuncionales y auto-organizados equipos.
- Dividir el trabajo en una lista de pequeños y concretos entregables. Organizar la lista por prioridades y estimar el esfuerzo relativo de cada tema.
- Dividir el tiempo en iteraciones de pequeña longitud fija (normalmente entre 1 y 4 semanas).

- Optimizar el plan de liberación de actualizaciones y ajustar las prioridades junto con el cliente, en cada iteración.
- Optimizar el proceso al final de cada iteración.

Scrum también hace uso de 3 rituales o hábitos para hacer más eficiente la forma de trabajo:

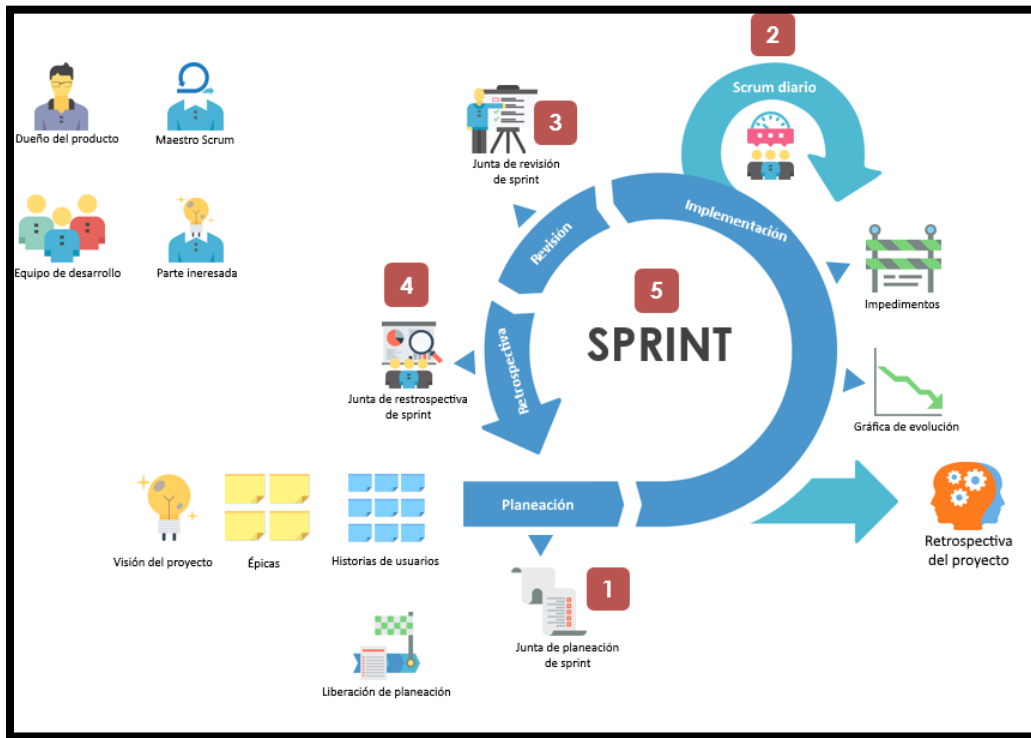
- Planeación y revisión de Sprint. Donde el sprint es un periodo de tiempo que el equipo Scrum define para entregar a cliente un avance del proyecto. La planeación, se hace antes de empezar el Sprint y la revisión justo al terminar.
- Scrum diario. Es una junta rápida que se hace para revisar el estatus de las tareas del proyecto, en qué se está trabajando, qué falta por hacer, si existe alguna dificultad y qué se va a terminar en el día.
- Retrospectiva de Sprint. Esta se hace después de la revisión y se hace principalmente para identificar qué se hizo bien y en qué se puede mejorar.

La metodología Scrum hace uso también de 3 artefactos para planear y medir el desempeño del equipo:

- Reserva de producto. Es el listado de todas las tareas que se tienen que realizar en un proyecto. Esta reserva se va refinando y especificando en la planeación de cada sprint.
- Reserva de Sprint. Es el listado de todas las actividades que un sprint va a cubrir.
- Gráfica de evolución. Es una gráfica que muestra el avance de la cantidad de trabajo hecho vs el planeado en la reserva.

De acuerdo con Visual Paradigm (2018), en la ilustración 13 se muestra el flujo que sigue un sprint y cómo la mayor parte del esfuerzo se lo lleva la implementación.

Ilustración 13. Flujo del Sprint en Scrum



Fuente: Visual Paradigm (2018).

En la imagen anterior las épicas se generan a partir de la reserva de proyecto y una forma de redactar los requerimientos del proyecto como historias para facilitar el entendimiento al equipo de trabajo, el dueño del producto es el responsable de crear estas épicas. De manera similar, las historias de usuario es la manera de redactar la reserva de sprint.

CAPITULO III.

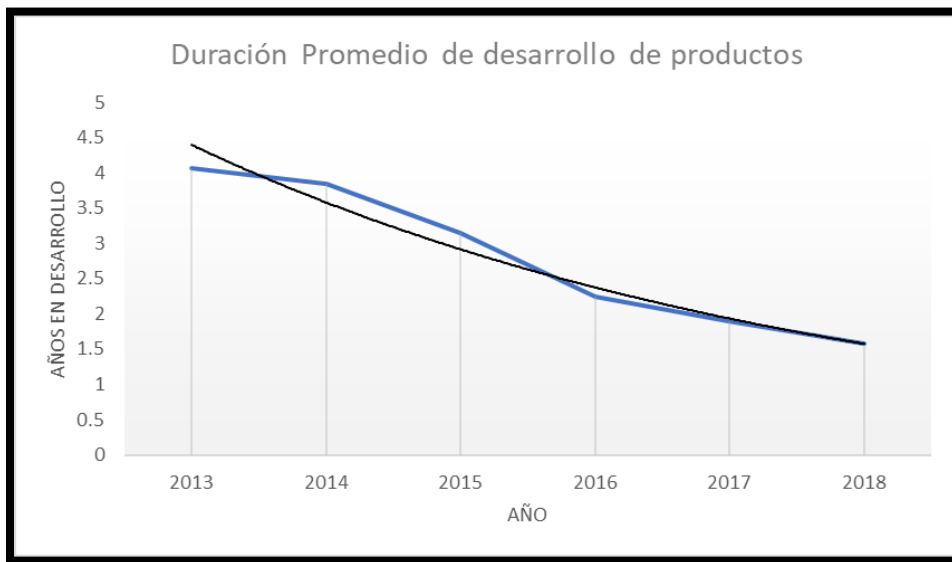
ESTRATEGIA METODOLÓGICA O DE INTERVENCIÓN.

3.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención

3.1.1. Consideraciones riesgo/beneficio de la estrategia

La intervención busca cumplir ese reto que las OEM le están exigiendo a una empresa proveedora del ramo automotriz antes mencionada, es decir; bajar el tiempo de desarrollo de nuevos productos de 4 años en 2013 a menos de 1.5 años de 2019 en adelante. La ilustración 14, muestra la tendencia histórica del 2013 al 2018 antes mencionada para la empresa en la que se está interviniendo. En azul, el promedio por año y en negro, la tendencia ajustada.

Ilustración 14. Tendencia de disminución en tiempo de desarrollo de producto.



Fuente: Autoría propia.

La intervención no busca cambiar los procedimientos para el diseño de partes, ni afectar todos los procesos involucrados con la correcta documentación del desarrollo del producto, esto para no afectar los estándares de calidad de los productos que la empresa diseña. El punto que busca atacar es el cómo se hace la administración y distribución de todas las tareas necesarias para

desarrollar un producto de una manera ágil y flexible. Es por estas razones que el riesgo de hacer un cambio así es considerado relativamente bajo para esta intervención.

Los potenciales beneficios están en atacar los problemas identificados anteriormente:

- Alto nivel de estrés por la alta carga de trabajo.
- Falta de objetivos y prioridades claros.
- Baja motivación.
- Fatiga mental.
- Pérdida de eficiencia por cambio de tareas.

3.2. Herramientas e instrumentos

Para esta intervención se utilizó la metodología ADDIE, descrita por Kurt (2017) en un artículo para empresa de desarrollo educational “Educational Technology”. En este artículo, Kurt, explica la metodología ADDIE. El significado del acrónimo se muestra en la ilustración 15.

Ilustración 15. Modelo ADDIE.



Fuente: Kurt (2017).

- Análisis. En la fase de análisis se define qué es lo que se va a resolver o aprender.

- Diseño. Se define cómo se va a resolver el problema.
- Desarrollo. Es el proceso de creación y producción de materiales.
- Implementación. Es el proceso de instalación del producto, pero en un contexto del mundo real.
- Evaluación. Que es el proceso de la determinación del impacto del producto.

Esta metodología es de acuerdo con el artículo de Kurt (2017), especialmente efectiva en procesos académicos o que requieren un aprendizaje nuevo dentro de un grupo de trabajo. Esa fue la razón principal por la que se eligió esta metodología en particular para la intervención.

Scrum es una nueva forma de trabajo y va a requerir que el equipo de trabajo este constantemente aprendiendo sobre la metodología y sobre sus acciones para mejorar constantemente. Es por esto, que también se hizo uso de los 8 pasos para gestionar el cambio de la cultura organizacional, desarrollados por John Kotter y explicados de acuerdo con artículo de Crisancho Dueñas, (2016) de la siguiente manera:

1. Crear un sentido de urgencia. La empresa debe realmente crear ese sentido de urgencia que les permita a los trabajadores querer desear ese cambio
2. Formación de equipo de cambio. Cerciorarse de que no solo sea una persona quien este liderando el cambio que se quiera empezar a implementar.
3. Crear una visión clara para el cambio. La creación de una estrategia para ejecutar las acciones que cumplirán con la visión a corto y largo plazo.
4. Comunicar la visión. Asegurarse de que todos los miembros tengan claridad en el propósito del cambio.
5. Eliminar obstáculos que se puedan presentar frente a la gestión del cambio que se está realizando. En esta fase se debe mirar la estructura orgánica para encontrar el punto de consonancia con la visión y objetivos a los que se quieren llegar.
6. Asegurarse de triunfos a corto plazo. Esto con el propósito de que los miembros de la organización crean en que el cambio que se realizó.

7. Construir sobre el cambio. No permanecer satisfechos con los logros realizados a corto plazo. Se deben evaluar los puntos positivos y los puntos por mejorar.
8. Implementar los cambios en la cultura organizacional. Es importante que los líderes y nuevos integrantes de la organización sigan apoyando el cambio.

Finalmente, además del modelo ADDIE y de la gestión del cambio de la cultura organizacional, se hizo uso del método científico de observación, para analizar el comportamiento del grupo intervenido ya que, la observación forma parte integral del quehacer científico de cualquier ciencia de acuerdo con García Sánchez, Pacheco Sanz, Díez González, & García Martín (2010).

3.3. Muestra o sujetos de intervención.

La intervención se llevó a cabo en un grupo de Ingenieros Mecánicos de la industria automotriz como se definió en la sección 1.4. El grupo está laborando dentro del área metropolitana de Guadalajara en Jalisco, México. El grupo consta de 44 Ingenieros Mecánicos y se encuentran divididos por 3 tipos diferentes de tecnologías que desarrollan.

- 17 desarrollan el producto tipo A. Llamado de aquí en adelante equipo A. De los cuales, 11 tienen la posición de administrador de proyecto en ingeniería mecánica y los otros 6 son soporte en ingeniería mecánica.
- 7 desarrollan el producto tipo B. Llamado de aquí en adelante equipo B. Dos de ellos ejercen como administradores de proyecto en ingeniería mecánica y los otros tres como soporte en ingeniería mecánica.
- 10 desarrollan el producto tipo C. De los cuales 3 son también administradores de proyecto en ingeniería mecánica, 2 son soporte en ingeniería mecánica y los 4 restantes tienen un grado de especialización extra necesario para el producto C.
- Los 10 restantes son ingenieros mecánicos especialistas que se dedican a dar soporte a los tres productos A, B y C en áreas como diseño CAD, Calidad, Iluminación, procesos de producción y análisis estructural.

Cada uno de estos 4 grupos tiene su respectivo jefe de grupo y cada uno de estos 4 jefes de grupo reporta de manera indirecta a su respectivo gerente a nivel global.

Los administradores de proyecto en ingeniería mecánica se dividen en dos tipos:

- 1) Soporte a producción. Que se encargan de administrar proyectos que ya se encuentran en producción en serie y principalmente atiende a cambios de ingeniería hechos a estos productos. Por lo general, estos ingenieros pueden llevar más de un producto a la vez y sin necesidad de soporte extra.
- 2) Nuevos productos. Estos ingenieros se encargan de la administración del proyecto desde etapas tempranas de cotización, y desarrollo de conceptos, pasando por validaciones de diseño y producto hasta lograr la correcta introducción del producto a producción en serie. Normalmente los ingenieros con más experiencia son los que se encargan de los nuevos productos y ellos requieren del soporte tanto de los ingenieros especialistas como de los ingenieros mecánicos de soporte. Estos grupos siguen la metodología de desarrollo de producto descrita en la sección 1.4.

El equipo de trabajo ya tiene actualmente cierto grado de implementación Ágil. Este equipo de trabajo ya se encuentra familiarizado con el método Kanban descrito en la sección 2.3.1. El equipo que atiende el producto tipo A, ya atienden a juntas cortas diarias en celdas de trabajo divididas por tipo de cliente y producto, para repartir tareas de soporte general, tareas que cualquier ingeniero mecánico del equipo está capacitado para realizar, con la ayuda de un tablero Kanban. Esta intervención va a hacer uso de esta práctica para integrarla dentro del método a implementar.

3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención

3.4.1. Cronograma de trabajo

Tener un plan de acción o cronograma de trabajo es indispensable para tener éxito durante cualquier intervención. La ilustración 16 muestra el cronograma de trabajo de acuerdo con el modelo ADDIE descrito en la sección 3.2.

Ilustración 16. Cronograma de trabajo.

No.	Tarea	Fecha de arranque	Fecha de cierre
0	Arranque	13-ago-18	13-ago-18
1	Análisis	13-ago-18	22-feb-19
2	Diseño	28-ene-19	29-mar-19
3	Desarrollo	01-abr-19	17-may-19
4	Implementación	20-may-19	01-nov-19
5	Evaluación	04-nov-19	15-nov-19

Fuente: Autoría propia.

3.4.2. Análisis de la situación

Además de lo descrito en la sección 1.1, dentro del análisis una de las conclusiones preliminares fue que el sistema Kanban ya usado por el equipo de trabajo se queda corto para atender el problema de distribución de carga de trabajo, el problema principal obedece a los siguientes factores:

- Primero, a que no todo el equipo usa el sistema Kanban para distribuir la carga de trabajo. Hace falta organizar el sistema de mejor manera para que mayor cantidad de tareas puedan ser distribuidas con el equipo.

- Las tareas que se están distribuyendo al equipo son únicamente las de los ingenieros que dan soporte a producción, no de productos en desarrollo.
- No todos los especialistas están integrados de manera eficaz dentro del método Kanban. La dificultad de integrarlos está en que las tareas que hacen están mayormente enfocadas a nuevos productos.
- El cambio no es únicamente metodológico. Es un cambio en la cultura de trabajo del equipo. Es importante que el equipo esté convencido de que un cambio va a mejorar su trabajo.
- Aunque la intervención y el proyecto piloto son en un equipo de trabajo de una localidad en específico, es importante mencionar y tener claro que al ser una organización global se requiere tener todo el apoyo de la gerencia local y gerencia organizacional. Es crucial que apoyen la incrementar las posibilidades de éxito asegurar el éxito.

Todos estos factores son clave para asegurar el buen funcionamiento de la propuesta de solución. La exposición de estos hallazgos a la organización se utilizó para crear un sentido de urgencia.

3.4.3. Diseño de la solución

La propuesta de implementación propone el uso de un modelo *Scrumban*, que es la combinación de Scrum y Kanban de acuerdo con Ladas (2009). En donde Kanban seguirá siendo implementado para proyectos en soporte a producción, ya que en estos proyectos no puede haber una proyección a largo plazo de las tareas a realizar y, se seguirán teniendo juntas diarias para distribuir la carga de trabajo. Y Scrum para proyectos de desarrollo de productos nuevos.

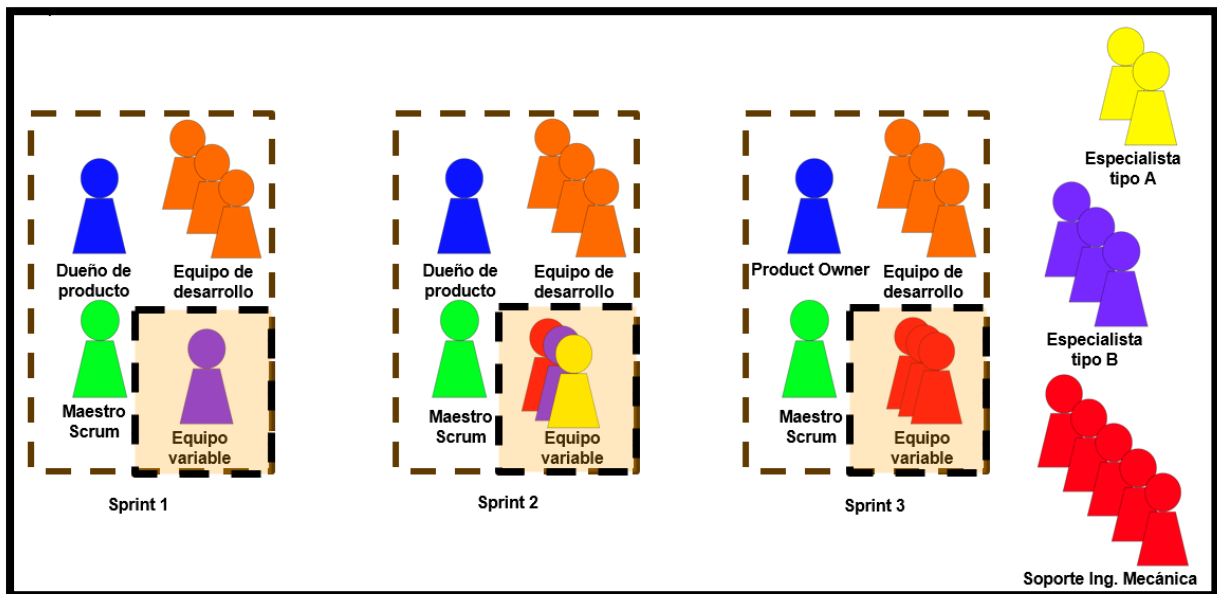
Una de las diferencias principales con el desarrollo de software, del desarrollo en ingeniería mecánica, es que las actividades necesarias a ejecutar requieren un alto grado de especialización técnica, y estas actividades no son requeridas de manera constante en el proyecto. Por esta situación, los especialistas técnicos se verían subutilizados si se quedan

exclusivamente dentro de un solo equipo scrum durante todo el desarrollo. Por lo que el equipo scrum de desarrollo se va a dividir en dos partes:

1. Equipo central: Que tiene a su dueño del producto, a su maestro scrum asignado y un equipo de trabajo de ingenieros de soporte mecánicos dedicados al proyecto y que fungirán como hilo conductor durante todo el desarrollo.
2. Equipo variable: dependiendo del tipo de tareas necesarias a ejecutar en cada sprint el equipo de desarrollo va a variar.

La ilustración 17 ejemplifica lo anteriormente descrito.

Ilustración 17. Propuesta de implementación



Fuente: Autoría propia.

Los roles serán cubiertos de la siguiente manera:

- Dueño del producto. Este rol lo cubrirá el Ingeniero que es el administrador del proyecto en ingeniería mecánica.

- Maestro scrum. Este rol será nuevo y dedicado a ejercer el rol de maestro scrum para todos los proyectos del área.
- Equipo de desarrollo. En combinación entre el equipo central, que son los ingenieros en soporte mecánico y el equipo variable, que pueden ser especialistas o más ingenieros de soporte mecánico.

Para la generación de la reserva de tareas para el proyecto el dueño de producto tomará como base los requerimientos explícitos de su cliente (OEM), y el procedimiento interno de desarrollo de producto que maneja la empresa. Luego durante cada sprint, el dueño de producto se encargará de refinar la reserva a una que se adapte al desarrollo del producto en específico.

Teniendo ya definida la propuesta de implementación, el siguiente paso dentro del Diseño se trató de detallar el plan de trabajo. En la ilustración 18 se muestra el cronograma de trabajado detallado durante esta etapa.

Ilustración 18. Cronograma de trabajo detallado.

No.	Tarea	Fecha de arranque	Fecha de cierre
0	Arranque	13-ago-18	13-ago-18
1	Análisis	13-ago-18	22-feb-19
1.1	Definición de método de intervención	13-ago-18	31-ago-18
1.2	Estudio de marco de referencia	13-ago-18	30-nov-18
1.3	Estudio de estado del arte	15-oct-18	18-ene-19
1.4	Revisión con gerencia y equipo de trabajo	07-ene-19	18-ene-19
1.5	Ajustes y revisión de marco conceptual	18-ene-19	22-feb-19
2	Diseño	28-ene-19	29-mar-19
2.1	Diseño de propuesta preliminar	28-ene-19	08-feb-19
2.2	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	08-feb-19	15-feb-19
2.3	Definición de proyecto piloto	15-feb-19	15-feb-19
2.4	Ajustes con el proyecto definido	18-feb-19	15-mar-19
2.5	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	15-mar-19	22-mar-19
2.6	Ajustes con el proyecto definido	22-mar-19	29-mar-19
3	Desarrollo	01-abr-19	17-may-19
3.1	Entrenamiento Agile (Scrum)	01-abr-19	19-abr-19
3.2	Definición de tablero Jira para el proyecto	19-abr-19	03-may-19
3.3	Ajustes a tablero Jira	03-may-19	17-may-19
4	Implementación	20-may-19	01-nov-19
4.1	Kick-off con el proyecto	20-may-19	24-may-19
4.2	Sprint 1	27-may-19	14-jun-19
4.3	Sprint 2	17-jun-19	05-jul-19
4.4	Sprint 3	08-jul-19	26-jul-19
4.5	Sprint 4	29-jul-19	16-ago-19
4.6	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	19-ago-19	23-ago-19
4.7	Sprint 5	19-ago-19	06-sep-19
4.8	Sprint 6	09-sep-19	27-sep-19
4.9	Sprint 7	30-sep-19	18-oct-19
4.10	Cierre de Piloto	21-oct-19	25-oct-19
4.11	Análisis de resultados	28-oct-19	01-nov-19
5	Evaluación	04-nov-19	15-nov-19
5.1	Evaluación de métricos	04-nov-19	08-nov-19
5.2	Retroalimentación del equipo	04-nov-19	08-nov-19
5.3	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	11-nov-19	15-nov-19

Fuente: Autoría propia.

3.4.4. Desarrollo de la solución

Para asegurar que todos los ingenieros conozcan las herramientas ágiles: Kanban y Scrum, se organizaron entrenamientos con especialistas en la materia para todo el equipo.

Además, se cuenta con la posibilidad de hacer uso de la herramienta de software Jira, desarrollada por la compañía *Atlassian* y que es reconocida como una de las mejores herramientas para usar *Kanban* y *Scrum* en el mercado de acuerdo con Seeking Alpha (2018). El rol de maestro *Scrum* de también tomar un curso especializado tanto para el uso de software como para dominar la metodología Scrum en un nivel superior. Incluso es recomendable buscar la asesoría de un Maestro *Scrum* certificado al iniciar la implementación para asegurar fluidez con el uso de la metodología.

3.4.5. Implementación

Para la implementación, se seleccionó un proyecto en desarrolló que permita hacer uso de la metodología desde etapas tempranas. El proyecto está dentro del equipo que desarrollo producto tipo C, que es además un producto que es tecnológicamente muy retador y para el cual el tiempo de desarrollo es menor a 1.5 años.

Al final del año se hará la evaluación del proyecto piloto para verificar que los objetivos definidos se cumplan para los miembros participantes de éste.

El acomodo del equipo es el siguiente:

- un ingeniero que lleva el rol de administrador del proyecto en ingeniería mecánica, él va a tomar el rol de Dueño de Producto.
- dos ingenieros asignados como parte del equipo central como ingenieros mecánicos de soporte.

- Los otros 2 ingenieros que desarrollan también producto tipo B actuarán como ingenieros mecánicos de soporte cuando el sprint así lo requiera.
- Además, los ingenieros mecánicos especialistas también estarán dando soporte de acuerdo como los *Sprints* lo requieran. En específico un ingeniero especialista estará trabajando durante toda la implementación como parte del equipo.
- El rol de maestro *Scrum*, para el proyecto piloto lo cubrirá un ingeniero de software que actualmente tiene mayor experiencia en la metodología y le dará soporte otro ingeniero especialista que actualmente es encargado del área de calidad en ingeniería mecánica.

La duración de los *Sprints* inicialmente es de 3 semanas, sin embargo, de acuerdo con la experiencia de uso del equipo *Scrum* esta duración tendrá que ser ajustada. Esta duración tendrá que ser evaluada durante las retrospectivas. La experiencia de uso que tenga este proyecto piloto se va a usar para definir la siguiente fase de implementación en el equipo.

3.5. Metas de información

Alineado con los objetivos descritos en la sección 1.3, la principal meta de información se enfoca en analizar la distribución de carga de trabajo. Para lograrlo, se va a registrar el consumo de horas de ingeniería y de manera mensual, se va a evaluar este registro de horas. Al cierre del proyecto se va a comparar por medio de un experimento, la distribución de carga de trabajo del equipo que trabaja con la metodología *Scrum* contra el equipo que trabaja sin la metodología *Scrum*.

Otra meta importante de información clave es la percepción del equipo. Para lograrlo, durante las retrospectivas se va a recopilar información del equipo referente a la experiencia de uso. Es clave que los problemas, que son objetivos definidos en la sección 1.3.2, sean percibidos por el equipo como mejorados significativamente para considerar exitosa esta intervención.

Por último, hay que monitorear también la cantidad y calidad de los entregables definidos en los procesos internos y externos de desarrollo de producto. Estos entregables deberían

mantenerse con el nivel actual de calidad o mejorar con respecto a proyectos anteriores al implementar esta intervención.

CAPITULO IV.
EXPOSICIÓN DE HALLAZGOS.

4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición

Al momento de realizar la intervención, y con la ayuda del método de observación, se registraron las actividades llevadas a cabo, este es uno de los sistemas de medición cualitativos que se utilizaron para medir los resultados de la intervención. Se presenta el registro de estas actividades observadas en las ilustraciones 19 y 20 a continuación.

Ilustración 19. Registro del cronograma de trabajo parte 1

No.	Tarea	Fecha de arranque	Fecha de cierre	Fecha real de arranque	Fecha real de cierre	Comentarios
0	Arranque	13-ago-18	13-ago-18	13-ago-18	13-ago-18	Se logró sin contratiempos.
1	Análisis	13-ago-18	22-feb-19	13-ago-18	30-nov-19	La etapa de análisis en términos generales se ejecutó a tiempo. Sin embargo, durante las etapas de diseño, desarrollo e implementación la intervención se siguió alimentando de información.
1.1	Definición de método de intervención	13-ago-18	31-ago-18	13-ago-18	31-ago-18	Se logró sin contratiempos.
1.2	Estudio de marco de referencia	13-ago-18	30-nov-18	13-ago-18	30-nov-18	Marco de referencia inicial. Más adelante durante la etapas de Diseño, Desarrollo e Implementación se complementó el marco de referencia.
1.3	Estudio de estado del arte	15-oct-18	18-ene-19	15-oct-18	30-nov-19	La búsqueda inicial no resultó en un estado del arte que hiciera referencia a diseño mecánico. Se encontraron referencias adicionales durante la etapa de implementación. Es por eso que la fecha de cierra se muestra tan retrasada.
1.4	Revisión con gerencia y equipo de trabajo	07-ene-19	18-ene-19	07-ene-19	18-ene-19	Se logró sin contratiempos. El equipo de trabajo aun no estaba del todo convencido, pero sí muy comprometido.
1.5	Ajustes y revisión de marco conceptual	18-ene-19	22-feb-19	18-ene-19	22-feb-19	Se logró sin contratiempos.
2	Diseño	28-ene-19	29-mar-19	28-ene-19	26-abr-19	Durante la etapa de diseño de la propuesta el equipo de trabajo se mostró muy entusiasmado pero fue difícil alinear las diferentes ideas de cada uno de los individuos.
2.1	Diseño de propuesta preliminar	28-ene-19	08-feb-19	28-ene-19	08-feb-19	Se logró sin contratiempos. Durante esta etapa el equipo de trabajo se pudo enganchar mucho más con el proyecto.
2.2	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	08-feb-19	15-feb-19	08-feb-19	15-feb-19	Se logró sin contratiempos. Desde esta etapa se discutieron las diferentes posibilidades a elegir como proyecto piloto.
2.3	Definición de proyecto piloto	15-feb-19	15-feb-19	15-feb-19	15-feb-19	Se logró sin contratiempos. El proyecto que se encuentra en etapas tempranas de desarrollo.
2.4	Ajustes con el proyecto definido	18-feb-19	15-mar-19	18-feb-19	12-abr-19	Hubo muchos ajustes a la propuesta inicial. La asignación de roles y responsabilidades implicó más juntas de seguimiento con el equipo de proyecto. El equipo decidía hacer ajustes después del entrenamiento (mostrado en la etapa 3.1 del cronograma de trabajo).
2.5	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	15-mar-19	22-mar-19	12-abr-19	19-abr-19	Se logró sin contratiempos.
2.6	Ajustes con el proyecto definido	22-mar-19	29-mar-19	19-abr-19	26-abr-19	Se logró sin contratiempos. No fue necesario hacer ajustes durante esta etapa.
3	Desarrollo	01-abr-19	17-may-19	01-abr-19	17-may-19	Esta etapa se completó sin problemas ni contratiempos.
3.1	Entrenamiento Agile (Scrum)	01-abr-19	19-abr-19	01-abr-19	19-abr-19	El entrenamiento de metodologías KANBAN y SCRUM. Tanto para integrantes del equipo del proyecto piloto como para el resto del grupo de Ingeniería Mecánica. Este entrenamiento sirvió para que el equipo de trabajo hiciera algunos ajustes a la propuesta. Junto con el entrenamiento, se lanzó una encuesta a nivel global dentro de la empresa para evaluar la percepción de la pertinencia de la metodologías ágiles dentro del desarrollo mecánico de producto.
3.2	Definición de tablero Jira para el proyecto	19-abr-19	03-may-19	19-abr-19	03-may-19	Se logró sin contratiempos.
3.3	Ajustes a tablero Jira	03-may-19	17-may-19	03-may-19	17-may-19	Se logró sin contratiempos.

Fuente: Autoría propia.

Ilustración 20. Registro del cronograma de trabajo parte 2

No.	Tarea	Fecha de arranque	Fecha de cierre	Fecha real de arranque	Fecha real de cierre	Comentarios
4	Implementación	20-may-19	01-nov-19	20-may-19	01-nov-19	Implementación de la propuesta de solución en el proyecto piloto. Se completaron todas las actividades definidas, con muchos ajustes y algunos contratiempos descritos en cada etapa.
4.1	Kick-off con el proyecto	20-may-19	24-may-19	20-may-19	20-may-19	Se logró sin contratiempos.
4.2	Sprint 1	27-may-19	14-jun-19	27-may-19	14-jun-19	Después del primer Sprint el equipo decidió seguir con Sprints de 3 semanas. Durante la retrospectiva el equipo se dio cuenta que siguieron surgiendo muchas tareas con fechas de entrega en medio del Sprint. Esto impidió poder completar todas las tareas planeadas inicialmente. El equipo de trabajo se dio cuenta que había que buscar una forma dinámica de seguir integrando actividades en la "planeación" a lo largo del Sprint.
4.3	Sprint 2	17-jun-19	05-jul-19	17-jun-19	05-jul-19	El equipo de trabajo pidió más recursos para poder completar las tareas que quedaron abiertas del sprint anterior. Fue difícil granularizar las tareas a un nivel adecuado. Al final del Sprint aun quedaron tareas sin completar.
4.4	Sprint 3	08-jul-19	26-jul-19	08-jul-19	19-jul-19	Durante este Sprint el equipo evaluó los efectos de reducir el Sprint a 2 semanas con menos tareas por realizar. Al final del Sprint no se acabaron todas las tareas definidas y el equipo tuvo la sensación de que las juntas de planeación y retrospectiva quitaron tiempo efectivo de trabajo.
4.5	Sprint 4	29-jul-19	16-ago-19	22-jul-19	16-ago-19	En este Sprint el equipo probó con una duración de 1 mes (4 semanas). Todas las tareas planeadas en el Sprint se cerraron antes de acabar el Sprint. Sin embargo, durante el Sprint surgieron tareas con fecha de entrega antes del cierre del Sprint. Estas tareas fue difícil incorporarlas. El Dueño del Producto tuvo que hacer planeación intermedia.
4.6	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	19-ago-19	23-ago-19	22-ago-19	22-ago-19	Durante la presentación a gerencia se acordó seguir con Sprints de 3 semanas.
4.7	Sprint 5	19-ago-19	06-sep-19	26-ago-19	13-sep-19	Se atrasó el inicio una semana por la presentación a gerencia. Al final del Sprint el equipo quedó solo a dos tareas de completar todas las tareas planeadas.
4.8	Sprint 6	09-sep-19	27-sep-19	09-sep-19	18-sep-19	Durante este Sprint llegó un cambio de ingeniería importante dictado por el cliente en la mitad del Sprint, lo que "obligó" (el equipo tomó la desición) al equipo a parar el Sprint de manera prematura y volver a empezar planear un nuevo Sprint.
4.9	Sprint 7	30-sep-19	18-oct-19	19-sep-19	11-oct-19	Inició desfasado por el cambio de ingeniería dictado por cliente. El equipo de trabajo sintió que fue una buena idea haber parado el Sprint anterior ya que este cambio resultó en muchas nuevas actividades que eran necesario planear todo el equipo junto. Al final del Sprint se completaron todas las actividades definidas, el equipo tuvo que trabajar junto con el Dueño del Producto para incorporar nuevas actividades a la dinámica de trabajo el resto del Sprint. Es decir, es fue el unico Sprint en el que se acabaron todas las actividades definidas.
4.10	Cierre de Piloto	21-oct-19	25-oct-19	14-oct-19	18-oct-19	El equipo de trabajo tomó la decisión de seguir trabajando con la metodología de Scrum el tiempo restante del desarrollo de producto. Aquí se recopiló la retroalimentación de cada uno de los miembros del equipo. Se presenta un extracto de las opiniones en la sección 5.1
4.11	Análisis de resultados	28-oct-19	01-nov-19	21-oct-19	25-oct-19	Durante esta etapa se evaluó los resultados del proyecto piloto y también los resultados de la encuesta descrita en el punto 3.1 del cronograma de trabajo.
5	Evaluación	04-nov-19	15-nov-19	28-oct-19	08-nov-19	La evaluación de los resultados se adelantó con respecto a la planeado por dos motivos: el cierre adelantado del proyecto piloto y alineación con los tiempos académicos definidos para la evaluación del proyecto.
5.1	Evaluación de métricos	04-nov-19	08-nov-19	28-oct-19	03-nov-19	La evaluación de los métricos fue particularmente complicada por el procesamiento de los mismos. Mas detalles del proceso se describe en la sección 4.2.
5.2	Retroalimentación del equipo	04-nov-19	08-nov-19	28-oct-19	01-nov-19	En esta etapa se confirmaron los resultados cuantitativos y cualitativos con el equipo de trabajo.
5.3	Presentación a gerencia y discusión con el equipo	11-nov-19	15-nov-19	04-nov-19	08-nov-19	Se logró sin contratiempos.

Fuente: Autoría propia.

Una vez comunicado y aceptado el sentido de urgencia con los gerentes del área, se seleccionó el proyecto a implementar la metodología *Scrum* y el primer paso fue la junta de arranque o *Kick-*

off, donde se comunicó de nuevo con el equipo el sentido de urgencia identificado, se consolidó el equipo de trabajo para realizar el cambio y, junto con el equipo, se creó una visión compartida para el final del proyecto.

Los *Sprints* 1 y 2 se ejecutaron, en tiempo al menos, de acuerdo con el cronograma planeado. Sin embargo, los resultados no fueron los mejores ya que no se lograron completar todas las tareas planeadas durante las etapas de planeación de los *Sprints*. La razón principal, de acuerdo con el equipo, fue la falta de experiencia tanto del dueño del producto como de los desarrolladores. Fue, a la percepción del equipo, muy difícil medir la complejidad de las tareas a realizar y dueño del producto fue demasiado optimista al momento de definir la carga de trabajo para el equipo. Sin embargo, el equipo estuvo de acuerdo con que, aunque la cantidad de trabajo a realizar era más de la que se podía ejecutar, se sentía que todos estaban trabajando con el mismo ritmo.

Durante el tercer *Sprint*, que tuvo una duración de solo 2 semanas, el equipo quedó con la sensación de que todos los rituales de *Scrum* les quitaron más tiempo efectivo de trabajo de lo que les ayudaron. En cuestión de número de tareas realizadas, fue el *Sprint* que se tuvo peor desempeño.

Para el cuarto *Sprint* el equipo ya se percibía mejor “engranado”, es decir, durante la planeación hubo mucha más participación de todos los miembros del equipo, en las juntas diarias, había menos discusiones sobre el cómo resolver los problemas y la duración de estas fue mucho menor, en promedio, pasaron de durar alrededor de 30 a 40 minutos a durar entre 15 y 20 minutos. Al final de las juntas cada miembro del equipo sabía claramente qué hacer y al día siguiente, de ser necesario, pedía ayuda a los otros miembros a al maestro *Scrum* para completar sus tareas a tiempo. También, durante este *Sprint*, se hizo evidente un problema que había estado ocurriendo durante el resto de la implementación, que había tareas o requerimientos de cliente, sobre todo cliente interno, que no existían durante la planeación y cuya fecha de entrega quedaba

antes del cierre del *Sprint*. Dichas tareas, al ser de carácter “urgente”, se realizaron, y esto provocó que el equipo no completara todo lo que se planeó al principio del *Sprint*.

El quinto *Sprint*, fue en términos de planeación vs ejecución el mejor de todos. El equipo se quedó solo a 2 tareas de completar todas las actividades planeadas. El maestro Scrum tuvo mucho menos participación, ya que el equipo se percibía como autodirigido y los requerimientos de del dueño del producto eran mucho más claros para todos los desarrollos.

En el sexto *Sprint*, el equipo Scrum se enfrentó a una realidad que le exigió hacer uso de uno de los principios ágiles del manifiesto nombrado en la sección 2.3, que es; bienvenidos los cambios. Y aunque en la teoría, las metodologías ágiles te ayudan a recibir los cambios de una mejor manera, este cambio, ponía en riesgo de haber desperdiciado todo el trabajo de ingeniería hecho por el equipo hasta el momento. Por lo que se tomó la decisión de parar el *Sprint* en antes de la planeado para poder analizar este nuevo requerimiento y replantear las tareas para el *Sprint*.

Durante el último *Sprint*, el séptimo, se notaba un equipo mucho mejor organizado, cada miembro del equipo se percibía más cómodo con sus roles. Luego de haber tomado la decisión de “cortar” el sexto *Sprint*, el equipo llegó muy motivado y entusiasta a planear las actividades del nuevo *Sprint* para asegurarse de entregar resultados pronto. Se definieron entonces un nuevo set de actividades de acuerdo con la experiencia de los miembros del equipo y, 4 días antes de acabar el *Sprint*, 2 de los miembros del equipo se quedaron sin actividades por realizar, por que tuvieron que ir con el dueño de producto para pedirle que les ayudara a incorporar más tareas al *Sprint*, y poder mantener el ritmo de trabajo._Cada uno de estos *Sprints* sirvieron para seguir alentando al equipo, cada logro de cada miembro del equipo era resaltado con el objetivo de mantener a todos motivados y después de cada junta de retrospectiva se buscaba generar ideas de mejora que eran implementados durante el siguiente *Sprint*.

Durante la junta de retrospectiva, al final del séptimo *Sprint*, el equipo de trabajo tomó la decisión de seguir trabajando con la metodología *Scrum*, hasta terminar el desarrollo del

producto. Las *Sprints* subsecuentes no fueron registrados para este trabajo de intervención. El siguiente paso en el cronograma consistió en hacer la evaluación de los resultados.

4.2. Organización de la información obtenida

4.2.1. Carga de horas de trabajo

Durante el 2019 se registraron todas las horas de trabajo de los 17 ingenieros del grupo A y de los 6 ingenieros del grupo B, incluyendo un especialista que se mantuvo trabajando de manera constante durante el desarrollo de producto, equipos descritos en la sección 3.3.

Para el registro de horas se utilizó una base de datos interna de la compañía desarrollada por la empresa SAP, el registro se hace de manera personal por cada ingeniero, y se compilan los datos al final de cada mes. Cada ingeniero es responsable de registrar las horas trabajadas y a qué proyecto corresponden. Las siguientes ilustraciones 21 y 22 muestran los datos registrados para el grupo A y B respectivamente.

Ilustración 21. Horas de trabajo grupo A 2019

Mes	Equipo A																
	Ing. 1	Ing. 2	Ing. 3	Ing. 4	Ing. 5	Ing. 6	Ing. 7	Ing. 8	Ing. 9	Ing. 10	Ing. 11	Ing. 12	Ing. 13	Ing. 14	Ing. 15	Ing. 16	Ing. 17
Enero	165.0	28.2	160.6	161.5	136.8	94.4	155.3	179.1	142.5	147.4	147.8	29.1	95.3	131.5	144.7	-	152.4
Febrero	129.7	42.4	141.6	149.1	140.3	82.1	131.5	154.4	150.0	81.2	157.5	-	-	142.1	109.3	79.4	132.6
Marzo	145.2	106.8	140.3	168.5	163.2	133.2	174.7	155.3	150.0	121.8	162.8	59.6	139.4	150.0	114.8	112.1	135.4
Abril	145.2	142.1	141.2	143.8	131.5	147.4	150.9	144.9	120.0	116.5	120.0	74.1	132.4	143.8	138.5	127.1	150.0
Mayo	135.4	122.7	-	165.0	53.4	159.7	139.4	151.5	165.0	153.5	166.8	109.9	88.2	165.0	159.3	94.9	165.0
Junio	120.9	112.1	129.7	135.0	15.9	141.2	121.3	69.7	135.0	133.2	150.0	59.1	72.4	147.4	131.9	105.5	137.2
Julio	143.4	108.5	116.5	157.5	12.8	156.2	136.3	178.2	105.9	130.6	181.8	93.5	75.0	105.9	144.7	121.3	160.6
Agosto	138.5	145.6	156.6	165.0	10.1	159.3	131.0	145.6	21.2	67.1	166.8	60.0	17.6	135.9	-	106.8	143.4
Septiembre	119.6	68.8	138.8	150.0	9.7	114.7	87.4	158.8	22.9	18.5	161.0	75.4	-	82.1	117.4	98.8	35.3
Octubre	131.0	131.5	128.8	172.5	15.4	119.1	80.3	158.5	35.3	170.3	174.7	70.6	-	97.9	158.8	123.5	179.1

Fuente: Autoría propia³.

La tabla mostrada en la ilustración 21 presenta las horas de ingeniería cargadas a proyectos, proyectos en desarrollo y proyectos de soporte a producción por un mismo equipo de trabajo, el equipo A.

³ Horas dedicadas a proyectos. Horas tratadas para evitar la distribución de información sensible para la empresa. Horas dedicadas a entrenamientos no se cargan, se asume que la distribución de horas por entrenamiento es uniforme entre los miembros del equipo de ingeniería mecánico (A y B). Horas de vacaciones no se ven reflejadas, se asume que la distribución de horas no cargadas por un miembro del equipo se distribuye entre los demás miembros del equipo.

Ilustración 22. Horas de trabajo grupo B 2019

Mes	Equipo B							
	Ing. 18	Ing. 19	Ing. 20	Ing. 21	Ing. 13	Ing. 22	Ing. 23	Ing. 24
Enero	150.9	99.7	165.0	63.5	-	87.4	176.5	-
Febrero	127.1	112.1	143.4	82.9	-	139.4	169.4	149.1
Marzo	150.9	115.6	157.5	122.7	-	89.1	156.2	127.5
Abril	150.0	81.2	151.8	108.5	-	159.7	203.4	137.2
Mayo	178.2	105.9	140.3	141.2	-	156.2	173.8	120.0
Junio	150.0	99.7	127.9	-	-	142.1	162.4	-
Julio	186.2	145.6	165.5	-	-	143.8	169.4	-
Agosto	170.3	120.0	148.7	-	-	135.0	174.7	132.4
Septiembre	154.4	-	154.9	-	-	126.2	152.2	123.5
Octubre	162.4	-	132.8	-	156.2	-	165.5	115.2

Fuente: Autoría propia⁴.

La ilustración 22 muestra las horas de ingeniería cargadas para un proyecto en desarrollo por un mismo equipo de trabajo. El ingeniero 13, entró de soporte al proyecto durante el último mes. El ingeniero 21, dejó la compañía terminando el mes de mayo. Los análisis estadísticos de los datos para el equipo B se hace a partir de mayo, cuando se empezó con la implementación de la metodología *Scrum*.

Con la intención de tener un valor comparable entre cada mes, se dividió el total de horas trabajadas cada mes por cada ingeniero entre el número de días hábiles de cada mes, a los que se le llamará coeficiente de horas mensuales. Por ejemplo: Enero tiene 22 días hábiles en México entonces, si el ingeniero 1 trabajó 165 horas en enero, su coeficiente de horas en enero fue de:

$$\text{Coeficiente de horas mensual} = \frac{\text{Horas por mes}}{\text{Días hábiles en el mes}} = \frac{165 \text{ horas}}{22 \text{ días}} = 7.5 \frac{\text{horas}}{\text{días}}$$

⁴ Horas dedicadas a proyectos. Horas tratadas para evitar la distribución de información sensible para la empresa. Horas dedicadas a entrenamientos no se cargan, se asume que la distribución de horas por entrenamiento es uniforme entre los miembros del equipo de ingeniería mecánico (A y B). Horas de vacaciones no se ven reflejadas, se asume que la distribución de horas no cargadas por un miembro del equipo se distribuye entre los demás miembros del equipo.

A continuación, en las ilustraciones 23 y 24 se muestran los coeficientes de horas mensuales de cada ingeniero en el 2019.

Ilustración 23. Coeficientes de horas mensuales equipo A 2019

Mes	Equipo A																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Enero	7.5	1.3	7.3	7.3	6.2	4.3	7.1	8.1	6.5	6.7	6.7	1.3	4.3	6.0	6.6	-	6.9
Febrero	6.8	2.2	7.5	7.8	7.4	4.3	6.9	8.1	7.9	4.3	8.3	-	-	7.5	5.8	4.2	7.0
Marzo	7.3	5.3	7.0	8.4	8.2	6.7	8.7	7.8	7.5	6.1	8.1	3.0	7.0	7.5	5.7	5.6	6.8
Abril	6.9	6.8	6.7	6.8	6.3	7.0	7.2	6.9	5.7	5.5	5.7	3.5	6.3	6.8	6.6	6.1	7.1
Mayo	6.2	5.6	-	7.5	2.4	7.3	6.3	6.9	7.5	7.0	7.6	5.0	4.0	7.5	7.2	4.3	7.5
Junio	6.0	5.6	6.5	6.8	0.8	7.1	6.1	3.5	6.8	6.7	7.5	3.0	3.6	7.4	6.6	5.3	6.9
Julio	6.2	4.7	5.1	6.8	0.6	6.8	5.9	7.7	4.6	5.7	7.9	4.1	3.3	4.6	6.3	5.3	7.0
Agosto	6.3	6.6	7.1	7.5	0.5	7.2	6.0	6.6	1.0	3.0	7.6	2.7	0.8	6.2	-	4.9	6.5
Septiembre	6.0	3.4	6.9	7.5	0.5	5.7	4.4	7.9	1.1	0.9	8.1	3.8	-	4.1	5.9	4.9	1.8
Octubre	5.7	5.7	5.6	7.5	0.7	5.2	3.5	6.9	1.5	7.4	7.6	3.1	-	4.3	6.9	5.4	7.8

Fuente: Autoría propia.

Ilustración 24. Coeficientes de horas mensuales equipo B 2019

Mes	Equipo B							
	18	19	20	21	13	22	23	24
Enero	6.9	4.5	7.5	2.9	-	4.0	8.0	-
Febrero	6.7	5.9	7.5	4.4	-	7.3	8.9	7.8
Marzo	7.5	5.8	7.9	6.1	-	4.5	7.8	6.4
Abril	7.1	3.9	7.2	5.2	-	7.6	9.7	6.5
Mayo	8.1	4.8	6.4	6.4	-	7.1	7.9	5.5
Junio	7.5	5.0	6.4	-	-	7.1	8.1	-
Julio	8.1	6.3	7.2	-	-	6.3	7.4	-
Agosto	7.7	5.5	6.8	-	-	6.1	7.9	6.0
Septiembre	7.7	-	7.7	-	-	6.3	7.6	6.2
Octubre	7.1	-	5.8	-	6.8	-	7.2	5.0

Fuente: Autoría propia.

Los valores presentados fueron analizados de acuerdo con los métodos estadísticos descritos en la sección 2.1.3, y se presentan los resultados a continuación.

Estadísticos descriptivos

La siguiente ilustración 26, muestra las propiedades estadísticas de los coeficientes de horas mensuales para el equipo A y B.

Ilustración 25. Estadísticas descriptivas Equipo A y B.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Equipo A	163	0	5.774	0.155	1.980	0.461	4.719	6.478	7.185	8.736
Equipo B	60	0	6.642	0.170	1.319	2.888	5.928	6.825	7.609	9.685

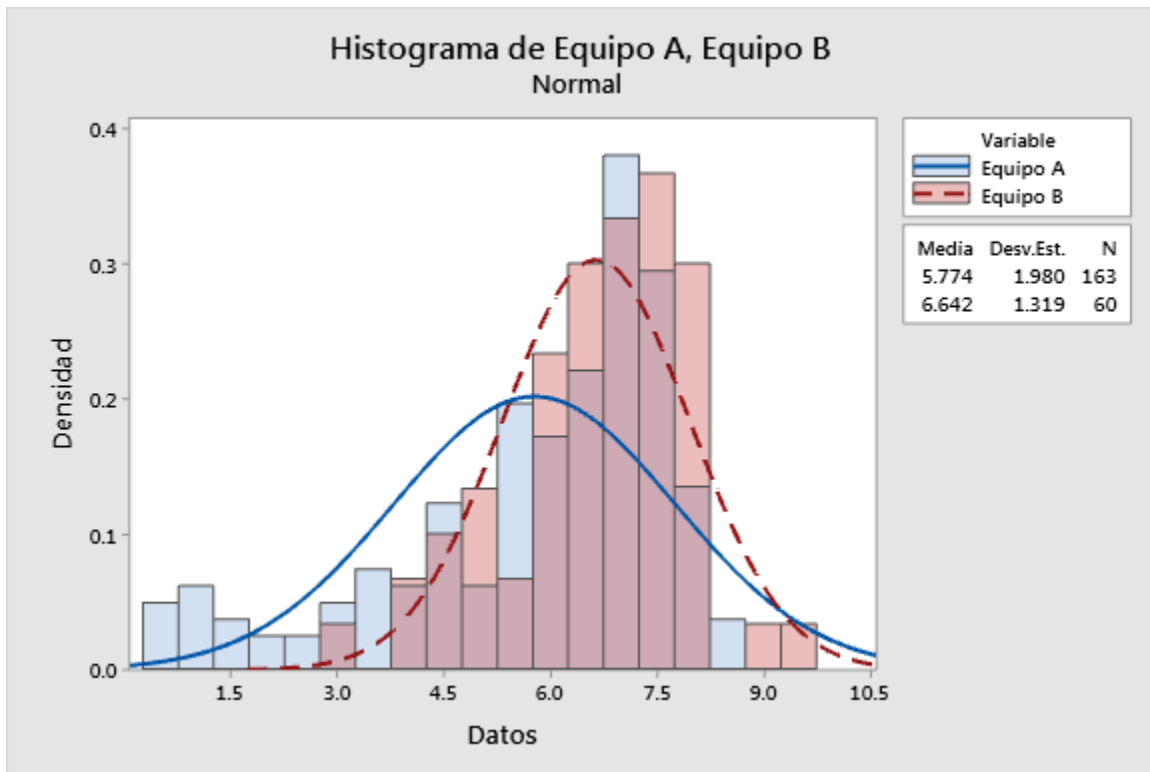
Fuente: Autoría propia.

Esta ilustración muestra que, en promedio, el equipo B trabaja más horas por mes comparado contra el equipo A. Esta hipótesis será comprobada por medio de prueba de hipótesis de medias, para verificar que el cambio es significativo. La ilustración 25 muestra también que, la variación de los coeficientes de horas mensuales del equipo B es menor que los del equipo A, de nuevo esta hipótesis tendrá que ser verificada.

Histograma

La ilustración 25 son los histogramas que muestran la distribución de los coeficientes de horas mensuales para los equipos A y B.

Ilustración 26. Histogramas



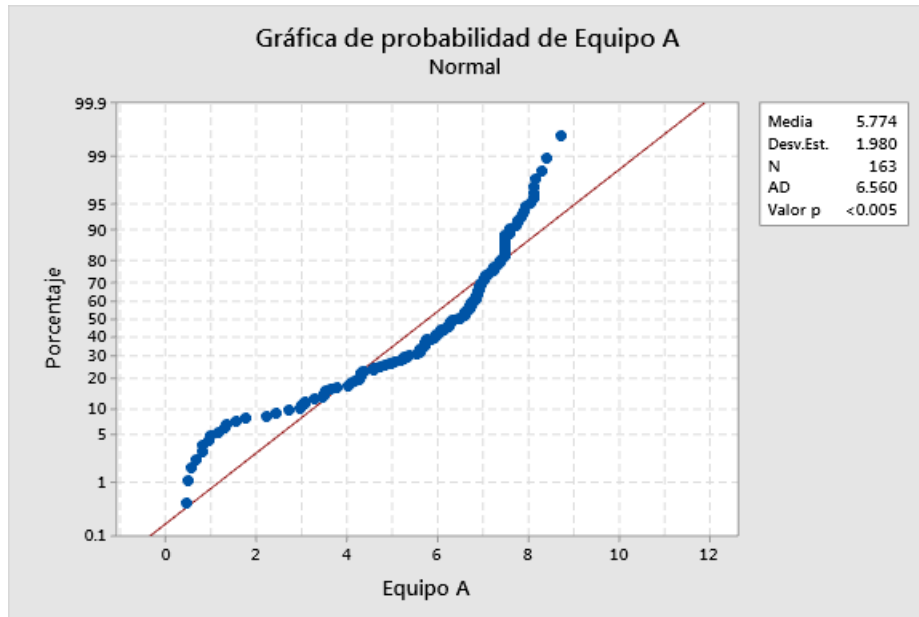
Fuente: Autoría propia.

Esta gráfica nos muestra que la distribución de los datos recopilados para el equipo B aparentan tener una distribución normal, sin embargo, no parece ser el caso. Esto lo verificaremos con la prueba de normalidad de Anderson-Darling.

Estadístico de Anderson-Darling

El siguiente paso en la intervención es verificar si la distribución de los datos recopilados es normal. Para hacerlo, se usa la prueba de normalidad de Anderson-Darling descrita en la sección 1.1.1. Las ilustraciones 27 y 28 muestran los resultados de las pruebas de normalidad para el equipo A y B.

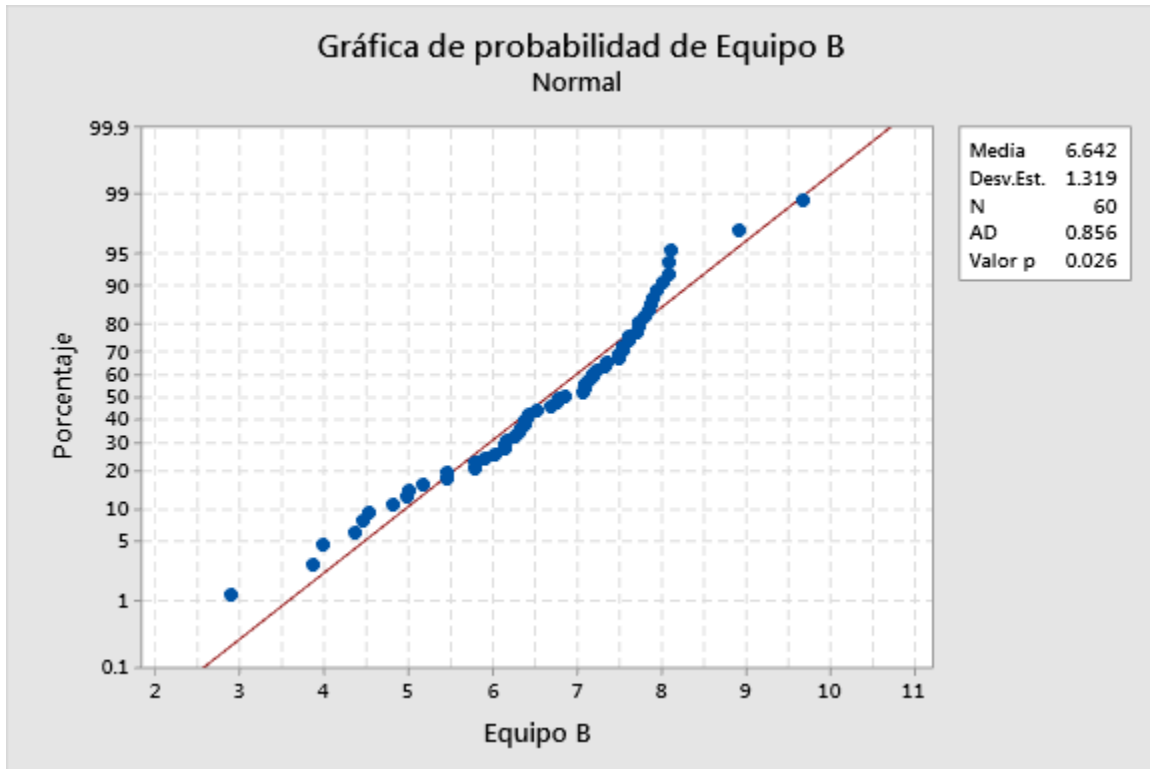
Ilustración 27. Prueba de normalidad equipo A.



Fuente: Autoría propia.

Para el quipo A, ya que el valor p es menor a 0.005, sin lugar a duda podemos decir que la distribución de los datos no es normal. Y la razón, luego de analizar los datos, es porque precisamente la carga de trabajo entre los ingenieros del equipo A no es normal, es decir que, si la distribución del coeficiente de horas mensual se normaliza luego de la intervención, esto también será una medida de éxito.

Ilustración 28. Prueba de normalidad equipo B.



Fuente: Autoría propia.

Para el equipo B el valor p es mayor a 0.005, se puede decir entonces que la distribución del coeficiente de horas mensual es normal en este equipo.

Prueba t de 2 muestras

Se utilizó la prueba t de 2 muestras para verificar si el promedio de los coeficientes de horas mensual del equipo B tiene un cambio significativo con respecto al del equipo A. en la ilustración 29 se muestran los resultados.

Ilustración 29. Prueba t de dos muestras

Método	Prueba
μ_1 : media de Equipo A μ_2 : media de Equipo B Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <i>No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i>	Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ <u>Valor T</u> <u>GL</u> <u>Valor p</u> -3.77 157 0.000

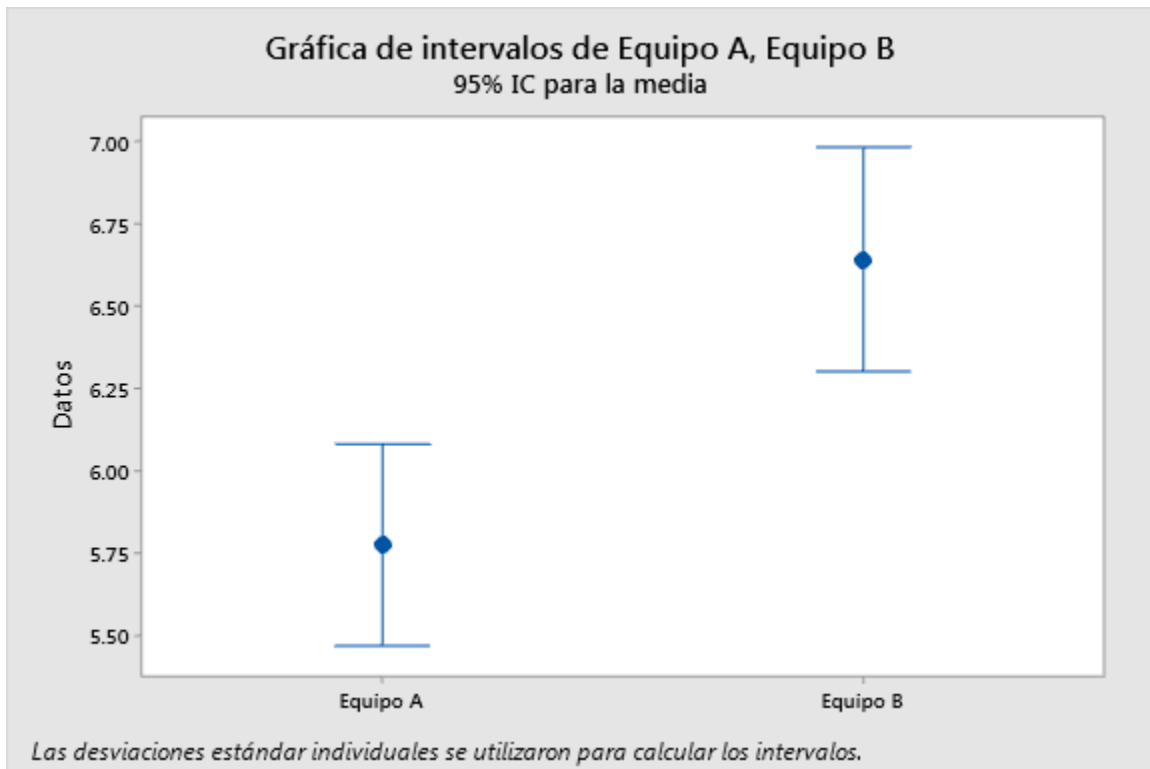
Fuente: Autoría propia.

Dado que el valor p es de cero, podemos decir con certeza que la medias son significativamente diferentes, y que el equipo B trabaja más, en promedio, que el equipo A.

Gráfica de intervalo de confianza de Tukey

La gráfica de intervalos de confianza para las varianzas mostrada en la ilustración 30, nos dice la distribución de los datos y las medias para los coeficientes de horas mensuales para los equipos A y B.

Ilustración 30. Gráfica de intervalos de confianza.



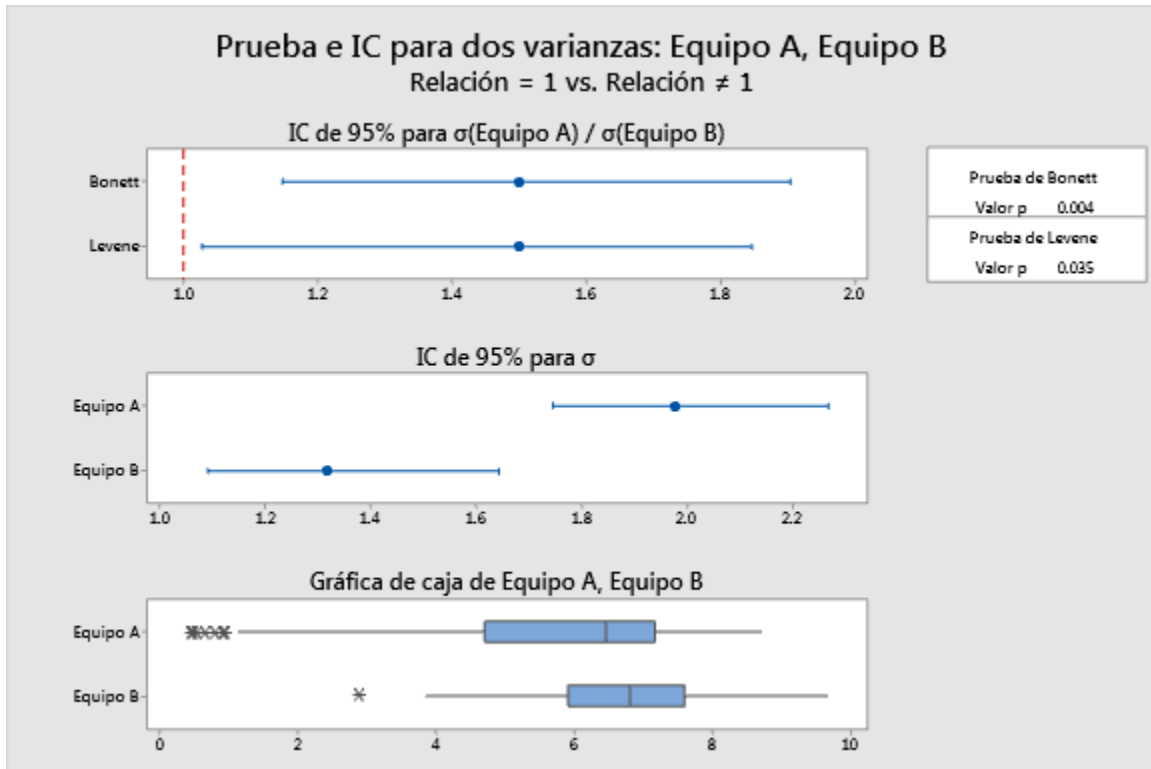
Fuente: Autoría propia.

En esta ilustración se puede apreciar la diferencia entre las medias de los coeficientes de horas mensuales entre los equipos A y B.

Prueba de 2 Varianzas

La gráfica de intervalos de confianza descrita en la sección 1.1.1, se utilizó para verificar que el cambio en las varianzas del equipo A vs el equipo B si tuvieron un cambio significativo. Las ilustraciones 31 y 32 nos muestran los resultados de la prueba.

Ilustración 31. Intervalos de confianza para las varianzas



Fuente: Autoría propia.

Ilustración 32. Prueba de hipótesis.

Prueba				
Hipótesis nula	$H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$			
Hipótesis alterna	$H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$			
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$				
Estadística				
Método de prueba	GL1	GL2	Valor p	
Bonett	*		0.004	
Levene	4.52	1 221	0.035	

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo con los resultados del valor p para la prueba de 2 varianzas, se dice que el cambio en las varianzas es significativo al ser un valor menor a 0.05. Significa que la distribución de los datos del coeficiente de horas mensual para el equipo B es menor que para el equipo A.

Estos fueron los datos cuantitativos recopilados para la evaluar la intervención, las siguientes secciones describen los datos cualitativos recopilados.

4.2.2. Entrevistas al equipo Scrum.

Durante las retrospectivas luego de cada *Sprint*, se hicieron las siguientes preguntas a cada uno de los integrantes del equipo B:

- a) En tu opinión, ¿qué funcionó de este *Sprint*?
- b) En tu opinión, ¿qué no funcionó de este *Sprint*?
- c) El haber implementado la metodología *Scrum*, ¿sientes que aportó para que tu trabajo fuera más eficiente?

En resumen, los resultados en la opinión del equipo fueron:

- De la pregunta a)
 - Funcionó la distribución o repartición de tareas entre los miembros del equipo.
 - La clara visualización de la carga de trabajo de cada uno de los miembros del equipo para poder identificar a quién dar soporte.
 - De las juntas *Stand-up*, funcionaron para tener un espacio de discusión en caso de que alguien necesitara ayuda.
- De la pregunta b)

- La *granularización* de las tareas es muy difícil, consume mucho tiempo y al final no permitió una distribución de trabajo equitativa.
- De las juntas *Stand-up*, quitan mucho tiempo efectivo de trabajo, y en muchas ocasiones, el equipo tiende a discutir sobre las soluciones a los problemas presentados.
- La planeación de tareas es un trabajo continuo del dueño del producto y es necesario diseñar un puesto de trabajo que esté alineado con esta visión. Hay que delimitar las responsabilidades del dueño de producto para permitirle hacer una planeación adecuada. Tres miembros del equipo comentaron que el dueño del producto está sobrecargado.
- En general, el desempeño del maestro *Scrum* fue muy bueno. Sin embargo, como el maestro *Scrum* no pertenecía a la disciplina mecánica, sería mejor tener un maestro *Scrum* dentro de la disciplina mecánica para facilitar la comunicación con el equipo.
- De la pregunta c)
 - El equipo estuvo de acuerdo en que, en todas las ocasiones, la metodología *Scrum* los ayudó a hacer un trabajo más eficiente.
 - Mantiene al equipo muy involucrado en todas las actividades a realizar para un proyecto.

4.2.3. Entrevistas a la comunidad de ingeniería dentro de la empresa.

Luego de que toda la comunidad de ingenieros mecánicos dentro de la división tomase los cursos de las metodologías ágiles, se realizó una encuesta para medir cuál es la apreciación de la comunidad hacia las metodologías ágiles, en especial *Kanban*.

La comunidad consta de más de 600 ingenieros en las diferentes localidades de la compañía, de los cuales se obtuvieron 188 que equivale a aproximadamente 32% de participación.

A continuación, algunos de los comentarios hechos por ingenieros encuestados⁵:

- Las reuniones periódicas *Stand-up* son el mayor contribuyente a la estructuración de la carga de trabajo y hacen que todos tengan el mismo nivel de información.
- Proceso de trabajo transparente, flujo de trabajo bien estructurado.
- Propuesta alternativa a Kanban: introduzca tiempos blindados para finalizar la tarea sin molestias (teléfono, correo, etc.) Esto también se puso a prueba en el equipo XXX⁶ y se denominó "*Sprint*".
- La planificación de capacidad / tamaño para las tareas es difícil; algunas tareas son más como temas / proyectos, no un problema.
- No se puede usar en áreas donde solo una persona puede realizar una tarea específica.
- ¡Necesita un caso de uso adecuado! Lo que funciona en software no necesariamente funciona en la comunidad mecánica.
- Se necesita una cultura de liderazgo diferente en la comunidad mecánica.
- Cambio de mentalidad de los líderes.
- Hay que asegurar el futuro adoptando prácticas laborales modernas.
- Crear tareas individuales lleva mucho tiempo; en su lugar deberíamos usar estándares predefinidos.
- *Stand-up* y ágil solo funcionan cuando se involucra a todos los socios de ingeniería concurrentes desde el principio.

⁵ La retroalimentación mostrada son solo algunos ejemplos seleccionados de acuerdo con la consideración del autor de este documento.

⁶ Nombre del proyecto editado para evitar conflicto de interés.

4.2.4. Impacto sobre la calidad de los entregables

Durante la intervención, se mantuvo un monitoreo constante de los entregables del proyecto. Documentación como: cronograma de trabajo, dibujos de ingeniería, especificaciones de diseño, trazabilidad de los requerimientos de cliente, arquitectura del producto, por mencionar los más importantes.

De la evaluación no se encontró ningún efecto de la intervención, es decir, que por la intervención no se afectó de manera positiva ni negativa la calidad de los entregables mencionados anteriormente. Sin embargo, si se encontró que no hubo ningún retraso ante el proyecto en todos estos entregables.

4.3. Impacto de la estrategia en la organización

4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización

La empresa intervenida, al pertenecer al ramo automotriz y como es explicado en la sección 2.1.1, busca mejorar sus tiempos de desarrollo para cumplir con la demanda de la industria, manteniendo sus estándares de calidad. Entonces, para mantenerse de manera competitiva en el mercado, la empresa, como cualquier otra, busca encontrar nuevas y más eficientes formas de desarrollar producto.

Además, la estrategia de la empresa desde hace ya un par de años es hacer desarrollo de software de acuerdo con las metodologías ágiles, ya que la misma empresa cree que estas metodologías han demostrado ser muy eficaces en otras industrias como la aeronáutica, de videojuegos y tecnología, por mencionar algunas. Esta intervención encontró una manera de implementar estas metodologías en el desarrollo mecánico de producto.

CAPITULO V.
DISCUSIÓN FINAL.

5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia

Para el equipo B, que fue el equipo que trabajó con la nueva propuesta, el resultado fue positivo. El equipo quedó alentado con la forma de trabajo y está dispuesta a seguir utilizándolo durante el resto del desarrollo de producto.

Analizando los resultados expuestos en la sección 4.2.1, se puede concluir los siguientes puntos:

- La intervención permitió que la distribución de la carga de trabajo se normalizara, es decir, que la carga de trabajo del equipo A no está distribuida de una manera normal mientras que para el equipo B, que aplicó la metodología *Scrum*, la carga de trabajo está normalmente distribuida.
- La variación de la carga de trabajo también mejoró, el equipo B tiene una carga de trabajo con menor variación respecto al equipo A.

Entonces, en términos numéricos, se puede decir que la intervención logró el objetivo de distribuir la carga de trabajo. Sin embargo, este balance numérico no es el único objetivo de la intervención; la percepción del equipo también es importante. El equipo que implementó la metodología *Scrum* se quedó con la sensación de que la carga de trabajo es prácticamente la misma para todos los miembros del equipo. 5.1.1.

Para la empresa, y en específico, para la comunidad de ingeniería mecánica dentro de la empresa, este proyecto define un precedente de éxito que puede ser replicado dentro y fuera de la empresa para la mejora en la eficiencia en el desarrollo de productos.

Un beneficio secundario que trae esta intervención es, que la metodología *Scrum* busca la estandarización de los paquetes de trabajo, y la información generada en este proyecto y en

proyectos subsecuentes, ayudará a la empresa a ser consistentes en las estimaciones para proyectos futuros.

Pero la intervención no fue perfecta, aún hay aspectos de mejora. Los puntos de mejora identificados se mencionan adelante, en la siguiente sección se mencionan algunos de los puntos más importantes de mejora para futuras intervenciones.

5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes

Hay muchos aspectos que se tienen que mejorar y que el equipo intervenido seguirá trabajando para mejorar el desempeño del mismo equipo. A continuación, los aspectos que se identificaron a mejorar:

- Delimitar el alcance del rol y responsabilidades del dueño de producto. Se tiene la sensación de que el dueño del producto está sobrecargado, aún se ejercen “viejas” prácticas que inhabilitan dueño del producto a trabajar alineado con los principios ágiles. Entonces, se necesita limitar la cantidad de tareas que pueda desempeñar el dueño de producto dentro del equipo de trabajo. Las actividades principales del dueño del producto deben ser:
 - Planeación de actividades
 - Alineación del equipo con las necesidades del proyecto, clientes internos y externos, así como proveedores y socios internos.
- Definir una lista de tareas por hacer estándar para proyectos en desarrollo de acuerdo con el proceso de desarrollo interno de la compañía.
- Limitar la cantidad de juntas *Stand-up* de acuerdos con las necesidades específicas del proyecto. Esto para evitar tener demasiadas juntas y poco tiempo efectivo de trabajo
- La planeación de las tareas, si bien, se puede definir durante el ritual de planeación dentro de cada *Sprint*, debe ser continua y el dueño de producto debe dar retroalimentación al equipo manera constante.

- Desarrollar las capacidades de un maestro Scrum interno, durante la intervención se hizo uso de un maestro *Scrum* externo a la disciplina, y en ocasiones, resultaba difícil que este entendiera los detalles de un desarrollo en ingeniería mecánica.

5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso

Luego de haber terminado la intervención se puede concluir que la intervención logró lo siguiente:

- Implementación de un modelo *Scrum(but)* para el desarrollo de ingeniería mecánica dentro de la industria automotriz.
- Un cambio en la cultura de trabajo del grupo intervenido.
- Mejora en el balance de carga de trabajo del grupo de ingeniería intervenido.

Y, a nivel personal, satisfacción de haber cumplido con los objetivos definidos en las secciones 1.3.1 y 1.3.2. Manteniendo la motivación del equipo de trabajo durante la misma.

Sin embargo, hace falta definir más métricos de largo plazo para medir el impacto de la estrategia. Rotación laboral, tiempo de desarrollo y el nivel de estrés en los ingenieros de desarrollo, son medidas que se seguirán monitoreando en la empresa intervenida y que deben ser monitoreadas por otras empresas que busquen implementar estrategias similares.

Bibliografía

- Aldwin, C. M. (2007). *Stress, Coping, and Development: An Integrative Perspective* (illustrated, reprint ed.). Guilford Press.
- ALTEN. (2019, Julio 04). *4 Agile Best Practices for Mechanical and Electrical engineering project*. Retrieved from ALTEN Group: <https://www.alten.com/mechanical-electrical-engineering-agile-method/>
- Beck, K., Beedle, M., Van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., . . . Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development* .
- Burke, R., & Barron, S. (2014). *Project Management Leadership: Building Creative Teams* (2 ed.). John Wiley & Sons.
- Chappell, L. (2019, Junio 24). North America, Europe and the world top suppliers. *The biggest suppliers beef up for change*. Automotive News. Retrieved Febrero 15, 2019, from <https://www.autonews.com/article/20180625/OEM10/180629907/despite-steady-numbers-supplier-sector-churns>
- Childs, P. R. (2018). *Mechanical Design Engineering Handbook* (second ed.). (Butterworth-Heinemann, Ed.)
- Cristancho Dueñas, F. (2016, Enero 14). *8 pasos para gestionar el cambio de la cultura organizacional*. Retrieved from acsendo.blog: <https://blog.acsendo.com/8-pasos-gestionar-cambio-la-cultura-organizacional-2/>
- Daniel, T., & Draghici, G. (2015). Quality Project Plan Documentation Analysis in Automotive Industry. *Conference Paper · January 2015*. Timisoara, Romania: Politehnica University Timisoara. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/280835787>
- Dictionary.com. (2011, April). *Kanban*. Retrieved April 2019, from Random House Dictionary: Dictionary.com
- García Sánchez, J. N., Pacheco Sanz, D. I., Díez González, M., & García Martín, E. (2010). LA METODOLOGÍA OBSERVACIONAL COMO DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EL APRENDIZAJE. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*. Badajoz, España: INFAD.

- Kass, H.-W., Mohl, D., Gao, P., Müller, N., Wee, D., Hensley, R., . . . Kohler, D. (2016, Enero). *Disruptive trends that will transform the auto industry*. (J. Hanebrink, & J. Cook, Eds.) Retrieved Marzo 2019, from McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry>
- Kniberg, H., & Skarin, M. (2010). *Kanban and Scrum - Making the Most of Both*. Lulu.com.
- Kurt, S. (2017, Agosto 29). *ADDIE Model: Instructional Design*. Retrieved from Educational Technology: <https://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/>
- Ladas, C. (2009). *Scrumban - Essay on Kanban Systems for Lean Software Development*. Lulu.com.
- Layton, M. C., & Ostermiller, S. J. (2017). *Agile Project Management For Dummies*.
- Minitab, LLC. (2015, 2017). *Prueba t de 2 muestras*. Retrieved from Minitab: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/Asistente_Prueba_t_de_2_muestras.pdf
- Minitab, LLC. (2019). *Documentación Minitab*. Retrieved from Minitab: https://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/getting-started/MinitabGettingStarted_ESMX.pdf
- Minitab, LLC. (2019). *El estadístico de Anderson-Darling*. Retrieved from Soporte Minitab 18: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/the-anderson-darling-statistic/>
- Minitab, LLC. (2019). *Revisión general de 2 varianzas*. Retrieved from Minitab 18: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/2-variances/before-you-start/overview/>
- Nieuwenhuis, P. (2015). *The Global Automotive Industry* (reprint ed.). (P. Nieuwenhuis, & P. Wells, Eds.) John Wiley & Sons.
- OBS-edu.com. (2019, Mayo 07). *¿Qué es Ágile y cuáles son los 12 principios de su modelo? | OBS Business School*. Retrieved from Obs-edu.com: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/metodologias-agiles/que-es-agile-y-cuales-son-los-12-principios-de-su-modelo>

- OICA. (2019, Junio). *2005-2018 SALES STATISTICS*. Retrieved from International Organization of Motor Vehicle Manufacturers: <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>
- Proyectos Agiles. (2019). *Historia de Scrum*. Retrieved from Proyectos agiles.com: <https://proyectosagiles.org/historia-de-scrum/>
- Reynisdóttir, Þ. (2013). *Scrum in Mechanical Product Development*. Chalmers University of Technology, Department of Product and Production Development. Gothenburg: Chalmers University of Technology.
- Seeking Alpha. (2018, 11 19). *Atlassian: One Of The Best Assets In Software*. Retrieved 04 15, 2019, from Seeking Alpha: <https://seekingalpha.com/article/4223288-atlassian-one-best-assets-software>
- Sliger, M., & Broderick, S. (2008). *The Software Project Manager's Bridge to Agility*. Addison-Wesley Professional.
- Stellman, A., & Greene, J. (2014). *Learning Agile*. O'Reilly Media Inc.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (Tercera edición en español ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Visual Paradigm. (2018). *What are Time-boxed Events in Scrum?* Retrieved Apr 07, 2019, from Visual Paradigm: <https://www.visual-paradigm.com/scrum/what-are-scrum-time-boxed-events/>
- Weinberg, A., Sutherland, V., & Cooper, C. (2015). *Organizational Stress Management: A Strategic Approach*. Springer: Business & Economics.

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Fases del desarrollo del producto.	8
Ilustración 2. Registro provisional o ventas de nuevos vehículos a nivel mundial.	10
Ilustración 3. Razones para la disrupción en la industria automotriz.	11
Ilustración 4. Cambiando mercados y modelos de ingresos.	12
Ilustración 5. Top diez proveedores automotrices.....	13
Ilustración 6. Estructura matricial de empresas.	14
Ilustración 7. Proceso genérico de desarrollo mecánico de producto.	17
Ilustración 8. Ligas entre administración de proyectos y actores principales.	21
Ilustración 9. Modelo de desarrollo cascada.	22
Ilustración 10. Fases y sub-fases ágiles.....	24
Ilustración 11. Tablero Kanban.....	30
Ilustración 12. Equipo de proyecto Ágil.....	31
Ilustración 13. Flujo del Sprint en Scrum.....	33
Ilustración 14. Tendencia de disminución en tiempo de desarrollo de producto.	35
Ilustración 15. Modelo ADDIE.....	36
Ilustración 16. Cronograma de trabajo.....	40
Ilustración 17. Propuesta de implementación	42
Ilustración 18. Cronograma de trabajo detallado	44
Ilustración 19. Registro del cronograma de trabajo parte 1	50
Ilustración 20. Registro del cronograma de trabajo parte 2	51
Ilustración 21. Horas de trabajo grupo A 2019.....	55
Ilustración 22. Horas de trabajo grupo B 2019.....	56
Ilustración 23. Coeficientes de horas mensuales equipo A 2019.....	57
Ilustración 24. Coeficientes de horas mensuales equipo B 2019.....	57
Ilustración 25. Estadísticas descriptivas Equipo A y B.	58
Ilustración 26. Histogramas	59
Ilustración 27. Prueba de normalidad equipo A.....	60

Ilustración 28. Prueba de normalidad equipo B61
Ilustración 29. Gráfica de intervalos de confianza.63
Ilustración 30. Intervalos de confianza para las varianzas64
Ilustración 31. Prueba de hipótesis.64