

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz

PROYECTO TÉCNICO:

“PROPUESTA PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE
SUSPENSIÓN, CHASIS DIRECCIÓN Y FRENOS CON MANUFACTURA ESBELTA
REFERENCIADO EN UN VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE”

AUTOR:

ESTEBAN BERNARDO MENDEZ VIVAR

TUTOR:

ING. DIEGO URGILES CONTRERAS

CUENCA – ECUADOR

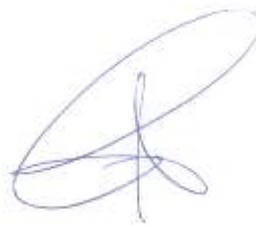
2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Esteban Bernardo Méndez Vivar con documento de identificación N° 0104895594 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“PROPUESTA PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN, CHASIS DIRECCIÓN Y FRENOS CON MANUFACTURA ESBELTA REFERENCIADO EN UN VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2018.



Esteban Bernardo Méndez Vivar

0104895594

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el Trabajo de titulación: **“PROPUESTA PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN, CHASIS DIRECCIÓN Y FRENOS CON MANUFACTURA ESBELTA REFERENCIADO EN UN VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE”** realizado por el autor Esteban Bernardo Méndez Vivar, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2018



Diego René Urgilés Contreras

TUTOR DEL PROYECTO TÉCNICO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Esteban Bernardo Méndez Vivar con documento de identificación N° 0104895594, autor del Trabajo de Titulación: **“PROPUESTA PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN, CHASIS DIRECCIÓN Y FRENOS CON MANUFACTURA ESBELTA REFERENCIADO EN UN VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE”**, certificamos que el total contenido del proyecto técnico es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, abril de 2018.



Esteban Bernardo Méndez Vivar

0104895594

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que me han sabido formar a lo largo de toda mi vida estudiantil, y a no rendirme nunca

Igualmente, a mis hermanos y hermanas que han sido mi apoyo en las situaciones más difíciles de mi vida

A mis sobrinos para poder servir como ejemplo de vida y que ellos puedan superar todos sus obstáculos y que siempre sean los mejores.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme apoyado en todas mis decisiones, por creer en mí incluso sin saber que actividades estaba realizando. Por haberme ayudado a definir una de las partes más importantes de la vida de un ser humano que es conocerse a sí mismo debido a que eso me ayudó a superar siempre mis límites.

A mis hermanos por complementar la formación que mis padres me daban. Y también por confiar en mí en todas mis decisiones.

A mis sobrinos Daniela, Mateo, Sebastián, Ariana, Viviana y David que fueron un pilar muy fuerte durante mi vida universitaria porque lo que más deseo para ellos es que no se rindan nunca y que siempre sean los mejores por lo que la mejor forma de enseñar algo es siendo el ejemplo. Y por todos ellos siempre buscare ser el mejor y nunca me rendiré.

A mi círculo de amigos más cercanos que siempre han estado presentes en mi vida y a los cuales considero mi familia. Ya que gracias a ellos también me formé como persona, tuve experiencias muy buenas y que seguiremos cumpliendo nuestras metas.

A todos mis amigos dentro del grupo de investigación de Formula SAE con los cuales cumplimos un sueño y aún tenemos mucho más que demostrar. Animo muchachos.

Un agradecimiento especial a todas esas personas que ya no están en mi vida por diferentes motivos pero que han formado muchos valores dentro de mí.

RESUMEN

En el presente proyecto se plantea la propuesta para proceso de producción de un monoplaza tipo Formula SAE de la Universidad Politécnica Salesiana, con el propósito de optimizar las condiciones en las cuales fue construido el ultimo monoplaza del año 2017. Para el desarrollo del presente proyecto inicialmente se parte con una revisión del arte en el área de líneas y procesos de fabricación a nivel global, continental y local. La información presente en este proyecto es extraída de: libros, artículos científicos, tesis, documentos en línea, etc. La propuesta es realizada considerando todos los aspectos mencionados en el reglamento de Formula SAE 2017-2018.

En la segunda etapa de esta propuesta se identifica el tipo de proceso de producción y el tipo de línea a la cual corresponden la fabricación de un monoplaza para Formula SAE. Se realiza el estudio de 7 herramientas organizacionales que son: VSM, DFMA, FMEA, JIDOKA, JUST IN TIME, 5S Y KAIZEN, estas herramientas son necesarias para la optimización del proceso de fabricación del monoplaza. 5S y JIDOKA son metodologías usadas en manufactura esbelta.

Se expondrá a UPS Racing Team quienes son encargados de la construcción del vehículo los efectos que tuvo la no aplicación de estas herramientas en la producción del ultimo monoplaza eléctrico.

Habiendo estudiado la función y aplicación de las herramientas el ultimo capítulo comprende la comparativa entre lo que fue la fabricación del ultimo monoplaza y la propuesta con la aplicación de las herramientas organizacionales aplicadas haciendo énfasis en las ventajas. Para el mejor entendimiento se realiza una demostración física a escala del laboratorio de Formula SAE.

Finalmente se presentarán las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones que permitirán mejorar la producción del vehículo monoplaza formula SAE de la Universidad Politécnica Salesiana.

ABSTRACT

In the present project, the proposal for the production process of a Formula SAE monocoque of Universidad Politécnica Salesiana is presented, with the purpose of optimizing the conditions in which the last car was built in 2017. For the development of this project initially It starts with a review of the state of the art in the area of manufacturing processes and lines at a global, continental and local level. The information present in this project is extracted from: books, scientific articles, theses, online documents, etc. The proposal is made considering all the aspects mentioned in the regulation of SAE Formula 2017-2018.

The second stage of this proposal identifies the type of production process and the type of line to which the manufacture of a monocoque for Formula SAE corresponds. The study of 7 organizational tools is done: VSM, DFMA, FMEA, JIDOKA, JUST IN TIME, 5S and KAIZEN, these tools are necessary for the optimization of the manufacturing process of the car. 5S and JIDOKA are methodologies used in lean manufacturing.

Will be exposed to UPS Racing Team who are responsible for the construction of the vehicle effects that had the application of these tools in the production of the last electric car.

Having studied the function and application of the tools the last chapter includes the comparison between what was the manufacture of the last car and the proposal with the application of the organizational tools applied emphasizing the advantages. For the best understanding, a physical demonstration is carried out at the scale of the Formula SAE laboratory.

Finally, the conclusions and recommendations for future research will be presented that will improve the production of the SAE formula monocoque vehicle of Universidad Politécnica Salesiana.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCION.....	- 5 -
2. PROBLEMA	- 5 -
3. OBJETIVOS.....	- 7 -
3.1 Objetivo general	- 7 -
3.2 Objetivo específico.....	- 7 -
4. GLOSARIO.....	- 7 -
5. CAPITULO 1	- 9 -
5.1 Producción de vehículos a nivel mundial.....	- 9 -
5.2 Producción de vehículos a nivel regional.....	- 10 -
5.3 Producción de vehículos en el Ecuador.....	- 10 -
5.4 Procesos de producción.....	- 10 -
5.4.1 Etapas del proceso de producción.	- 11 -
5.4.2 Tipos de proceso de producción.	- 12 -
5.5 Líneas de producción.	- 13 -
5.5.1 Variaciones de los productos.....	- 13 -
5.5.2 Método de transporte de trabajo.	- 14 -
5.5.3 Líneas de producción en Latinoamérica y Ecuador.....	- 15 -
5.6 Control de procesos.....	- 16 -
5.6.1 Métodos de almacenamiento	- 17 -
5.6.2 Diagrama de Gantt.....	- 18 -
5.6.3 Asignación de prioridades.	- 19 -
5.6.4 Manufactura esbelta.....	- 20 -
5.6.5 Antecedentes internos.....	- 21 -
6. CAPITULO 2	- 22 -
6.1 Identificación del tipo de proceso del EB2017.	- 22 -
6.1.1 Esquema básico de construcción del EB2017	- 23 -
6.2 TPS (Toyota Production System).....	- 26 -
6.3 VSM (Value Stream Mapping) – Mapa de la cadena de valor	- 27 -

6.4	DFMA (Design For Manufacture and Assembly).....	30 -
6.4.1	Principales implicaciones en el diseño.	31 -
6.4.2	Principales implicaciones en la manufactura.....	33 -
6.4.3	Creación del DFMA.	34 -
6.5	FMEA (Failure Mode Effect Analysis) – Análisis de Modo y Efecto de Falla.	38 -
6.5.1	Estructura del FMEA.....	39 -
6.6	JIT (Just In Time) – Justo a Tiempo.	41 -
6.7	JIDOKA.	43 -
6.8	5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke).	44 -
6.8.1	Seiri.....	48 -
6.8.2	Seiton.	49 -
6.8.3	Seiso.....	50 -
6.8.4	Seiketsu.....	51 -
6.8.5	Shitsuke.	52 -
6.8.6	Control Visual.....	53 -
6.9	Kaizen.....	62 -
7.	CAPITULO 3	64 -
7.1	DFMA Propuesta.....	65 -
7.1.1	DFMA Propuesta para chasis	68 -
7.1.2	DFMA Propuesta para Suspensión.....	75 -
7.1.3	DFMA Propuesta para Dirección.	82 -
7.1.4	DFMA Propuesta para Frenos	88 -
7.2	FMEA Propuesta.	94 -
7.3	Just In Time Propuesta.	95 -
7.4	Jidoka Propuesta.....	97 -
7.5	5S Propuesta.....	98 -
7.5.1	SEIRI	101 -
7.5.2	SEITON	102 -
7.5.3	SEISO	106 -
7.5.4	SEIKETSU	106 -

7.5.5	SHITSUKE.....	- 107 -
7.6	Kaizen Propuesta.....	- 108 -
7.7	VSM Propuesta.	- 109 -
8.	CONCLUSIONES.....	- 116 -
9.	RECOMENDACIONES	- 117 -
10.	Bibliografía	- 118 -
11.	ANEXOS	- 120 -
11.1	Anexo 1 Rubrica de diseño	- 120 -
11.2	Anexo 2 FMEA Base	- 121 -
11.3	ANEXO 3 Selección de materiales para la adquisición y para aplicar SEISO	- 122 -
11.4	ANEXO 4 Universidades recomendadas para la revisión de diseños.....	- 124 -
11.5	ANEXO 5 Áreas de trabajo.....	- 125 -
11.6	ANEXO 6 FMEA CHASIS	- 127 -
11.7	ANEXO 7 FMEA SUSPENSIÓN	- 128 -
11.8	ANEXO 8 FMEA DIRECCIÓN	- 129 -
11.9	ANEXO 9 FMEA FRENOS	- 130 -
11.10	ANEXO 10 PREGUNTAS PARA SELECCIÓN DE EQUIPO	- 131 -
11.11	ANEXO 11 FORMATO PARA LIMPIEZA	- 133 -

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Producción mundial y ventas de vehículos nuevos (OICA, 2016)</i>	- 9 -
<i>Ilustración 2 Modelo general de cadena de valor genérica multi-producto (BRIZ, 2009)</i>	- 12 -
<i>Ilustración 3 Configuración general de la línea de producción. (Stephen N. Chapman, 2006)</i>	- 13 -
<i>Ilustración 4 Diagrama de Gantt general. (Luis Gonzales, 2014)</i>	- 18 -
<i>Ilustración 5 Proceso de adquisición de materiales en la ups</i>	- 24 -
<i>Ilustración 6 Diagrama de la construcción del EB2017</i>	- 25 -
<i>Ilustración 7 VSM General</i>	- 29 -
<i>Ilustración 8 DFMA MODELO (Prodintec, 2018)</i>	- 38 -
<i>Ilustración 9 Estructura fmea (Fsaerules, 2018)</i>	- 40 -
<i>Ilustración 10 Ventajas y Desventajas Just In Time PULL</i>	- 43 -
<i>Ilustración 11 Camino hacia kaizen (Monden, 2011)</i>	- 54 -
<i>Ilustración 12 Etiquetas propuestas por el autor</i>	- 55 -
<i>Ilustración 13 Inventario SEITON (Monden, 2011)</i>	- 58 -
<i>Ilustración 14 Control de trazado de herramientas (Monden, 2011)</i>	- 60 -
<i>Ilustración 15 Ejemplo del uso de cobertores para polvo (Monden, 2011)</i>	- 61 -
<i>Ilustración 16 Conceptos KAIZEN (Monden, 2011)</i>	- 63 -
<i>Ilustración 17 Resumen del proceso de producción del EB2017</i>	- 66 -
<i>Ilustración 18 DFMA BASE (Monden, 2011)</i>	- 67 -
<i>Ilustración 19 esquema de la producción del chasis del EB2017</i>	- 70 -
<i>Ilustración 20 ESQUEMA DE LA PRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN DEL EB2017</i>	- 77 -
<i>Ilustración 21 Esquema de la producción de la dirección del EB2017</i>	- 84 -
<i>Ilustración 22 Esquema de la producción del conjunto frenos del EB2017</i>	- 90 -
<i>Ilustración 23 área de Diseño Taller Formula SAE actualmente</i>	- 103 -
<i>Ilustración 24 Propuesta del Área de diseño</i>	- 103 -
<i>Ilustración 25 Área de manufactura suplementaria (Área de diseño modificada)</i>	- 104 -
<i>Ilustración 26 Área principal de manufactura actualmente</i>	- 104 -
<i>Ilustración 27 Área principal de manufactura en la etapa de diseño</i>	- 105 -
<i>Ilustración 28 Área principal de manufactura en la etapa de construcción</i>	- 105 -
<i>Ilustración 29 Esquema de la Construcción del EB2017</i>	- 110 -
<i>Ilustración 30 VSM Diseño, Manufactura y ensamble EB 2017</i>	- 111 -
<i>Ilustración 31 VSM Propuesto para Diseño, manufactura y ensamble</i>	- 113 -
<i>Ilustración 32 Mapeo de la cadena de valor propuesto para UPS Racing Team</i>	- 114 -

1. INTRODUCCION

El proceso de producción de un producto son todas las actividades con las cuales se transforma la materia prima en un producto final. Se abarca procesos que agregan valor al producto e incluso aquellos que no agregan valor al producto. La identificación de estos procesos y el establecimiento de un proceso de producción sistemático es lo que lleva a un producto a diferenciarse de otro hablando en términos de calidad y satisfacción al cliente.

Este proyecto se enfoca en aplicar diferentes herramientas organizacionales para lograr corregir una serie de errores que se fueron generando en la construcción del monoplaza eléctrico por parte del grupo de investigación Formula SAE. Siendo la primera propuesta formal para un grupo de investigación con un producto tan pulido como es un monoplaza tipo formula. Las aplicaciones de estas herramientas van directamente relacionadas con la optimización de recursos en general que son puntos muy importantes para la aprobación de proyectos grandes como Formula SAE.

2. PROBLEMA

En la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz se construyeron dos vehículos para la competencia Formula SAE; una vez analizado el proceso de construcción de los vehículos se determinó que no se ha establecido un proceso sistemático del diseño y construcción debido a la falta de experiencia y desarrollo tecnológico para las exigencias del proyecto. También, la manufactura esbelta considera como desperdicios a varios fenómenos que se dieron en el desarrollo del último proyecto, tales como: Defectos de

diseño para el caso de suspensión y dirección, que sufrieron fallas mecánicas en las primeras pruebas de funcionalidad.

Tiempos de espera demasiado largos por la mala planificación en adquisición de materiales y/o elementos como aluminio, tubos, neumáticos, fibra de carbón, etc. Procesos innecesarios como la sujeción de los tubos de suspensión mediante pernos incluso después de que se determinó que era suficiente usar solo pegamento. Movimientos innecesarios de mobiliario, herramientas y materiales como resinas, taladros, soldadoras, planchas de aluminio entre los laboratorios de la universidad. También, la sobreproducción abarca la compra excesiva de material que deja sobrantes como planchas de madera, tubos para el chasis, aluminio para las manguetas, etc. Por último, se tuvo gastos en transporte no planificados para trasladar material a procesar en talleres ajenos a la universidad como las manguetas, doblado de tubos, cortes láser, etc. Todos estos desperdicios ocupan un cinco por ciento del presupuesto total de trescientos mil dólares y llevaron a culminar el vehículo en un tiempo de dos años en el cual no se logró que el vehículo haya sido terminado tres meses previos a la competencia como se había planificado empíricamente impidiendo que en ese tiempo se realice todas las pruebas dinámicas y estáticas establecidas en el reglamento de Formula SAE que finalmente causaron que en la competencia el vehículo no pueda entrar a pista ya que no paso una de las pruebas de seguridad.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Proponer un proceso de producción usando herramientas de manufactura esbelta para la construcción de Chasis, Suspensión, Dirección y frenos en un vehículo monoplace tipo formula SAE.

3.2 Objetivo específico

- Realizar una investigación bibliográfica del estado del arte, en aplicación de herramientas organizacionales para el proceso de construcción de chasis, suspensión, dirección y frenos en el monoplace tipo formula SAE.
- Aplicar las herramientas organizacionales usando como base el diagnóstico de la producción del último vehículo para el desarrollo del nuevo proceso de fabricación.
- Presentar un proceso de producción mediante diseminación de los resultados para la difusión de los errores en la última fabricación y la oferta de una nueva producción esbelta.

4. GLOSARIO

Formula SAE: También conocida como Formula Student, es organizada por la Sociedad de Ingenieros Automotrices. Es una competencia internacional en la cual participan diferentes universidades a nivel mundial. Se lleva a cabo en diferentes países como: EEUU, Brasil, Reino Unido, Alemania, etc.

“El concepto detrás de la Fórmula SAE es que una compañía de fabricación ficticia contrató a un equipo de diseño para desarrollar un pequeño auto de carreras de estilo Fórmula. El prototipo de auto de carreras debe evaluarse por su potencial como artículo de producción. El grupo objetivo de marketing para el auto de carrera es el corredor de Auto-Cross de fin de semana no profesional. Cada equipo estudiantil diseña, construye y prueba un prototipo basado en una serie de reglas cuyo objetivo es garantizar las operaciones de eventos in situ y promover la resolución inteligente de problemas.”
(International, 2018)

Bosco 1: Es el primer monoplaza construido por la Universidad Politécnica Salesiana para la competencia Formula SAE. La generación de movimiento de este vehículo es mediante combustibles fósiles. Su fabricación y participación se llevó a cabo desde el año 2012 hasta el 2014.

EB2017: Es el segundo vehículo monoplaza de la Universidad Politécnica Salesiana, su construcción y participación en Formula SAE UK se realizó desde el 2015 hasta el 2017, es el primer monoplaza eléctrico construido en el Ecuador.

Fasteners: Es todo elemento que permita una unión no permanente entre dos o más partes. (Parmley, 1996)

IPR: Es el índice de prioridad de riesgo, es usado en la herramienta AMEF para evaluar numéricamente un efecto o fallo de un diseño.

Círculo de calidad: Es un grupo de personas que forman parte de un equipo de trabajo, este grupo se encarga de realizar cronogramas, evaluaciones, discusiones, solución de problemas, etc. con el fin de lograr que un producto o servicio cumpla con la calidad

requerida. Está conformada generalmente por los miembros con mayor experiencia y la alta gerencia. (Besterfield, 1995).

Autonomación: Quiere decir automatización con inteligencia humana: esto porque una persona proporciona a los equipos la capacidad de distinguir entre piezas buenas y no buenas. (Europe, 2018)

5. CAPITULO 1

5.1 Producción de vehículos a nivel mundial.

“La producción global de la industria automotriz registro en el 2016 un crecimiento del 4.5% con 94 millones de vehículos con respecto al 2015 según datos de la Organización Internacional de Constructores de Automóviles”. (Manufacturers, 2017)

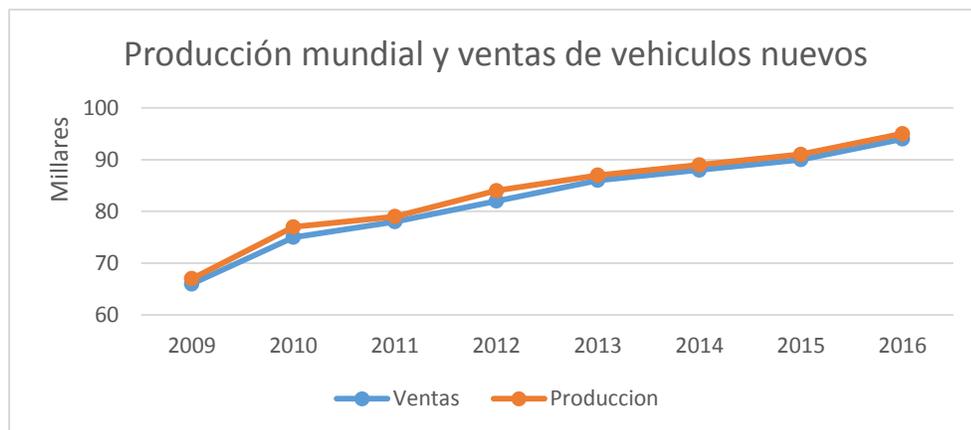


ILUSTRACIÓN 1 PRODUCCIÓN MUNDIAL Y VENTAS DE VEHÍCULOS NUEVOS (MANUFACTURERS, 2017)

El continente Asia-Oceanía produce el 52.7% del total mundial de vehículos, quedando el 47.3% para el resto del mundo. Siendo las principales empresas en esta industria: Toyota (Japón) con 10.08 millones de unidades, Volkswagen (Alemania) con 9.93 millones de vehículos y General Motors (E.U.A) con 9.8 millones.

5.2 Producción de vehículos a nivel regional.

“El país de origen de un vehículo es atribuido al país en el cual se fabricaron sus piezas y mas no en donde fue ensamblado, con esto se tiene que en 2016 en Sudamérica se fabricó 2'690,968 vehículos, siendo Brasil el principal fabricante con 2'156,356 vehículos, seguido por Argentina con 472,776, y en quinto lugar se encuentra Ecuador con 2700 vehículos”. (Manufacturers, 2017)

5.3 Producción de vehículos en el Ecuador.

En el Ecuador, el ensamblaje de vehículos es la mayor actividad que se da en este sector de la industria. En el año 2016 se ensamblaron 29,064 vehículos en el país, de los cuales apenas 2,700 son fabricados totalmente en el país, el resto de los vehículos poseen partes o piezas importadas. El ensamblaje de vehículos en el país representa el 2% del PIB anual del país generando 4802 puestos de trabajo para el año 2015.

5.4 Procesos de producción.

“Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. Toda esta transformación involucra el manejo de la información, tecnología y talento humano para cubrir la demanda del mercado. Para el diseño de un proceso de producción se deben conocer las etapas y el tipo de proceso de producción, siempre orientadas a satisfacer

requerimientos y necesidades, estableciendo etapas que garanticen la calidad del producto final". (Manufacturers, 2017)

5.4.1 Etapas del proceso de producción.

- **Acopio / Etapa analítica:**

En esta etapa todas las materias primas se reúnen para ser utilizadas para la fabricación, en esta etapa se busca principalmente buscar materia prima de buena calidad a un bajo costo.

- **Producción / Etapa de síntesis:**

En esta etapa todas las materias recogidas anteriormente se procesan para formar el producto final.

- **Procesamiento / Etapa de acondicionamiento:**

En esta etapa se busca adaptar el producto para el fin deseado por el cliente o la razón de producción.

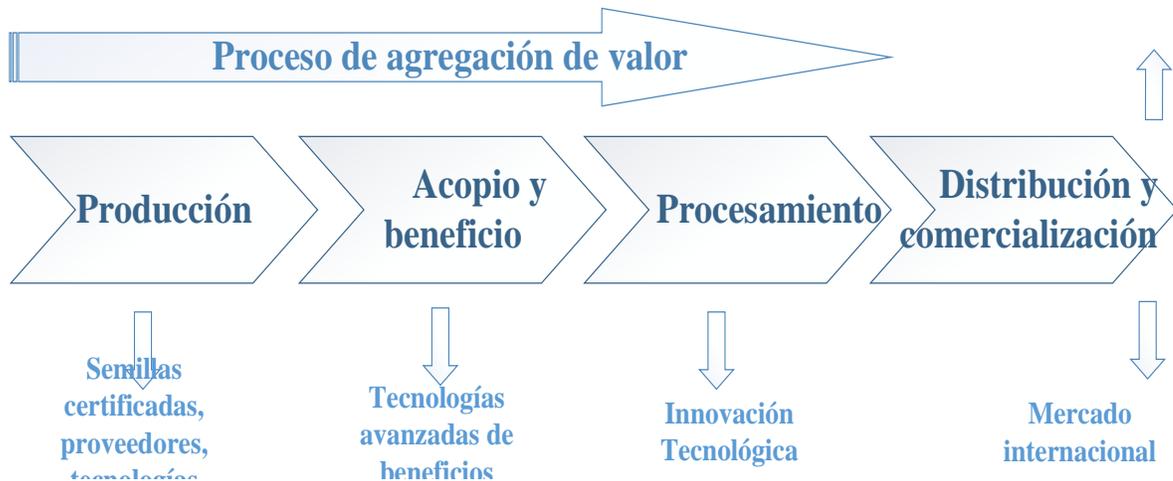


ILUSTRACIÓN 2 “MODELO GENERAL DE CADENA DE VALOR GENÉRICA MULTI-PRODUCTO” (BRIZ, 2009)

5.4.2 Tipos de proceso de producción.

- **Producción bajo pedido:**

“En este tipo de procesos de producción solamente se fabrica un producto único, es decir no existe otro igual”. (OBS-Edu, 2018)

- **Producción por lote:**

“Se produce una pequeña cantidad de productos idénticos y a cierta frecuencia de producción”. (OBS-Edu, 2018)

- **Producción en masa:**

“Es la producción de una gran cantidad de productos que son idénticos y son fabricados en una línea de producción”. (OBS-Edu, 2018)

- **Producción Continua:**

“La única diferencia con la producción en masa es que en este tipo de producción la línea se mantiene activa las 24 horas”. (OBS-Edu, 2018)

5.5 Líneas de producción.

Una línea de producción consiste en una serie de puntos de trabajo denominados estaciones por las cuales el producto atraviesa y en los cuales se realiza una parte del trabajo total.

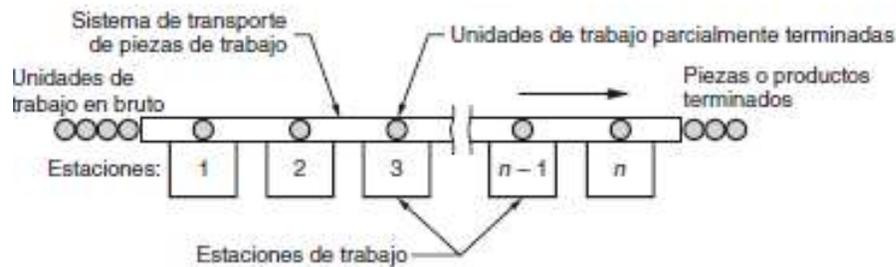


ILUSTRACIÓN 3 CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN. (STEPHEN N. CHAPMAN, 2006)

La transferencia del producto a lo largo de la línea generalmente se realiza mediante automatización con diferentes sistemas como cadenas, cintas, rieles colgantes o también existen líneas manuales en las cuales el operador #1 después de realizar su trabajo en el producto, este lo entrega manualmente al siguiente operador para que continúe con el trabajo.

5.5.1 Variaciones de los productos.

Las líneas de producción son diseñadas de tal manera que, en caso de que el diseño del producto haya sufrido alguna variación que no sea drástica, esta pueda

adaptarse sin problema al nuevo diseño. Según esto existen tres tipos de líneas de producción:

- **De modelo único**

Esta línea produce un solo modelo, es decir, la labor o conjunto de labores realizadas en cada punto de la línea son las mismas sobre todas las unidades de producción.

- **De modelo por lotes**

Se usa cuando se desea producir varios modelos, esta línea permite su reconfiguración para un siguiente lote con diferente modelo de producto.

- **De modelo mixto**

Método esencialmente usado para producir vehículos ya que permite tener una gran línea de modelo único, con la ventaja de que sus estaciones cuentan con propiedades para modelo por lotes.

5.5.2 Método de transporte de trabajo.

Existen varias formas de mover las unidades de trabajo a través de la línea de producción de las cuales destacan la manual y la mecanizada

- **Método manual de transporte en la línea**

“Este método implica que sean los mismos trabajadores quienes pasen la unidad de trabajo de una estación de la línea a otra ya sea unidad a unidad o acumulando una cierta cantidad de unidades y luego transportándolas. El principal problema que asocia el

método manual es en la dificultad para estimar y controlar la producción en la línea”.

(Chapman, 2006)

- **Método mecanizado de transporte en la línea**

En este método se usa mecanismos de potencia para mover las unidades de trabajo a lo largo de cada estación de la línea de producción, esto incluye mecanismo de carga, correas, cinta o cadenas transportadoras, robots, etc. Dentro de este método existen 3 tipos de sistemas:

- Sistema de transferencia continua
- Sistema de transferencia sincrónica
- Sistema de transferencia asíncrona
- **Sistemas de manufactura flexible**

Es un grupo de estaciones de trabajo interconectadas mediante diferentes transportes de línea, todo el conjunto es automatizado y controlado por ordenador. Estos sistemas están diseñados en familias que agrupan la construcción de piezas según su ensamble, tipo, tamaño y operaciones similares.

5.5.3 Líneas de producción en Latinoamérica y Ecuador

En Latinoamérica existen tipos de líneas de producción manuales como fabricas artesanales de comida o agroindustria hasta fabricas con líneas completamente automatizadas para la industria farmacéutica, electrónica, etc.

Ecuador al no ser un motor económico competitivo en la región su industria solo posee dos tipos de líneas de producción:

- Una línea de producción mixta para la industria alimenticia, electrodoméstica y automotriz.
- Líneas manuales para la industria artesanal y en donde su mayor consumo es nacional.

5.6 Control de procesos

“El objetivo de todo proceso industrial es la obtención de un producto final que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado. La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso permitiendo una operación de proceso global más fiable y sencillo”. (Chapman, 2006)

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
- Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
- Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

La implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades de nuestro sistema, significará una sensible mejora de la operación.

Principalmente los beneficios obtenidos serán:

- Incremento de la productividad
- Mejora de los rendimientos
- Mejora de la calidad
- Ahorro energético

- Control medioambiental
- Seguridad operativa
- Optimización de la operación del proceso/ utilización del equipo
- Fácil acceso a los datos del proceso

5.6.1 Métodos de almacenamiento

Existen tres métodos básicos para almacenar los artículos que conforman el inventario cada uno de ellos con sus propias ventajas y desventajas, estos son:

- **El método base de operaciones**

Este método implica que cada tipo de artículo tiene su propia ubicación distintiva, y que siempre se le almacena en tal ubicación. La ubicación es exclusiva para ese artículo específico. Las ventajas de este método son: que la ubicación siempre se conoce, y que resulta fácil encontrar el inventario. La desventaja es que necesita mantenerse disponible para recibir el artículo en cuestión, aun cuando no exista ninguno en inventario.

- **El método aleatorio**

Es exactamente opuesto al anterior. Siempre que ingresa un nuevo artículo al almacén o depósito, se le coloca en cualquier ubicación que esté disponible dentro del área de almacenamiento. Este método por lo general maximiza el uso eficiente del espacio, pero tiene una gran desventaja: la información de la ubicación debe anotarse con todo cuidado y exactitud en la base de datos correspondiente.

- **Aleatorio por zonas.**

Se trata de un método “híbrido” que intenta combinar lo mejor de los dos anteriores, y es aplicable a todas las situaciones. La idea consiste en identificar la zona en donde se almacenarán los artículos de cierto tipo. Las ventajas son las siguientes: el almacenamiento aleatorio de las partes dentro de la zona permite un uso más eficiente del espacio y la organización del inventario mediante zonas permite una revisión más fácil si se presenta un error de ubicación en el sistema.

5.6.2 Diagrama de Gantt.

El diagrama de Gantt es una sencilla herramienta visual que sirve no sólo para programar el trabajo de acuerdo con las prioridades, sino también para evaluar rápidamente el estado de todas las tareas, tanto para conocer al instante su situación como para modificar el orden de prioridad según se necesite.

DIAS	AGOSTO	SEPTIEMBRE					OCTUBRE					NOVIEMBRE						
	25 A	1 A	8 A	15 A	22 A	6 A	13 A	20 A	27 A	3 A	10 A	17 A	24 A	31 A	7 A	14 A	21 A	28 A
ACTIVIDADES	29	5	12	19	26	10	17	24	31	7	14	21	28					
Elegir el proyecto	■																	
Propósito del proyecto		■																
Investigación de componentes			■															
Herramientas a ocupar y lugar de compra				■														
Desarrollo del proyecto a construir					■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Verificación de fallos y errores														■	■	■		
Funcionamiento de prueba del sistema																	■	■
Entrega de Proyecto Tecnológico																		■

ILUSTRACIÓN 4 DIAGRAMA DE GANTT GENERAL. (LUIS GONZALES, 2014)

5.6.3 Asignación de prioridades.

“Existen varios métodos para asignar prioridades al trabajo que se realiza en un centro de trabajo. A pesar de que se han desarrollado reglas más complejas para aplicaciones específicas, su análisis excede los objetivos de este capítulo”. (Monden, 2011)

Entre las reglas básicas están:

- **Fecha de vencimiento.**

Esta regla selecciona la tarea cuya fecha de vencimiento sea más próxima, a fin de ejecutarla primero. En caso de empate, se puede utilizar una regla secundaria (de esta lista) para determinar el orden de prioridad.

- **Tiempo de procesamiento más corto (TPC).**

Las tareas se organizan en orden de prioridad de acuerdo con el tiempo de procesamiento estimado para realizarlas donde la tarea con el tiempo de procesamiento más corto se coloca en primer lugar de la lista. Una de las ventajas de este método radica en que en ocasiones provoca que las tareas más complejas se dejen al final de la lista, dando lugar a retrasos en su realización.

- **Holgura total.**

Al restar el tiempo de procesamiento total del tiempo total hasta el vencimiento se obtiene un valor denominado *holgura*. La regla consiste en seleccionar aquellas tareas que permiten el menor tiempo de holgura y realizarlas primero, dado que son las que se encuentran en más peligro de retraso si no se les atiende.

- **Holgura por operación.**

Se trata de una variante de la holgura total. De acuerdo con esta regla, la holgura total se divide entre el número de operaciones restantes. La tarea con menor holgura total por operación se programa primero. Esto ofrece más información que la regla de holgura total.

- **Primero en llegar, primero en ser atendido.**

El supuesto inherente es que la primera tarea también se requiere primero. Además, esta regla suele ser percibida como justa, ya que la tarea que ingresa primero a la operación tendrá prioridad de ejecución.

- **Proporción crítica.**

La proporción crítica se calcula dividiendo el tiempo restante hasta el vencimiento entre el trabajo remanente que es el tiempo total de procesamiento. Si la proporción crítica es mayor a 1 significa que hay holgura, si es igual a 1 significa que no existe retraso, pero tampoco se puede permitir desviaciones en la producción y si es menor que 1 la tarea se encuentra retrasada. Se considera la mejor por considerar holgura y fecha de vencimiento.

5.6.4 Manufactura esbelta.

El concepto de manufactura esbelta nace de la necesidad de las empresas de reducir costos sin influir en el producto final definiendo a todo este proceso en dos términos analíticos denominados *Con valor agregado* y *Sin valor agregado*.

“El termino valor agregado hace referencia a toda actividad necesaria que transforme el producto a un estado más completo cambiando su forma física y a la vez también aumenta su valor. Por otro lado, el término sin valor agregado se refiere a toda actividad que consuma recursos y que no esté cambiando físicamente al producto ni agregando valor al mismo. A partir de estos términos, la manufactura esbelta se convierte al pasar de los años en una filosofía de trabajo iniciada por Toyota focalizándose en identificar, reducir y si es posible, eliminar todo tipo de actividad que no genere valor agregado al producto, denominando a estas actividades como *desperdicios*”. (Davis, 2018)

Los desperdicios en la producción son:

- Sobre-producción.
- Tiempo de espera.
- Transporte.
- Sobre-procesamiento o procesos inapropiados.
- Inventarios innecesarios.
- Movimientos innecesarios.
- Defectos.
- Talento Humano.

5.6.5 Antecedentes internos.

De acuerdo a un análisis de información actual, dentro de la Universidad Politécnica Salesiana no existe un estudio, proyecto o investigación que haga referencia a procesos de producción de ningún nivel, por lo que este proyecto en específico facilitará

al grupo UPS Racing Team un formato para aplicación, control y culminación sobre los procesos y métodos involucrados en la fabricación de un monoplaza para Formula Student.

Al final de este proyecto se presentara una propuesta de proceso de producción en la cual se esquematice etapa por etapa la forma de producir un monoplaza para formula Student que mantenga a toda la línea de producción libre de perturbaciones permitiendo por primera vez dentro de la universidad manejar técnicas de manufactura esbelta que normalmente son usadas por empresas como Toyota y estableciendo la oportunidad de llevar a cabo los proyectos universitarios de una manera diferente y eficaz.

6. CAPITULO 2

6.1 Identificación del tipo de proceso del EB2017.

Para la selección del tipo de proceso de producción de un monoplaza. Se incluye al vehículo formula SAE 2017 de la Politécnica Salesiana nombrado como EB 2017 dentro una categoría de tipo de línea y proceso. Se adecuarán la línea y el proceso a los recursos disponibles.

“Para el tipo de proceso de producción se identifica el producto. El EB 2017 es un vehículo construido para la competencia Formula Student. Un evento en el cual universidades a nivel mundial participan con su propio vehículo monoplaza en pruebas estáticas y dinámicas. Su finalidad es ser el campeón anual”. (SAE, 2017)

Esta competencia tiene varias ediciones durante el año en diferentes países como Alemania, Estados Unidos, Inglaterra, etc. La edición con la cual se tiene familiaridad es

la que se lleva a cabo en Inglaterra – Reino Unido en el mes de Julio. Es importante saber la fecha de la competencia porque a partir de esto se define la fecha de partida.

“La competencia también indica que el mismo vehículo no puede participar dos o más años seguidos. Para competir anualmente se debe construir un vehículo nuevo cada año o diferente al anterior”. (SAE, 2017)

El vehículo a construir debe ser analizado en cantidad y complejidad. El tipo de proceso de producción escogido es el de modelo bajo pedido. Hace referencia a la fabricación de un producto único. Cada vehículo será diferente y no existirá otro igual. La línea de producción en base a la experiencia y al espacio limitado se la define como una línea de producción para un producto mixto. Se debe configurar y reconfigurar una determinada área para cada sistema en construcción de un producto único. Como base, en la propuesta de producción, se diagnosticará la construcción del EB 2017 desde la formación del equipo hasta el cierre del equipo después de la competencia usando herramientas organizacionales para su comparación.

6.1.1 Esquema básico de construcción del EB2017

Cuando se habla de la construcción del EB2017. Se puede referenciar un proceso de producción en cierta forma improvisado del vehículo. No significa que no haya existido planificación, sino que, se hace referencia a que la mayoría de la producción estaba basada en lo que suceda al momento, para un futuro cercano o un proceso obvio.

Empezando por una descripción del flujo de procesos para la adquisición de materiales se tratará de ejemplificar y resumir la construcción del EB2017. En su parte mecánica como chasis, suspensión, dirección y frenos.

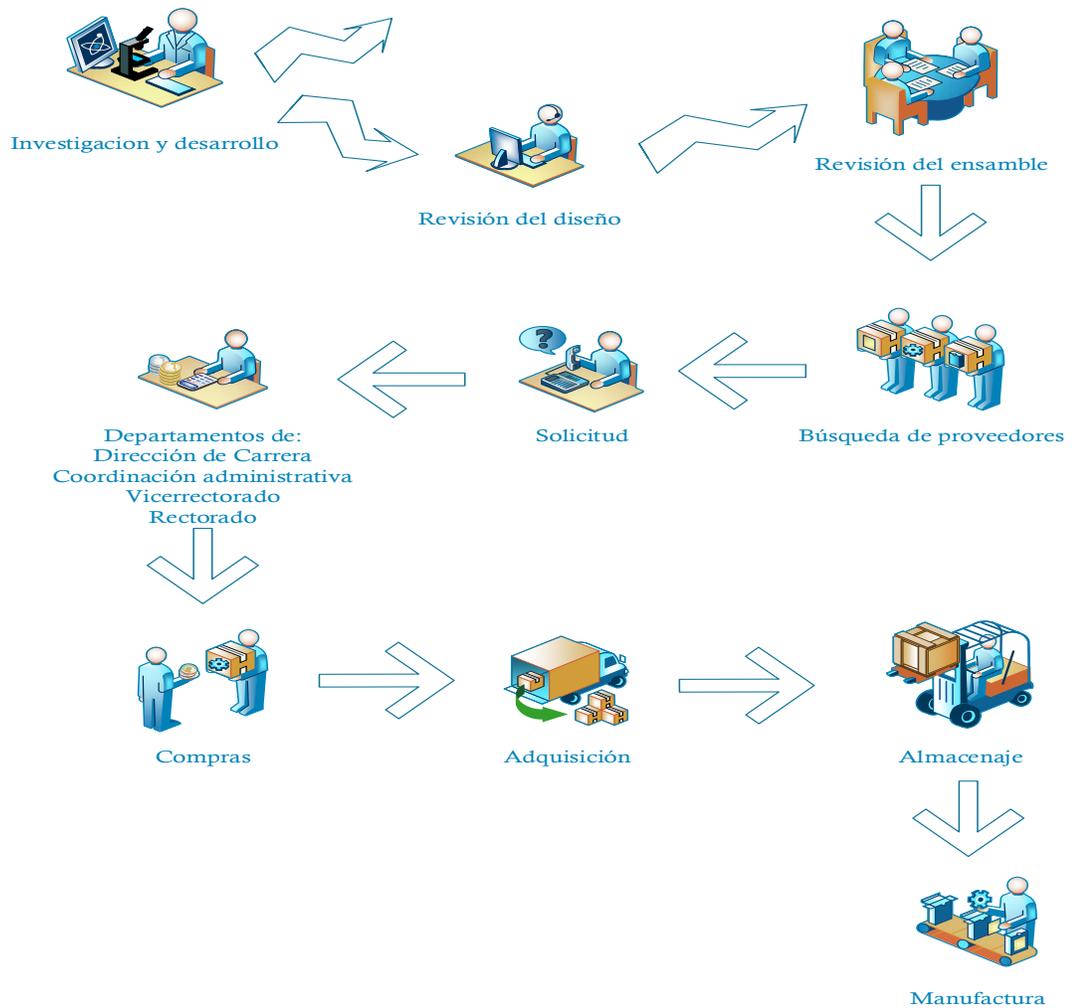


ILUSTRACIÓN 5 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

El tiempo de adquisición de los materiales depende en su mayoría de saber escoger un proveedor correcto. Hacer un seguimiento del proceso de compra establecido por la universidad. En el mejor de los casos el tiempo de compra de los materiales ha sido en dos semanas a partir de consejo de carrera considerando que el proveedor es local y cuenta en su stock con el material solicitado. Por el otro lado está el peor escenario, que es un proveedor internacional el cual no tiene un stock de disponible y tiene que producir un producto único para el equipo.

Si combinamos el proceso de compra más el proceso de producción se puede establecer brevemente el proceso de producción del EB2017 en un gráfico general.

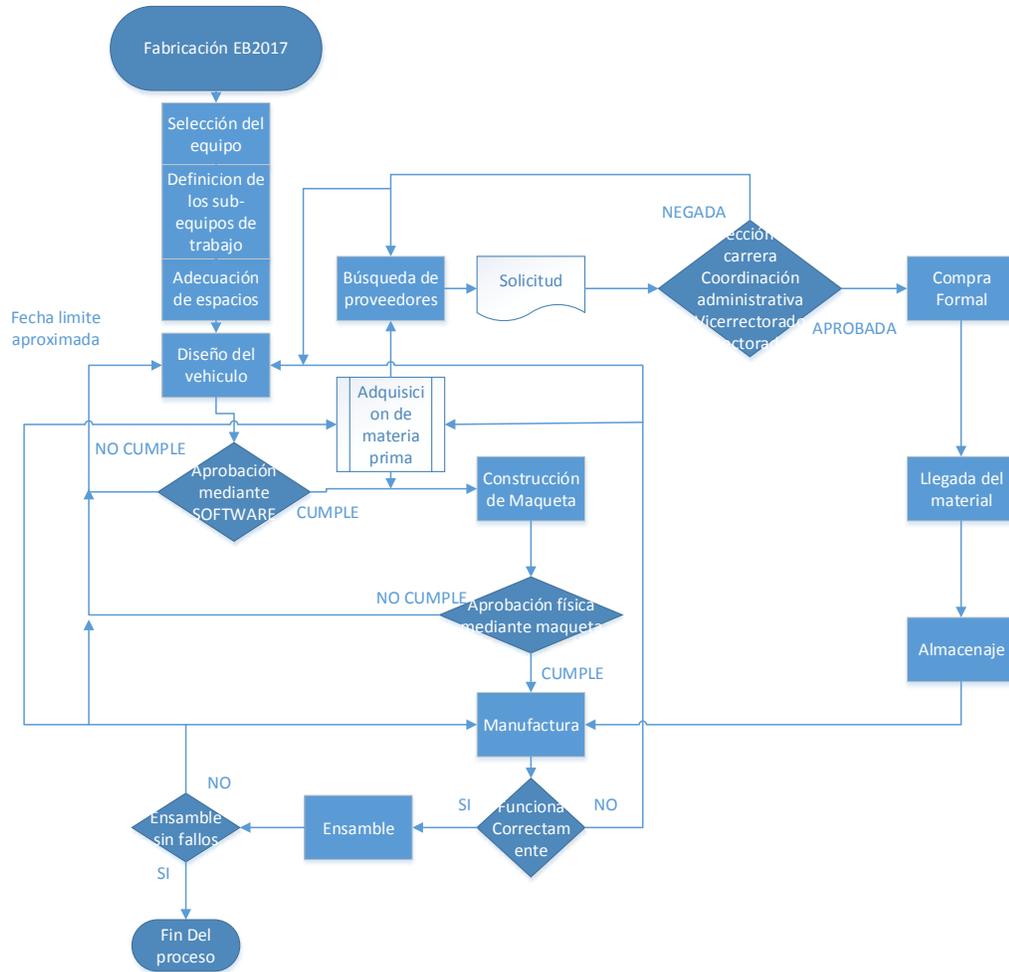


ILUSTRACIÓN 6 DIAGRAMA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EB2017

La construcción del EB2017 como se aprecia en el diagrama no tiene un método lineal. Este es el punto de partida para el reconocimiento de desperdicios. El método grafico mostrara fenómenos o pasos que no son considerados desperdicios mientras se lleva a cabo la producción. Retroalimentar el método grafico permitirá la mejora continua del equipo y del proceso de producción.

6.2 TPS (Toyota Production System).

El sistema de producción de Toyota es uno de los más prestigiados a nivel mundial. Su estructura y organización permiten a Toyota mantener un margen de ganancias estable incluso en temporadas de baja en la demanda de sus vehículos, sin disminuir la calidad de sus vehículos. Toyota no logro conseguir esto en un corto plazo. Sus metodologías fueron desarrolladas entre 1946 y 1975 llamadas en un inicio Just In Time. Todas estas metodologías son precursoras de la Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing.

El TPS será una guía en el desarrollo del proceso de producción de un vehículo monoplace para la competencia Formula Student. Sus lineamientos en la producción de un vehículo tales como, seguridad, acabado, funcionalidad, confianza son parecidos a excepción del fin del vehículo. En Toyota su fin es una comercialización a nivel global y en UPS Racing Team su fin es Competitivo-Educativo. Por lo que, varias de las metodologías usadas por Toyota son de gran ayuda para, por primera vez, establecer formalmente un primer proceso de producción para la fabricación de un vehículo para Formula Student.

En el desarrollo de estas metodologías, Toyota parte desde lo más básico en sus inicios. Incluso se podría decir desde lo más obvio, para después poder tener un proceso evolutivo basado en la filosofía *“Jamás un proceso será perfecto”*. Esto permite al proceso de producción tener una retroalimentación de información que abre las puertas a la corrección de fenómenos no planeados o la mejora de fenómenos conocidos.

Las metodologías que se aplicarán en el proceso de producción del monoplaza de UPS Racing Team serán seleccionadas en base a la experiencia adquirida en dos años como Líder del equipo. Las metodologías de Toyota permiten diferenciar el área de aplicación y se las denomina como:

- **Requerimiento:** Son características básicas para el cumplimiento de cierto servicio o desarrollo de producto cumpla con las necesidades y especificaciones impuestas por el cliente.
- **Condiciones:** Son situaciones en el tiempo o espacio que se necesitan para poder cumplir o continuar con un proceso que necesita ciertos requerimientos.
- **Técnica:** Es el conjunto de reglas, normas o protocolos que permiten obtener un resultado. En esta propuesta el enfoque es hacia el flujo tanto de información, procesos y productos dentro del sistema global de UPS Racing Team.

Dentro de cada una de estas metodologías se estudiarán algunas herramientas en específico. Se compararán con el proceso del EB 2017. Se ejemplificarán ciertas metodologías usando el EB2017. En el siguiente punto se estudiará una herramienta global e indispensable para cualquier sistema de producción que sea formalmente establecido.

6.3 VSM (Value Stream Mapping) – Mapa de la cadena de valor

El Mapeo de la cadena de valor o Value Stream Mapping por sus siglas en inglés es un método gráfico en el cual se detalla el flujo completo de información, materiales y actividades involucradas para que el producto o servicio llegue al cliente. Este método es

posible identificar actividades que no agregan valor al producto. En manufactura esbelta estas actividades son denominadas como “Desperdicios”.

Para el proyecto, el VSM proporcionará información del proceso de construcción del EB 2017. Dicho proceso no tuvo un modelo sistemático de construcción. Si bien si se estableció un cronograma, este no era conocido en su totalidad por los integrantes del equipo generando que la mayoría del trabajo se realice de acuerdo a la “necesidad del momento”. Un ejemplo fácil para entender esto es que incluso cuando el vehículo estuvo en la etapa final (4-5 meses) antes de la competencia, el equipo aún seguía adquiriendo materiales y elementos para la construcción del vehículo.

Más en detalle el VSM se puede dividir en 3 grupos para la identificación global de la actividad, estas son:

- **Flujo de información:** La información dentro de un proceso de producción se considera igual de importante que el material debido a que el flujo de esta debe responder en cualquier punto de tiempo de la producción lo que necesita el próximo proceso y cuando lo necesita.
- **Flujo de material:** El flujo de material es la cadena de valor que tiene la materia prima desde la adquisición (proveedores) hasta la transformación final, en esta etapa se detalla procesos de manufactura, tiempos de manufactura, personal, etc.
- **Escalera de tiempo:** Es una línea de tiempo en donde se detalla el tiempo de cada proceso que sea ejecutado en la cadena de valor, se considera tiempos de transporte, traslado y procesamiento. Su forma escalonada es para mejorar la

apreciación grafica del flujo debido a que el VSM lo debe manejar cada miembro del equipo.

En la ilustración 7 se muestra un diagrama básico de un VSM con sus respectivas etapas

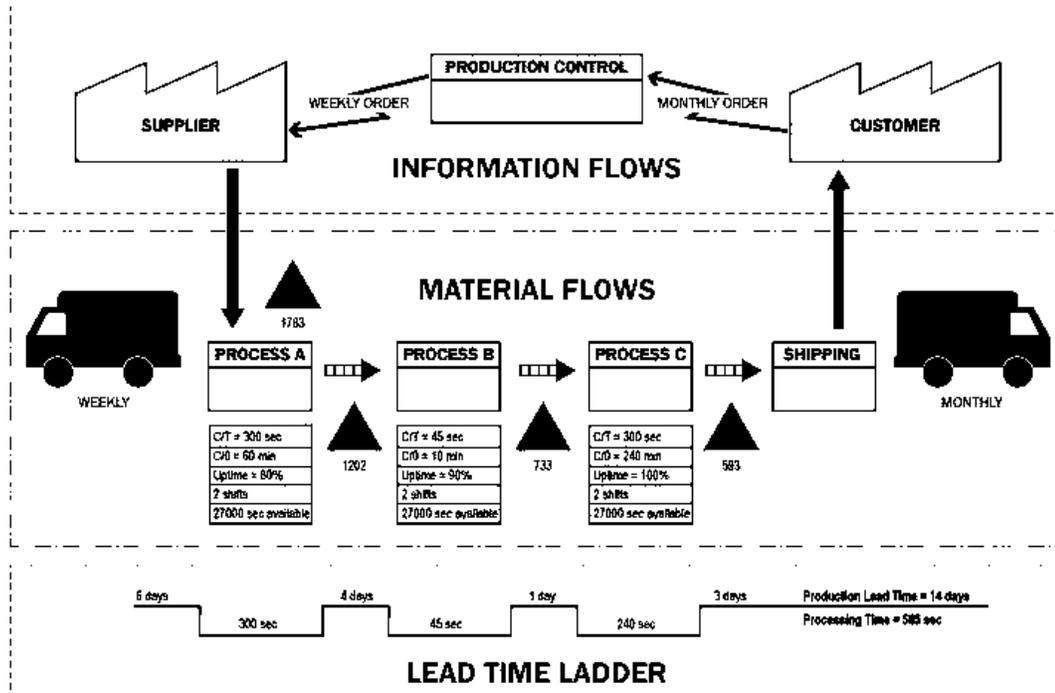


ILUSTRACIÓN 7 VSM GENERAL

El VSM debe ser de fácil acceso para integrante del equipo de producción y debe ser estrictamente seguido. Este debe de ser diseñado de tal forma que cubra las necesidades del proyecto individual. EB 2017 al ser un proyecto universitario y de características únicas, se debería considerar un tiempo de holgura en cada VSM planteado para que pueda ser usado en caso de cualquier retraso.

El VSM es un modelo grafico evolutivo lo que significa que no es el mismo al finiquitar. Después de terminar el ciclo del VSM, este debe de ser evaluado para

encontrar desperdicios y corregirlos considerando el termino de manufactura esbelta que dice ningún proceso es perfecto al cien por ciento. Para poder establecer un proceso adecuado para la construcción de un monoplaza se debe saber cómo fue la construcción del último vehículo.

6.4 DFMA (Design For Manufacture and Assembly)

“El DFMA por sus siglas en ingles es el Diseño de manufactura y ensamble es una técnica que permite analizar en forma sistemática cualquier diseño. A partir de este análisis se proponen posibles modificaciones del diseño existente que reducen el número de piezas en el montaje.” (González, 2011).

El fin del DFMA es la eliminación de elementos que no agregan valor. Si se reducen el número de piezas dentro de un ensamble, también lo hace los fasteners, operaciones de montaje y finalmente tiempo de montaje. Reduciendo de manera efectiva un desperdicio dentro del proceso.

DFMA basa su participación en la manufactura con varios principios de los cuales unos cuantos han sido escogidos para la aplicación en el proyecto de UPS Racing Team y son:

- Diseño de un componente base
- Favorecer uso de componentes multifuncionales
- Eliminar los ajustes cuando sean necesarios
- Proveer acceso directo a todos los sub montajes
- Minimizar los niveles de ensamblado
- Facilitar la orientación de los componentes haciéndolo lo más simétricos posibles

En el DFMA se distinguen dos etapas:

DFA que es el diseño para el montaje, se encarga de reducir la complejidad de un producto para el ensamble con su entorno.

Y el DFM que permite al usuario juzgar rápidamente el costo de manufacturar el diseño e incluso compararlo con alguna otra propuesta de diseño. Para el caso de UPS Racing Team y la construcción del EB2017 si existió un proceso de diseño de elementos. El inconveniente radica en que, su estructura no se basaba en técnicas o modelos esbeltos. No se llevó un registro detallado de la producción como la propone un DFMA. En esta etapa cuando el diseño concluía después de ciertas correcciones el próximo paso era directamente la manufactura. No se registra la existencia de una hoja de ruta/protocolo específico/a para establecer el mejor proceso de manufactura del sistema de Dirección, Suspensión, Frenos, y Chasis. Esto implicaba que exista un desperdicio de tiempo bastante considerable porque ya en cierto porcentaje de la manufactura o ensamble se identificaban situaciones no planificadas.

El DFMA evitara que UPS Racing Team se aventure en el diseño y manufactura del monoplaza. Permitirá que incluso en la incursión de un nuevo diseño se tenga un proceso sistemático y de calidad. No se debe olvidar que también es un proceso educativo por lo que los errores pueden ser previstos. El DFMA también es un proceso evolutivo por lo que tampoco será perfecto.

6.4.1 Principales implicaciones en el diseño.

“Las decisiones tomadas sobre un producto o servicio en la fase de diseño representan hasta el 70% del coste de dicho servicio o producto. Es importante saber que no se puede aproximar el coste de un producto solo porque uno parecido tiene cierto

valor conocido, es decir, cada producto por muy similar que sea a otro tiene su propio coste". (Group, 1981)

Dentro de las implicaciones de diseño se tiene:

- **Ciclo de vida:** Cuando se diseña teniendo en cuenta el ciclo de vida del producto se puede llegar a tener una percepción de los costes relacionados con la fabricación, Para el caso de una línea de manufactura en donde el producto se repite cientos de veces las equivocaciones se reducen con el uso de maquinaria automatizada, en el caso de Ups Racing Team el 90% de las operaciones son realizadas de forma manual por lo que la posibilidad de cometer un error aumenta considerablemente y estos errores pueden afectar al ciclo de vida del producto.
- **Organización de equipos:** Los equipos de diseño deben organizarse en torno al coordinador del proyecto, este impulsa todos los ámbitos para el diseño apoyándose en individuos o comités expertos en ciertas áreas, este también debe facilitar la creatividad y motivación de los equipos de trabajo.
- **Arquitectura de productos:** El diseño puede empezar abordando arquitecturas de modelos funcionales parecidos, esto puede aplicarse en cualquier producto o servicio, generalmente un diseño no necesita empezar desde cero, sino que puede basar su esencia en un producto funcional que sea similar.
- **Diseño y desarrollo:** En el área de diseño para facilitar la elección de mejor diseño se toman en cuenta las más importantes técnicas de diseño como simetrías, efecto de espesores, dimensiones, tolerancias y dificultades de acceso. El diseño se debe evaluar con precisión y utilizarlo con eficacia.

6.4.2 Principales implicaciones en la manufactura

“La manufactura tiene sus inicios en la edad medieval, donde se llevaba a cabo lo que se conoce como “el arte de manufacturar”, que es la habilidad de crear el producto que el cliente quisiera. Durante el tiempo este arte ha evolucionado a medida que las empresas empezaron a manufacturar en pequeñas etapas y su conexión con el área de planificación se volvió directa”. (Society., 1980)

Los principales componentes de la estrategia de Manufactura son:

- **Horizonte de tiempo:** Plantear un horizonte de tiempo ayuda a establecer el tiempo de nuestros objetivos, si estos son a largo plazo nos ayudara a concebir los objetivos a corto plazo de tal manera que se alineen con el de largo plazo.
- **Impacto:** Establecer el impacto de ciertas decisiones ayudará a mejorar la satisfacción del cliente, en equipo se evalúa el impacto que va a tener en nuestro cliente la decisión de manufactura que se decida.
- **Concentración de esfuerzos:** Es importante saber en qué parte de la manufactura se deben dedicar más recursos, tanto económicos, como de recursos humanos debido a la complejidad de la etapa, sistema o tarea. Esto es un tema muy importante para el área de recursos humanos y la motivación que conlleva debido a que, por asignar mayores esfuerzos en un punto específico, tal vez los puntos alrededor se sientan no tan importantes, por lo que, es importante para la salud del equipo que cada miembro del equipo realiza un trabajo igual de importante que cualquier otro.
- **Hacia un objetivo:** Establecer objetivos a corto plazo o largo plazo ayudan a establecer un punto fijo hacia donde se desea llegar, la cantidad de objetivos se

los debe plantear el encargado de diseño, por ejemplo si para la construcción del sistema de chasis se ubica un objetivo general que es finalizar el chasis, tal vez no se visualice un camino el cual seguir, pero si se plantea un horizonte de tiempo en el cual en un mes se debe manufacturar el chasis, y dentro de ese mes se plantean objetivos semanales de manufactura, la ruta a seguir se va aclarando, la supervisión se vuelve más fácil, y el trabajo se ve distribuido a lo largo de nuestro horizonte evitando que exista acumulación de trabajo.

- **Patrones de decisión:** Escoger el material, servicios, proveedores, etc. Es una de las etapas que pueden llegar a dar problemas si tan solo se “conversan” por lo que la mejor manera de seleccionar estos elementos es evaluando numéricamente detalles de cada uno, se suele usar una matriz de selección para facilitar la selección.
- **Consistencia:** Este punto hace referencia que antes de empezar la manufactura todos los puntos deben estar claros y concisos, a manera metafórica, se debe empezar el camino hacia el horizonte con claridad antes que neblina, con esto se evita que ya durante la manufactura exista cualquier duda del procedimiento.

Las consideraciones tanto de diseño como de manufactura deben ser analizadas por el círculo de calidad. Una vez estas hayan sido generalizadas o especificadas según la etapa, se compartirán con el equipo actual. Miembros del ultimo equipo pueden formar parte del círculo de calidad. (Hall, 1981)

6.4.3 Creación del DFMA.

- **Generar el concepto:** Para el concepto de diseño se considera en primera instancia la jerarquía del producto, es decir se puede establecer un concepto

general para todo el proyecto como para un apartado, en esta etapa se establecen funciones, objetivos y alcances. Relacionar con FSAE

- **Sub- funciones:** Se considera la opción de que cierto producto pueda intervenir en la función de otro de cualquier manera posible favoreciendo la creación de una estructura modular. Ensamble DFMA
- **Diseño, simulación, evaluación y retroalimentación:** En esta etapa se recomienda un tiempo de diseño general para todos los sistemas involucrados, por ejemplo, se cronograma un tiempo total de diseño en el cual se presentan avances y correcciones, la evaluación de los sistemas más el ensamble se realiza en una reunión general por semana en donde los sistemas involucrados se encuentren presentes.

Los diferentes sistemas y simulaciones son evaluados por el Faculty Advisor encargado del área de diseño mecánico, para esta etapa se propone una rúbrica de seguimiento del diseño en la cual se detallan errores, correcciones, actividades siguientes, número revisiones del sistema global y de cualquier etapa del diseño. La rúbrica propuesta se encuentra en el Anexo 1.

- **Opciones de materialización, alternativas y selección:** Antes del proceso de manufactura está el diseño de la manufactura en donde se plantean limitaciones, necesidades para la manufactura, exigencias, incidencias ambientales, etc. Evaluando todo esto se escoge la mejor ruta de materialización del producto o servicio.

En esta parte es importante identificar entre:

- **Insumos base:**

Los insumos Base son aquellos que se necesitan incluso antes de contemplar el diseño de la manufactura como, por ejemplo, Soldadora MIG, cascos para soldar, planchas de acero de 2mm, para los fixtures, etc. Es importante identificar estos ya que son elementos que se pueden adquirir antes de empezar la materialización del chasis y que son elementales en el proceso, así se logra tener el espacio y materiales listos para el tipo de manufactura que se escoja después.

- **Insumos de selección.**

Los insumos de selección son aquellos que necesitan una comparativa entre materia prima con similares características para escoger el más adecuado para la materialización. Para la selección de la materia prima a usar en el chasis se recomienda usar una matriz de selección en la cual se enumeren diferentes tipos de materiales, su procedencia, proveedor y costo. De acuerdo con esto se define la materia prima.

También se debe establecer una hoja de ruta, enlistando los procedimientos que se deben realizar y el orden en el cual se deben realizar, también se debe estimar el tiempo de duración de la mayor cantidad de procedimientos posibles; se consideran tiempos de holgura. Esta hoja de ruta involucra desde el diseño, manufactura, ensamble y organización del equipo.

- **Materialización preliminar y Definitiva:** Aquí se manufactura el producto o servicio, se puede realizar ensayos de materialización que pueden servir para concretar una idea al 100% antes de la materialización definitiva.
- **Documentar:** Documentar el proceso es de vital importancia para después realizar una retroalimentación, esta tarea se puede asignar a personas con tienen la capacidad de detallar un proceso al verlo.
- **Analizar acabados:** En esta etapa se efectúan revisiones de tolerancias, acabados, pruebas de resistencia, determinación de los pesos teóricos y reales, análisis de soldadura, etc. Muchas de estas revisiones son controlables, esto es decir que se disminuye su probabilidad de falla desde el diseño mediante diferentes métodos que son escogidos por los diseñadores. Por ejemplo, los fixtures del chasis evitan que el chasis se desvíe de su forma y dimensiones originales.
- **Cumple su función correctamente:** La funcionalidad del producto es evaluado mediante un AMEF. La explicación de esta herramienta se estudiará en el punto 2.5.
- **Retroalimentar producto construido y buscar desperdicios:** Mediante la documentación el grupo de diseño y grupo de control de calidad puede establecer una sesión en la cual se retroalimente el flujo de información adquirida y busque la forma de mejorar el proceso.

Retroalimentar el proceso de producción adquiere relevancia en el tiempo y va de la mano con la documentación, sin este proceso puede provocar que un proyecto pierda viabilidad debido a que el punto de partida de una nueva meta siempre será cero.

Como mapa conceptual guía se tiene:

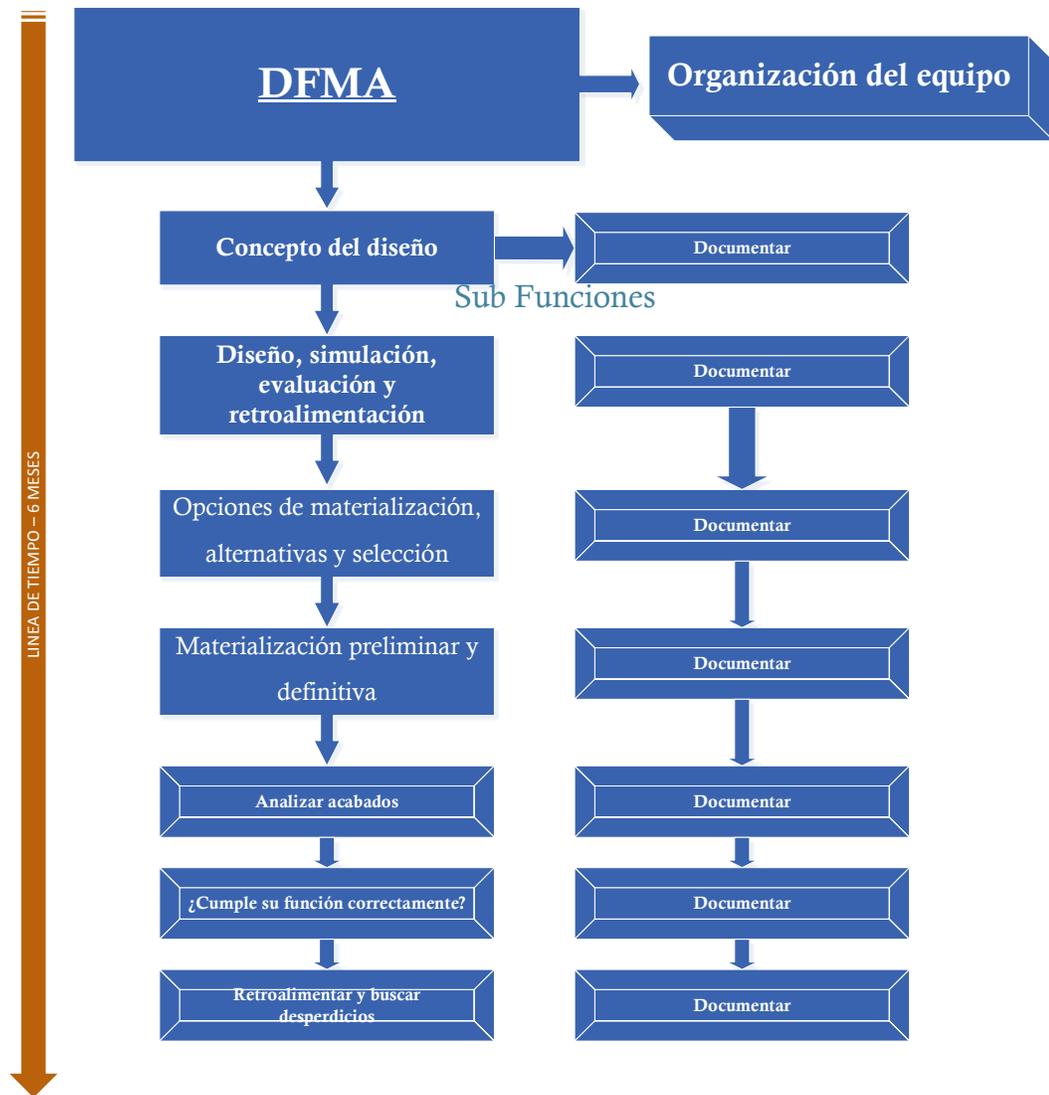


ILUSTRACIÓN 8 DFMA MODELO (PRODINTEC, 2018)

6.5 FMEA (Failure Mode Effect Analysis) – Análisis de Modo y Efecto de Falla.

“El Análisis de Modo y efecto de Fallos es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar sus recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta”. (Scarpatti, 2018)

Los errores son evaluados de acuerdo a su gravedad, ocurrencia y detección. Una vez evaluado estos parámetros, los resultados sirven para calcular el IPR (Índice de Prioridad de Riesgo). Toda esta evaluación permite priorizar actividades que eviten ciertos problemas.

Individualmente se tiene:

- **Gravedad de la falla:** Define que tan grave es la falla en cuestión.
- **Probabilidad de ocurrencia:** Se define que tan probable es que ocurra cierta falla.
- **Probabilidad de detección:** Define que cual es la probabilidad de que se detecte dicha falla.

Los índices de estos son definidos por el Círculo de control de Calidad. Por ejemplo, grandes empresas tienen valores de índices de 0 a 10, en donde 0 es improbabilidad y 10 prácticamente afirma que el error se dará. Para UPS Racing Team se recomienda un índice de 0 a 5 en donde 0 es improbable y 5 afirma que ocurrirá el error. Este rango facilitará el entendimiento del valor que se asigne a la ponderación de falla.

Con eso se tiene que el índice de Riesgo viene dado por:

$$\begin{aligned} & \textit{Gravedad de la falla (S)} \\ & \textit{Probabilidad de Ocurrencia (O)} \\ & \textit{Probabilidad de Deteccion (D)} \\ & IPR = S * O * D \end{aligned}$$

6.5.1 Estructura del FMEA

El orden de la Revisión de Fallas y efectos viene dado como muestra el siguiente gráfico

Estructura FMEA,



ILUSTRACIÓN 9 “ESTRUCTURA FMEA” (FSAE RULES, 2018)

El FMEA mejorara la confiabilidad y calidad del monoplaza debido a que actúa sobre sus procesos. Captura el conocimiento desarrollado durante el diseño y manufactura. Prioriza las deficiencias de la manufactura reduciendo desperdicios.

El Formato del FMEA recomendado para UPS Racing Team será visualizado en el anexo

2.

6.6 JIT (Just In Time) – Justo a Tiempo.

Just In Time más que un modelo de gestión es una filosofía basada en ciertos aspectos de la producción que pueden sonar muy obvios pero que son lugares clave para la generación de desperdicios. También son los pilares de una producción de cualquier producto o servicio, y son:

- La identificación y registro de desperdicios.
- La calidad de los productos o servicios.
- Profundo compromiso y lealtad de parte de todo el equipo.
- Fuerte orientación a sus tareas.
- Mayor productividad-reducción de costos; Calidad- mayor satisfacción al cliente; Mayores ventas-Mayores utilidades

“La esencia del Just in time o Justo a tiempo es que los insumos que llegan a la fábrica sean los necesarios. Se eliminan espacios para almacenar material que muchas veces no se encuentra ni cerca de entrar a su tratamiento de producción. El JIT en Toyota llega a tal nivel que ciertos productos se fabrican el mismo día en que son instalados. Con esto se reduce costos de gestión, inversión en inventarios y pérdidas en los almacenes”.
(Butt, 1981)

Para el caso de UPS Racing Team no es factible llegar a un nivel tan alto en el JIT, debido a que es una producción bajo pedido o modelo único. Los plazos de entrega están sujetos a inspección en aduana, vuelos, burocracia, etc. JIT reduce la compra en demasía solo “Por si acaso”. No se reducirá al 100 % los desperdicios porque el proyecto se maneja a nivel educativo. Los estudiantes como parte del proceso de formación tienen

opción a equivocarse siempre y cuando se mantenga un registro de errores no planeados, no se vuelvan a repetir y que obviamente estos errores cuenten dentro del cronograma inicial, como imprevistos.

El sistema Just In Time maneja dos metodologías que son PUSH (empujar) y PULL (Jalar). El sistema Push es un sistema en el cual la producción se basa en pronósticos de mediano o largo plazo y el mercado es el que decide la demanda de material.

“En el sistema Pull, la demanda del producto es la que determina cuanto producir. UPS Racing Team tiene una demanda de un producto. Los tamaños de órdenes de trabajo son más pequeñas o incluso únicas por lo que ciertas etapas de la manufactura están sujeta a la producción *cuando realmente se requiera*”. (Casanovas, 2012)

Este método se acopla mejor a sistemas innovadores y flexibles. La producción del EB2017 es un sistema Pull ya que necesita de planificación. Al aceptar errores como parte del sistema educativo, se vuelve flexible. La determinación del tipo de sistema correspondiente al proceso de manufactura de un monoplaza para Formula Student nos ayuda a enumerar, entender y aprovechar las ventajas y las desventajas que existen dentro de la producción. Para UPS Racing Team las ventajas son:

Just In Time - PULL	
Ventajas	Desventajas
Mejor conocimiento del mercado	Descoordinación de las necesidades fundamentales de la empresa
Proximidad tanto al cliente como al proveedor	Los proveedores no tienen un stock dedicado a la empresa.
Utilización de herramientas más simples	Aumenta el stock “por si acaso”

Menos gastos en comunicación	
Menos gastos en procesamiento de datos	

ILUSTRACIÓN 10 “VENTAJAS Y DESVENTAJAS JUST IN TIME PULL” (TERADA, 1981)

“Just In Time en UPS Racing Team es una herramienta que corregirá problemas que existieron en el proceso de construcción del EB2017, Estos problemas fueron:

- Descoordinación y no disponibilidad inmediata de información.
- Demoras en la entrega de recursos incluso con proveedores locales.
- Improvisación en la adquisición y transporte del material hacia laboratorio.
- Sub utilización de espacios y personal en actividades no planeadas”

6.7 JIDOKA.

“Uno de los pilares de la manufactura esbelta es el JIDOKA. Significa Automatización con un toque humano. Parte del principio de que la calidad de un producto o servicio recae en la calidad misma de la producción. Promueve métodos preventivos antes de limitarse a la verificación de calidad post proceso. Esto quiero decir que, si se detecta un error en el proceso de producción, toda la línea se detiene para encontrar el motivo, corregirlo, documentarlo y no cometerlo nuevamente”. (Martin, 2012)

Jidoka la conforman dos metodologías esenciales que son la automatización y la autonomización. La primera busca realizar procesos que antes eran manuales de forma autónoma. Un claro ejemplo es la manufactura de manguetas usando herramientas CNC y que a diferencia del BOSCO 1, se realizaron manualmente.

En la Autonomación (intervención máquina - humano) se hace referencia a la automatización con inteligencia humana, esto indica que la relación hombre-máquina es esencial debido al criterio formado y no programado que tiene una persona ante una máquina. Si se junta esto al caso de las manguetas, se tiene que, antes de que el proceso se vuelva autónomo existió una persona que programó y preparó la máquina para el mecanizado.

En el caso de encontrar un error, la persona que fue delegada por el líder para documentar el proceso y el encargado del sistema deben asegurar que el proceso se detenga, se busquen las causas del error, se corrijan y se documenten.

Jidoka es una metodología fundamental en UPS Racing Team. Focaliza sus esfuerzos en detener una producción siempre y cuando se detecte una anomalía. Se vuelve fundamental en UPS Racing Team debido a que es una producción en la que el ensamble es manual y los integrantes del equipo se encuentran en un proceso educativo. Con Jidoka se aumenta la calidad del proceso, la calidad del producto y la calidad del equipo.

6.8 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke).

“La práctica de 5S es un método de organizacional amigable para la mejora continua. Considera un conjunto de principios que ayudan a enfocar, analizar y gestionar cualquier aspecto, tarea o problema, tanto en el ámbito individual como en el de las organizaciones. Fue creada originalmente para mejorar el entorno de trabajo enfocándose principalmente en la gestión y en dinamizar el aprendizaje dentro de la organización”.

(Lopez, 2016)

Con el tiempo, varios tipos de suciedad pueden acumularse en las plantas y oficinas de una empresa u organización. La esta suciedad atrae una serie de procesos de trabajos extra que no agregan valor al producto. Se puede establecer dentro de estos los inventarios extra, inventarios defectuosos, plantillas innecesarias, equipos, mesas, etc. En el área organizacional y burocrática los desperdicios son cualquier informe, documento o equipo de papelería que ya no son usados.

5s es el proceso de “lavado” de toda esta suciedad con el fin de poder utilizar las cosas necesarias en el momento necesario, en la cantidad necesaria. Mediante la implementación de 5s, los niveles de calidad, tiempos de entrega y reducción de costes se pueden mejorar sin afectar el presupuesto dedicado netamente al producto.

“El Sr. Hiroyuki Hirano quien es el principal ejecutivo de ULVAC “Leading the world with vacuum technology” y gerente general de Mitsubishi Plastics Inc. cree que, mediante la promoción de las 5S, una planta puede suministrar los productos que los clientes desean, de buena calidad, a un bajo costo, de forma rápida y segura. Por lo tanto aumentar las ganancias de la compañía”. (Monden, 2011)

Antes de empezar con la descripción de cada “S” es importante detectar cuáles son los desperdicios que se van a tratar principalmente con 5S. Se tienen:

1. Tiempo de preparación: Todo proceso requiere una planificación. Cuando no existe se genera un tiempo que no es productivo para el equipo de trabajo. Por ejemplo, el tiempo para la preparación de herramientas o dispositivos necesarios para llevar a cabo la siguiente operación dentro de la línea. Este tiempo puede ser reducido o incluso eliminado mediante la distribución ordenada de

todas las herramientas y dispositivos necesarios dentro del avance del producto en la línea de producción. En UPS Racing Team la preparación de herramientas se las realizaba en el momento del uso. En repetidas ocasiones integrantes del equipo adaptaron o improvisaron herramientas para ciertas máquinas que no eran difíciles de conseguir, tan solo no existió tiempo de preparación dedicado.

2. Los materiales / productos defectuosos: El TPS nos dice que la forma más efectiva de encontrar materiales, productos o servicios defectuosos es aplicando “Punto Fotografía” que es una herramienta motivacional muy poderosa. Su forma de aplicación es tomar fotografías del área de trabajo antes y después de aplicar 5S.

Dentro de estas fotografías es importante agregara la fecha de las fotografías y las actividades realizadas. “La principal meta de Punto fotografía es avergonzar al equipo y convertir esa vergüenza en orgullo y motivación”. (Monden, 2011).

El equipo de UPS Racing Team no tuvo una metodología en la que se pueda apreciar el antes y el después del laboratorio destinado a la construcción de un monoplaza. Como consecuencia, gran parte del equipo no tuvo un apego tal al laboratorio debido a que su trabajo no fue cuantificado, incluso ni por ellos mismo.

3. Áreas de trabajo desordenados: La limpieza y el orden dentro del trabajo aumenta la eficiencia de los procesos. El transporte de productos se hace más fácil sin importar tamaños o pesos debido a la eliminación de materiales incensarios o basura en el suelo. Un lugar de trabajo limpio aumenta la moral del

trabajador, aumenta la asistencia del equipo porque mejora su confort y asegura su salud.

4. Plazos de entrega perdidos: Para la entrega de productos JIT, el flujo de materiales y mano de obra en los procesos deben fluir sin problema. Esto se mejora con un área de trabajo limpia donde se aprecia mejor la existencia o la inexistencia de suministros necesarios para la entrega del producto. Si un ambiente se encuentra desordenado las posibilidades de creer que un producto no existe aumentan.

5. Las condiciones inseguras: Esta es una de las situaciones más frecuentes que presenta una organización “novata” y en vías de desarrollo debido principalmente a su falta de experiencia. Dentro del ámbito de seguridad organizacional siempre se debe recurrir a medidas de seguridad con respecto a la situación más grave que pueda ocurrir. Por ejemplo, Cargas pesadas apiladas inadecuadamente, pisos resbalosos, ruido excesivo, etc. Pueden causar lesiones o incluso la muerte de algún miembro del equipo, dañar el inventario o instalaciones. Esto aumentará los costes y plazos de entrega de un producto.

Dentro del laboratorio para la construcción del EB2017 las condiciones de inseguridad estaban presentes debido a la no preparación del equipo en puntos específicos. Como ejemplo

“La metodología 5S tiene varios otros méritos acreditados. Por ejemplo, se cultiva buenas relaciones humanas en una empresa y eleva la moral. Una empresa u

organización, cuyas plantas de producción están limpias y ordenadas, ganará la credibilidad del cliente, proveedores, visitantes, y los solicitantes”. (Monden, 2011)

Para UPS Racing Team existe un grupo importante con el que se debe ganar credibilidad y son los auspiciantes. Son en su mayor parte autoridades universitarias. La inversión en el monoplaza aumenta la promoción y credibilidad de los procesos académico - investigativos de la universidad. Entre mayor audiencia genere el proyecto Formula Student, mayor será el impacto de la universidad en la sociedad local y nacional. En base a estos desperdicios se definen las 5S:

6.8.1 Seiri.

Separar claramente las cosas necesarias de las innecesarias y abandonar esta última.

Con frecuencia una planta dedicada a la fabricación, se llena de elementos o materia prima innecesaria. Se vuelve difícil quitar de la mente del equipo la frase “tal vez” sirvan para un proceso posterior. Al final solo se termina acumulando verdaderos stocks que provocan malestar, quitan espacio, estorban, perjudican el control visual e impiden la circulación por las áreas de trabajo. Los fundamentos del SEIRI son:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que sirven y las que no.
- Mantener lo que se necesita y eliminar lo que no es necesario.
- Separar los elementos de acuerdo a su uso, seguridad, función, etc.
- Organizar las herramientas en lugares donde los cambios sean fácilmente aplicables.
- Eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o actuación.

Al ser una organización novata, Ups Racing Team tuvo varias ocasiones en las cuales el equipo se vio obligada a decir la frase “por si acaso” generando al final del proyecto una serie de elementos duplicados que aumentaron el presupuesto y que no generaron ningún valor agregado al proyecto global.

6.8.2 Seiton.

Organizar cuidadosamente e identificar cosas para facilitar su uso.

“En la traducción japonesa de SEITON literalmente significa *sentar las cosas de una manera atractiva*” (Monden, 2011).

Esto consiste en ordenar un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar para organizar los elementos que han pasado por SEIRI y puedan ser encontrados fácilmente.

Seiton permite:

- Disponer un sitio adecuado para cada elemento rutinario, para su fácil acceso y retorno.
- Disponer de sitios identificados para elementos necesarios, pero con baja frecuencia de uso.
- En caso de la maquinaria, facilitar la identificación de sus elementos.
- Identificar y marcar sistemas auxiliares como tuberías, aire comprimido, combustibles, etc.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores.

En el sistema organizacional de UPS Racing Team la manera de sentar las cosas de manera atractiva recaía en cada miembro del equipo. Cada quien se encargaba de sus cosas y de cómo almacenarlas, por lo que el acceso a elementos tan elementales como tuercas y pernos era en ciertas ocasiones imposible.

6.8.3 Seiso.

Para limpiar siempre; mantener el orden y la limpieza.

Implica eliminar la suciedad dentro de la organización. Durante el proceso de limpieza se identifica en las maquinas cualquier anomalía. La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de las máquinas y sobretodo con la producción de productos de calidad. Esto solo implica que se mantenga el espacio limpio, sino que se identifiquen generadores de suciedad para poder eliminarlo.

Para aplicar SEISO se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Se debe abolir distinción entre miembros del equipo, todos deben limpiar.
- El trabajo de limpieza es un indicador de cómo trabaja el equipo.
- Se debe elevar la limpieza a la búsqueda de generadores de suciedad.

Con esto, los principales beneficios del SEISO son:

- Reduce el riesgo de accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil de los equipos.
- Se reduce despilfarro de materiales y energía.
- Mejora la calidad del producto evitando imperfecciones.

Para la implementación de SEISO es importante seguir ciertos pasos que son:

Paso 1. Campaña o jornada de limpieza.

Antes de empezar una rutina de limpieza se debe realizar una jornada dedicada, en la cual se aplique SEIRI.

Paso 2. Planificar el mantenimiento de limpieza.

Dentro de la organización de taller debe existir un jefe de taller que debe asignar responsabilidades a cada miembro del equipo. Esta asignación siempre debe estar registrada en un gráfico y visible para todos.

Paso 3. Preparar un manual de limpieza.

Este es una herramienta muy útil porque evitará que en cada limpieza se omita alguna maquina o espacio por olvido. En este se puede mostrar cronológicamente las máquinas y los espacios que se deben limpiar. Se mostrará los utensilios de limpieza necesarios.

Paso 4. Preparar elementos de limpieza.

Se debe tener listos todos los elementos para la limpieza, no se puede permitir que en el momento de la limpieza los encargados se den cuenta de que hace falta algún elemento.

La limpieza durante el proceso de construcción del EB2017 no es mala, el problema recae en el hecho de era una limpieza simple, el principal objetivo era limpiar el taller cuando este sucio, pero jamás se trató formalmente buscar los focos de suciedad, tratarlos y comunicar.

6.8.4 Seiketsu.

Para mantener constante las 3S mencionadas anteriormente, Seiri, Seiton y Seiso.

Se la denomina también estandarizar que significa crear un modelo consiente de la realización de las tareas y procesos. Se puede dividir en estandarización de operaciones que significa que cualquiera pueda realizar la operación y en estandarización de máquinas que implica que cualquiera puede operar dicha máquina, en ambas se hace referencia a todos los miembros de equipo.

Los beneficios que presenta SEIKETSU son:

- Se guarda el conocimiento.
- Mantiene y documenta los procesos, evitando empezar de nuevo.
- Permite que el equipo se conozca más.
- Se puede preparar al equipo para asumir responsabilidades mayores.

6.8.5 Shitsuke.

Los trabajadores tienen la costumbre de siempre cumplir con las reglas.

Shitsuke o disciplina significa convertir en un hábito el empleo de métodos establecidos y estandarizados para el orden y la limpieza en el lugar de trabajo. Con esto se puede mantener las 4S anteriores de forma permanente. Una vez que el equipo cumpla con Shitsuke, cualquiera de las otras 4S pueden sufrir incluso grandes modificaciones y el equipo no tendrá problema para adaptarse.

“Según el Dr. Eizaburo Nishibori (1985), Shitsuke es la más importante regla de las 5S. Por lo tanto, una persona que entrena a los demás debe exhibir primero comportamientos superiores. Los gerentes no deben esperar que sus subordinados simplemente sigan sus designaciones; sino que deberían inspirar a sus subordinados y esperar éxito en lugar de dar críticas constructivas. Los gerentes deben escuchar las ideas de sus subordinados y expresan el estímulo diciendo *su idea es interesante*. Incluso cuando una falla es obvia, los gerentes deben enseñar a los subordinados a reconocer la culpa por sí mismos y ya sea hacer una sugerencia o tolerar el fracaso. Los directivos que critican a los subordinados sin antes darles la oportunidad de desafiarse a sí mismos no pueden cultivar con dominio a los subordinados”. (Monden, 2011).

El equipo encargado del EB2017 tiene capacidades, talentos y una cohesión admirable. El problema principal es la falta de disciplina y lealtad hacia proyecto. Muchas veces esta disciplina se ve afectada por la falta de preparación del equipo para una tarea tan pulida como es la construcción de un monoplaza para una competencia internacional debido a su falta de conocimiento y experiencia. La razón más fuerte es la cultura por lo que una de las formas de contrarrestar la indisciplina es realizar una correcta selección del equipo.

Hiroyuki Hirano y Tommo Sugiyama presentan una serie de directrices para la aplicación de 5S, a continuación, se presentan.

6.8.6 Control Visual

Para las actividades de mejora dentro de una organización es importante que cada miembro del equipo incluyendo la alta gerencia tenga un sentido de responsabilidad, conciencia y apego al proyecto para que la búsqueda de anomalías, residuos ocultos y otros desperdicios se vuelva más eficiente. Estos problemas deben ser visibles por cada miembro del equipo, por lo tanto, se empieza por:

6.8.6.1 Visual Seiri y Seiton

Para reconocer artículos perdidos, materiales y materia prima se separan en necesarios e innecesarios, por lo que, Visual Seiri se puede lograr mediante el uso de etiquetas rojas para elementos innecesarios y verdes para elementos necesarios, para que en el momento de la eliminación no exista confusiones por parte del equipo.

Mientras que Visual Seiton se puede lograr mediante placas indicadoras, esta clasificación se la recomienda hacer por cada sistema. Esto quiere decir que cada sistema

tendrá un lugar designado marcado mediante una placa indicadora. Todos sus elementos tendrán etiquetas de color verde dando a conocer que los elementos innecesarios han sido eliminados.

Seiri y Seiton son los dos primeros pasos hacia la mejora continua.



ILUSTRACIÓN 11 “CAMINO HACIA KAIZEN” (MONDEN, 2011)

Para la aplicación de Visual Seiri

En una planta, la suciedad se reunirá con el tiempo y permitirá que los desechos se acumulen. Por lo que es importante realizar un cronograma de repetición para Seiri y cada proceso contendrá 6 pasos:

Paso 1. Establecimiento de un proyecto de etiqueta de color.

El establecimiento de un proceso de etiquetado debe ser promovido por la alta gerencia o los Faculty Advisor, los cuales deben motivar y lograr compromiso por parte del equipo para empezar el proyecto de etiquetado. Se realizará un consenso de cómo se realizará el etiquetado y el contenido de cada etiqueta.

Paso 2. Determinación de los objetos a sellar.

Para el caso de UPS Racing Team es importante realizar el etiquetado de todos los elementos del taller por lo que se separan etiquetas de color rojo para elementos innecesarios y verdes para los que son necesarios y deben mantenerse esto con el fin de evitar eliminación o acumulación de elementos por confusión.

Paso 3. Determinación de los criterios de etiquetado.

Es importante crear un lineamiento en el cual se base el etiquetado debido que, si se lo realiza de acuerdo al criterio individual de cada miembro el equipo, se puede crear el efecto de mantener elementos incensarios o el caso contrario que sería eliminar elementos necesarios; para UPS Racing Team se recomienda que este lineamiento sea planteado por las personas con mayor experiencia del equipo, ya sea como estudiante o como miembro de la alta gerencia.

Paso 4. Preparación de etiquetas.

Las etiquetas deben tener información básica y necesaria para la identificación e inventario de los elementos, no es obligatorio características técnicas a menos de que sea muy necesario.

En la ilustración se muestra una propuesta de etiquetado para UPS Racing Team.

System/ category	System
Item Name	Elimination date
Quantity	Reason
Process	
Update date	

ILUSTRACIÓN 12 ETIQUETAS PROPUESTAS POR EL AUTOR

Paso 5. Etiquetado.

Un miembro del personal de administración debe hacer el etiquetado real. Son capaces de evaluar las condiciones de manera más objetiva que lo haría una persona directamente encargada del lugar de trabajo. Para UPS Racing Team este cargo es delegado por el líder del equipo o Faculty Advisor, se recomienda encomendar el etiquetado a dos miembros con la mayor experiencia del equipo.

Paso 6. Evaluación de artículos sellados y las acciones recomendadas.

Mientras se realiza el etiquetado de materiales uno de los dos miembros del equipo va realizando un registro de los elementos sean o no necesarios para identificar el porqué de la decisión del etiquetado, es decir por recibieron etiqueta roja o verde. Pueden existir múltiples razones, las más conocidas son: Unidad defectuosa, Unidad Sobrante, compra o despacho equivocado, sobrante, etc.

En el anexo 3 se muestra una propuesta del registro para esta etapa.

Para la aplicación de Visual Seiton

Una vez que los elementos con etiqueta verde sean los únicos dentro del taller el siguiente paso es mostrar claramente que elementos, cuantos y en donde se ubicaran de manera que se puede identificar y recuperar fácilmente cualquiera de estos elementos

Antes de realizar las etiquetas de debe decidir ciertos aspectos:

1. Decidir la colocación artículo.
2. Preparar contenedores.
3. Indicar la posición de cada elemento.
4. Indicar el código del artículo y su cantidad.
5. Hacer Seiton un hábito.

Paso 1-Decidir colocación de artículos

El principio detrás de la determinación de una ubicación para cada artículo es definir los elementos que se utilizan con frecuencia y luego colocarlos en torno a los trabajadores que los usan. Otros artículos de uso menos frecuente se colocan más lejos.

Además, los elementos deben estar situados a una altura entre los hombros de un trabajador y residuos. Este método disminuye la cantidad de tiempo y energía pasó caminar hacia y desde zonas de almacenamiento.

El laboratorio Formula SAE cuenta con varias perchas en las cuales se pueden acomodar todos los elementos necesarios para la construcción de los sistemas de chasis, suspensión, dirección y frenos. Incluso algunos están desocupados, sin darle el uso debido.

Paso 2-Preparar el Container

Después de decidir sobre el espacio, recipientes, cajas, armarios, estantes, paletas, etc.; estos deben ser preparados. La compra de nuevos contenedores se debe evitar absolutamente debido a que el objetivo final es reducir el espacio y reducir al mínimo el tamaño y la cantidad de inventarios.

Paso 3-Indican la posición para cada artículo

Según el TPS se deben colocar placas en el techo que indiquen el lugar de almacenamiento de elementos, para UPS Racing Team esta aplicación no es tan factible porque el espacio es reducido por lo que se recomienda usar placas en cada estante que sirva como contenedor de materia prima.

Paso 4-Indicar el Código del artículo y su cantidad

Dentro de cada zona marcada con una placa debe existir un registro de inventario, de ser necesario se debe codificar cada elemento para el reconocimiento, esta práctica es más factible para organizaciones con una gama de elementos muy amplia.

Paso 5 Haga Seiton un hábito

Para mantener continuamente orden en una planta, Seiri y Seiton deben realizarse de manera adecuada. De una manera periódica y generar en los miembros del equipo la motivación necesaria para hacer de Seiri y Seiton un hábito.

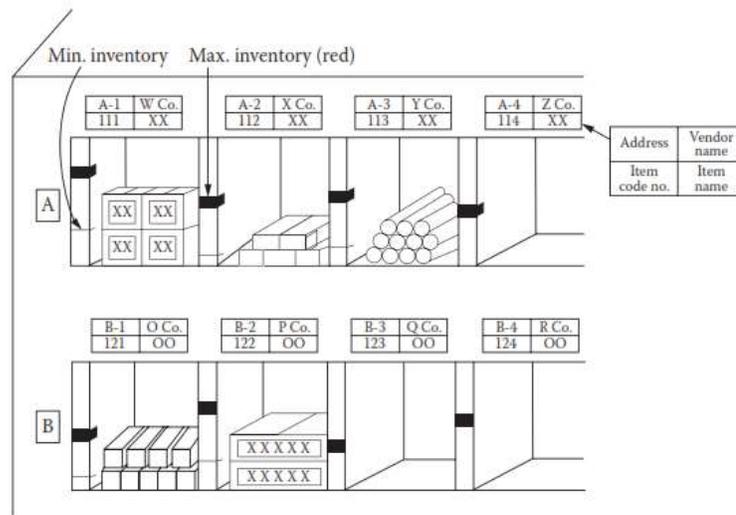


ILUSTRACIÓN 13 INVENTARIO SEITON (MONDEN, 2011)

Seiton de dispositivos y utensilios

Los utensilios, dispositivos o herramientas son de las cosas más importantes dentro de un taller de construcción, para la fabricación del EB2017 existen varias plantillas y herramientas de una gran variedad. Es importante el orden de estos elementos para tener una estrecha proximidad con el trabajador, por lo que al igual que los materiales y materia prima se deben facilitar el inventario, el acceso y el retorno de las herramientas, para llevar a cabo esto se presenta ciertas consideraciones:

Punto 1: ¿Se puede eliminar dispositivos y utensilios?

Para producción de nuevos productos que es el caso de UPS Racing Team se debe intentar disminuir la cantidad de herramientas y utensilios. Puede que muchas veces se

tengan cantidades repetidas de herramientas y a las cuales no se están dando el uso adecuado.

Punto 2: ¿Se puede disminuir la variedad de dispositivos y utensilios?

Al igual que con materiales y materia prima es importante seccionar las herramientas, debido que, en la evolución del producto final, sus procesos también van variando lo que implica que sus herramientas también lo harán. Es importante lograr la mayor estandarización posible de herramientas, esto se logra desde el diseño debido a que en esa etapa se debe tomar en cuenta los Fastener, por ejemplo, con una buena comunicación en el diseño se puede lograr que los diferentes diseñadores usen en su mayoría y dentro de la posibilidad un mismo tamaño de perno, el cual será manejado con la misma herramienta.

Punto 3: ¿Las herramientas son posicionadas ergonómicamente?

Las herramientas deben estar ubicadas de tal forma que permitan la mayoría facilidad de acceso a ellas, una de las formas de hacer la ubicación de herramientas es pensando en evitar la mayor cantidad de movimientos de cintura y espalda del operario.

Punto 4: ¿Puede el trabajador identificar fácilmente los lugares de almacenamiento de herramientas?

Trazando el contorno de una herramienta o plantilla en el lugar donde se va a almacenar permite al trabajador de manera fácil reconocer dónde devolver el artículo. Este es uno de tres enfoques hacia la satisfacción de Seiton lo que se refiere al almacenamiento de herramientas.

Dentro del equipo constructor del EB2017 existió una persona encargada de lograr la identificación de materiales. El problema recae en que el proceso no fue terminado. No se aplicaron medidas preventivas ni correctivas a este tipo de situaciones.

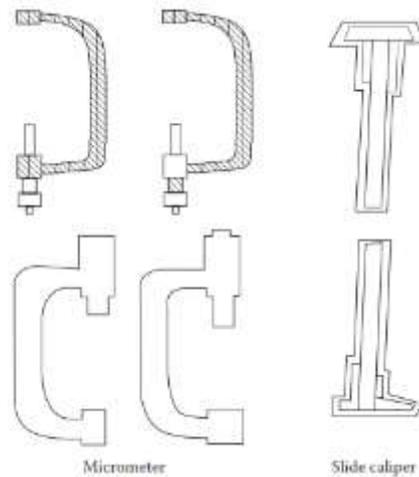


ILUSTRACIÓN 14 “CONTROL DE TRAZADO DE HERRAMIENTAS”. (MONDEN, 2011)

Los controles visuales para limitación.

Los indicadores visuales son extremadamente eficaces cuando se utilizan para los límites de control, Son fácilmente reconocibles por todo el mundo con sólo un vistazo. Por ejemplo.

- Una indicación metro-zona se utiliza para separar una zona de peligro de una zona normal. El indicador puede ser de un color o una línea.
- Las marcas de ajuste son líneas que se dibujan en, por ejemplo, de la cabeza de un tornillo de una tuerca en la posición correctamente abrochado
- Líneas de separación dibujadas con pintura blanca o vinilos para remarcar pasadizos, zonas contra incendios y áreas de trabajo manteniendo así el alto nivel de seguridad dentro de una planta.

6.8.6.2 Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

Los tres últimos términos en 5S están estrechamente relacionados entre sí. “Seiso,” continuamente mantener aseo dentro la planta, depende en “Seiketsu” cual estandariza la limpieza y ocupaciones así que ese estos comportamientos son específicos y fácil a realizar.

“Shitsuke” es el método usado a motivar trabajadores a mantener estas acciones en el tiempo convirtiéndolas en un hábito.

Como Actividades diarias de mantenimiento preventivo y las actividades de limpieza generales se pueden nombrar:

- La basura
- Las fugas de agua y aceite
- Marcas de neumáticos
- El polvo esparcido por el corte de materiales

En el grafico siguiente se ejemplifica técnicas de contención e residuos para máquinas.

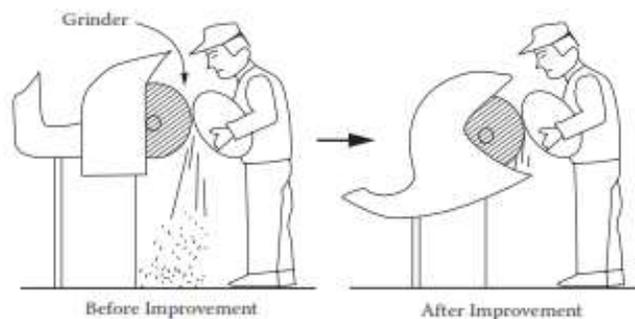


ILUSTRACIÓN 15 “EJEMPLO DEL USO DE COBERTORES PARA POLVO”. (MONDEN, 2011)

Tenga en cuenta que las cubiertas deben ser diseñadas para una fácil extracción cuando se realizan actividades de mantenimiento de la máquina.

6.9 Kaizen

Kaizen surgió en Japón como resultado de las imperiosas necesidades de superarse a sí misma de forma tal de poder alcanzar a las potencias industriales de occidente y así ganar el sustento para una gran población que vive en un país de escaso tamaño y recursos.

Kaizen significa mejora continua, en un sistema para la mejora continua del trabajo implica mejoras graduales incrementales y se volvió una revolución administrativa que desarrolla en una nueva cultura de trabajo.

Además, el concepto de costo Kaizen cubre un alcance más amplio que el concepto tradicional de control de costos, que se enfoca en cumplir con el desempeño de costos estándares e investigar y responder cuando esos estándares no se cumplen. Las actividades de costeo de Kaizen incluyen actividades de reducción de costos que requieren cambios en la forma en que la compañía fabrica productos existentes. (Association, 1980)

Procesos de costos estándar	Concepto de costos Kaizen
Control del sistema de costos	Concepto de reducción de costos
Asumir las condiciones actuales de fabricación	Asumir una mejora continua de fabricación
cumplir con el rendimiento de costos estándar	alcanzar objetivos de reducción de costos

Técnicas de costos estándar	Técnicas de costos Kaizen
Los estándar son impuestos anualmente o semestrales	Las metas son propuestas semanalmente

anualmente

Analiza costos estándar y actuales	Analiza costos actuales y reducción
Investiga y responde cuando el estándar no responde	Investiga y actúa cuando la meta propuesta no es cumplida

ILUSTRACIÓN 16 “CONCEPTOS KAIZEN”. (MONDEN, 2011)

Kaizen hace una diferenciación entre los costes. viene dado para costes de un producto o sección específica y para el sistema global. El sistema de sección específica que consiste en actividades para mejorar el rendimiento cuando la diferencia entre el coste real y el objetivo es grande después de que un producto ha tenido una producción mínima de 3 meses o cuando el modelo específico debe reducirse notablemente por caídas repentinas del mercado

El segundo tipo consiste en actividades llevadas a cabo continuamente en cada período para reducir cualquier diferencia entre el objetivo y el beneficio estimado y así lograr “costo permitido.”

○ **PREPARACIÓN DEL PRESUPUESTO**

El proceso de costo-mejora periódico es precedido por el presupuesto anual de procesos y viene representado por:

1. Plan de Producción, Distribución y plan de ventas que incluye proyecciones de márgenes de contribución de las ventas. (NO APLICA PARA LA PROPUESTA)
2. Plan de piezas y materiales proyectados Costas.
3. Plan de racionalización de la planta (reducciones en los costos variables de fabricación proyectada).

4. Plan de Personal (por mano de obra mano de obra directa y personal de servicio al cliente). NO APLICA PARA LA PROPUESTA
5. Plan de Inversión (presupuesto de capital y la depreciación).
6. Plan de Plan de gasto fijo (para los costos de prototipos de diseño, costos de mantenimiento, gastos de publicidad y promoción de ventas y los gastos generales y administrativos).

Estos 6 items brindan imformacion para la proyeccion del presupuesto para el departamento de adquisiciones, en esta etapa el TPS hace referencia a costos fijos y variables que no es aplicable para UPS Racing Team, la propuesta recomienda la centrar la atencion en el punto dos y tres que tratan de la estimacion de costos tanto del prodcuto como la racionalizacion de un presupuesto para la puesta a punto del taller. La sumatoria de estos seria el valor que se presenta como dato en el punto cinco que es el plan de inversion.

Durante el capítulo dos se han revisado 3 herramientas esenciales que forman parte de la aplicación KAIZEN, estas son: Jitsuke, Just in Time y 5S

Estas forman una metodología de logro de reducción de presupuesto determinado como gestión de objetivos. Esto permite seccionar objetivos relacionados a diferentes etapas del proceso de producción.

7. CAPITULO 3

Para la comunicación de resultados se realiza una comparativa de lo que fue la fabricación del EB2017 y la propuesta. La comparativa se realizará de acuerdo a los

lineamientos y herramientas establecidas en el Capítulo 2. Para cada herramienta se extenderá el detalle del estado actual con su análisis y la propuesta con los puntos a corregir y las ventajas.

En el capítulo dos se presentó como primera herramienta al VSM (Actual). Para este capítulo esta herramienta se ubicará al final debido a que en esta se logrará apreciar de mejor manera y en resumen todos los puntos que la propuesta abarca. La comparativa iniciará con la siguiente herramienta en la lista.

7.1 DFMA Propuesta

El Diseño de manufactura y ensamble como se expresó en el capítulo 2 es una herramienta la cual permite establecer como el proceso diseño, no depende de las habilidades del diseñador sino más bien de planificar, organizar e implementar los lineamientos para Fabricación. El equipo de UPS Racing Team no tuvo un lineamiento formal el cual seguir para el diseño y manufactura del vehículo. El diseño fue establecido por necesidades más que por objetivos; mismas que se establecen en la reglamentación de Formula Student UK. Uno de los principales problemas al no contar con un DFMA, fue tener a miembros del equipo trabajando en diferentes actividades al mismo tiempo y en el mismo espacio. A continuación, se expone un gráfico en resumen de lo que fue el proceso de diseño y manufactura en UPS Racing Team.

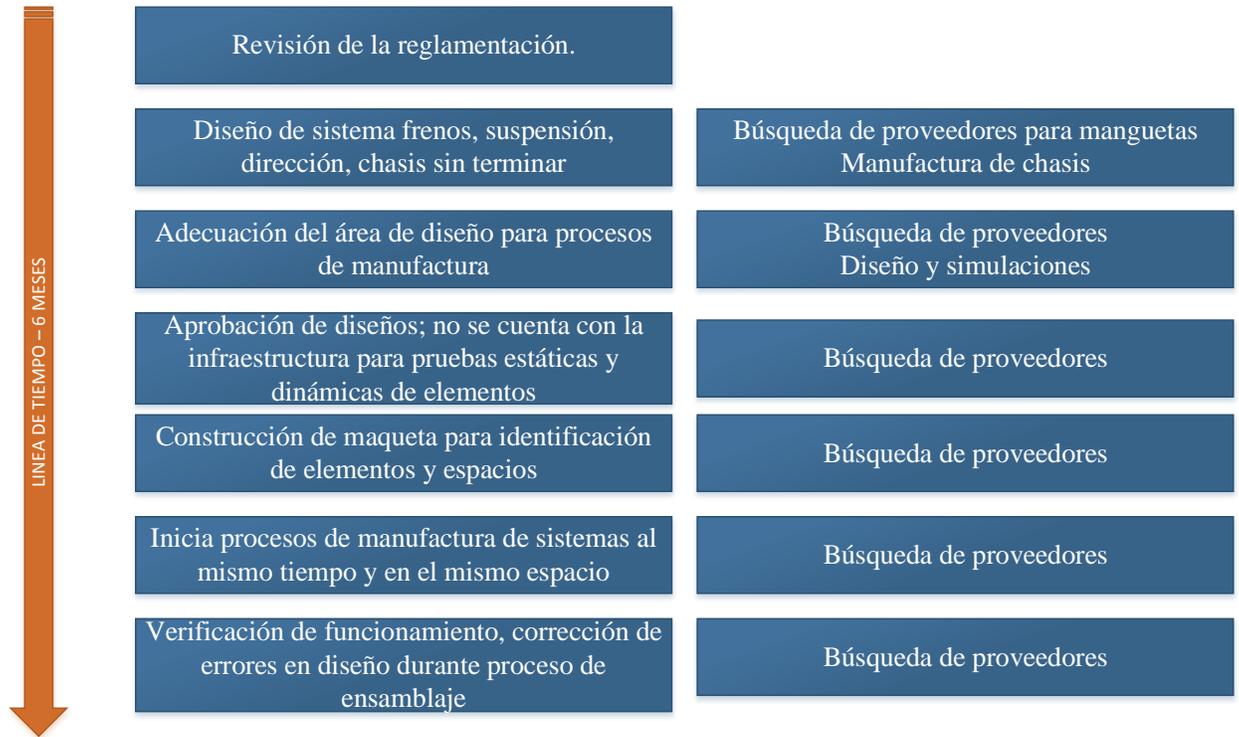


ILUSTRACIÓN 17 RESUMEN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL EB2017

En la gráfica se observa la línea de tiempo y las actividades realizadas por los diseñadores del EB2017, también se aprecia las actividades que se realizaban al mismo tiempo. Siendo la búsqueda de proveedores la actividad más presente en la línea y no como una actividad dedicada sino más bien como una actividad complementaria a otra. El mantener estas dos actividades al mismo tiempo provoca retrasos y ninguna es completada al ciento por ciento.

Como propuesta se presenta el DFMA para cada sistema, el cual tiene actividades a cumplir rigurosamente. La alta gerencia o Faculty Advisor deben asegurar que la planeación, organización y tiempos sean estrictamente respetados.

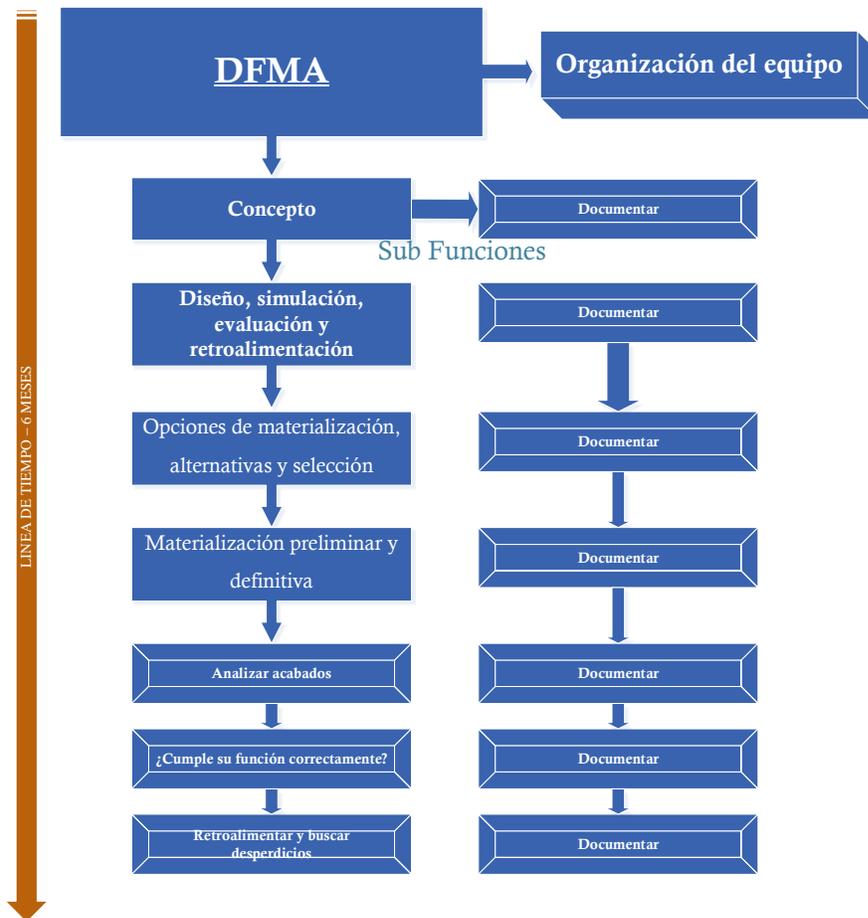


ILUSTRACIÓN 18 DFMA BASE (MONDEN, 2011)

En el gráfico anterior se muestra la propuesta general de un DFMA para UPS Racing Team; se puede observar que el único proceso que se repite es la retroalimentación en dos ocasiones, pero su fin es distinto, en el uno retroalimenta el diseño y en el otro se retroalimenta la manufactura. Es importante seguir el lineamiento de la propuesta, no pueden existir actividades paralelas; en el mismo espacio de trabajo; esta acción provocará retrasar las actividades. Es obligatorio terminar una actividad antes de empezar la siguiente y no adelantar ninguna, sin previa planificación.

A continuación, se muestran comparativas entre lo que fue la construcción del EB2017 y la propuesta. Comenzando con:

7.1.1 DFMA Propuesta para chasis

El chasis es el elemento más importante para el ensamble de los otros sistemas, todos están sostenidos en este por lo que la variación de dimensiones o de diseño modifica obligatoriamente los otros sistemas. El problema de no tener el lineamiento formal es que los diferentes departamentos diseñaban sus sistemas sin tener la colaboración necesaria por los otros sistemas complementarios. Cuando se encontraban con diferencias dimensionales era casi imposible llegar a un acuerdo. Ningún diseñador tenía la motivación y planificación necesaria para modificar su sistema. Llegar tan solo a un acuerdo tomaba tiempo excesivo para el tipo de trabajo.

A continuación, se presenta el resumen del proceso de diseño del chasis en el EB2017.



ILUSTRACIÓN 19 ESQUEMA DE LA PRODUCCIÓN DEL CHASIS DEL EB2017

Para la comparativa, se explicará los puntos importantes del DFMA y su aplicación al sistema de chasis en base al formato propuesto y la recomendación del último diseñador.

DFMA para el sistema de Chasis.

- **Organización del equipo:** Para el equipo encargado de esta sección se recomienda un número total de 3 personas con la siguiente organización:
 1. Encargado del diseño del chasis o sub líder para la parte de construcción mecánica del vehículo.
 2. Delegado de suspensión: Está presente durante la etapa de diseño de ambos sistemas. Él se debe involucrar directamente como un observador o auditor en la construcción del chasis; para conocer el proceso del sistema que es base para la suspensión.
 3. Delegado de dirección: Está presente durante la etapa de diseño de ambos sistemas. También se debe involucrar directamente como un auditor en la construcción del chasis ya que es soporte de la dirección.
- **Concepto del Chasis:** El chasis debe cumplir con la normativa vigente del reglamento de Formula Student, en donde se puede analizar las limitaciones referentes al chasis y se detallaran las normas con mayor relevancia para el diseño y construcción del chasis.

Para esta etapa el encargado del diseño de chasis compara diseños anteriores o de otras universidades. Los listados de estas se mostrarán en el anexo 4

- **Sub-funciones:**
 - Masa
 - Referencia de tensiones (resistencias eléctricas)
- **Diseño, simulación, evaluación y retroalimentación:** En base a la experiencia del diseño del último chasis, el diseñador recomienda que, el tiempo de diseño del chasis sea de seis meses para corregir todos los errores de ensamble con los otros sistemas.

Nota: El tiempo de diseño se estandariza con la recomendación del último Faculty Advisor y de los demás sistemas que también sugieren un tiempo de diseño de 6 meses.

Para el chasis también recomienda usar el modelo alternativo del reglamento de formula SAE. En ciertos aspectos del diseño se permite usar dimensiones físicas propias, siempre y cuando estas hayan sido probadas. “El espesor de los tubos puede no ser el mencionado en el reglamento, siempre y cuando se demuestre mediante ensayos la resistencia requerida”. (SAE, 2017)

Dentro de los conocimientos y necesidades básicas, los integrantes del equipo entero deben conocer el área de resistencia y ciencia de materiales, diseño mecánico, análisis por elementos finitos, procesos de manufactura. Como obligación para los miembros del sistema de chasis, aprobar al menos un curso de soldadura teórico y 25 horas de práctica previas a la manufactura. La aprobación para la soldadura lo hace un experto en soldadura, por lo general es la persona encargada del curso.

Se usa SolidWorks como herramienta principal de diseño, Hiper-Works y Adams como herramientas complementarias. Los diferentes sistemas y simulaciones son evaluados por el Faculty Advisor encargado del área de diseño mecánico. En esta etapa se propone una rúbrica de seguimiento del diseño en la cual se detallan errores, correcciones, actividades siguientes, número de revisiones. La rúbrica propuesta se encuentra en el Anexo 1.

El tiempo entre revisiones debe ser analizado y propuesto por el Faculty Advisor.

- **Opciones de materialización, alternativas y selección:** Como insumos necesarios para la construcción del chasis recomendado por el último diseñador se tiene:
 - **Insumos base:** Kit de Herramientas de taller, planchas metálicas para fixtures 2mm de espesor – plancha de madera MDF 30 mm de espesor – soldadora TIG De preferencia y equipo de soldadura.
 - **Insumos de selección (recomendación):** Tubos de cromo molibdeno, material de aporte-ER80s -d2 y gas indormia 75% argón 25% Dióxido de carbono.

Una vez definido todos los insumos de selección se compran. Se recomienda tener claro la procedencia de los insumos para poder calcular el tiempo de compra y entrega dentro del cronograma.

Nota: De acuerdo a los resultados obtenidos, en un futuro, ciertas materias primas pueden pasar de Insumos de Selección a ser Insumos Base.

- **Materialización preliminar y Definitiva:** Como materialización preliminar el armado de una maqueta en escala real es la mejor forma de verificar dimensiones y ubicación de elementos. Para el chasis se recomienda usar tubos de PVC cuyo diámetro sea igual al de la tubería escogida o en su defecto la más aproximada.

Para la etapa de construcción, el último diseñador recomienda que las personas involucradas sean las únicas presentes en el área de trabajo descrita en el ANEXO 5.

El correcto ensamble de los Fixtures evita que se realicen correcciones mayores en las dimensiones. Es muy importante dedicarle el tiempo necesario al armado de los fixtures.

Nota: Para materializaciones futuras se recomienda usar una hoja de ruta. Es una herramienta organizacional que se crea cuando se tiene amplia experiencia dentro de una misma actividad. Ayuda a reducir tiempos de diseño y manufactura debido a que se tiene una ruta base. Las hojas de ruta se basan en documentos previos de manufactura.

- **Documentar:** Esta parte debe estar realizada por una o dos personas que sirvan de observador. Se recomienda que el líder delegue esta función a un grupo encargado que tenga conocimiento general en diseño, manufactura y ensamble de productos. Este grupo debe realizar la documentación y compartirla con el equipo completo. Estas reuniones de socialización en las cuales se comparte información deben ser periódicamente planificadas y deben estar incluidas en el cronograma general.

- **Analizar acabados:** Para el sistema de chasis los principales puntos a revisar en acabados son:
 - Medición de pesos Reales y Teóricos.
 - Análisis de soldadura por el método más conveniente.
 - “Revisión de espacios internos para las plantillas requeridas en el reglamento de formula Student”. (SAE, 2017)

Como recomendaciones:

- Análisis de deformación de miembros mediante galgas extensiométricas.
- **Cumple su función correctamente:** Se basa en analizar su función y verificar si cumple todas las necesidades del sistema. Este punto puede estar apoyado en el AMEF. Si se da una falla no registrada en el AMEF, existen dos tipos causantes que son:
 - La falta de experiencia y datos estadísticos.
 - La incursión de un diseño nuevo.

El FMEA del chasis se encontrará en el anexo 6.

- **Retroalimentar producto construido y buscar desperdicios:** De acuerdo la construcción del último vehículo se identificó en aquel proceso los siguientes desperdicios:

Fixtures: Los fixtures se volvieron inservibles después de usarlos y ocupan espacio del taller que se podría usar para un fin mejor.

Tiempos de adquisición: Los tiempos de adquisición de materiales elementales como planchas y tubos no están registrados en el cronograma de manufactura y

ensamble del chasis. La adquisición se realizó en función de las necesidades inmediatas.

Compra de material excesivo: Se compraron tubos extra, los cuales están ocupando un lugar en el taller. Al ser tubos de 6 metros de largo, la designación del espacio de almacenamiento e inventario no existe.

En la propuesta el único proceso paralelo es la documentación que debe hacerse durante todo el proceso. Ningún otro proceso puede saltarse en la línea, a diferencia del proceso realizado en el EB2017 la búsqueda de proveedores se realiza durante el proceso de diseño y opciones de materialización. Si los proveedores no han sido seleccionados hasta estos puntos no se puede seguir a la materialización definitiva.

Al evitar que se salten procesos se asegura que cada uno se cumpla al ciento por ciento. En el proceso del EB 2017 se agregaron los recuadros en color rojo. No cuentan dentro de un DFMA, pero son agregados porque son consecuencia de los diferentes procesos llevados al mismo tiempo. Estos puntos son corregidos en la propuesta en la etapa “¿Cumple su función correctamente?” con el refuerzo del AMEF.

7.1.2 DFMA Propuesta para Suspensión

La suspensión es el primer sistema en ser diseñado debido a que se define el comportamiento dinámico del vehículo. También es uno de los sistemas de mayor complejidad en la fabricación debido a los avances que puede presentar de un diseño anterior a otro. Por ejemplo, la diferencia de construcción entre la suspensión del BOSCO 1 y la del EB2017. En la primer monoplaza se construyó una suspensión de aleación de

hierro soldada mientras que en el EB2017 fue una suspensión de fibra de carbono con injertos de aluminio de alta densidad más barras de torsión.

El principal problema dentro de este sistema fue la falta de experiencia al unir dos materiales con pegamento. Las dudas por la unión entre la fibra de carbono y el aluminio abrieron las puertas a varios desperdicios, implicando principalmente al talento humano.

Por lo que la fabricación de la suspensión es graficada de la siguiente manera:

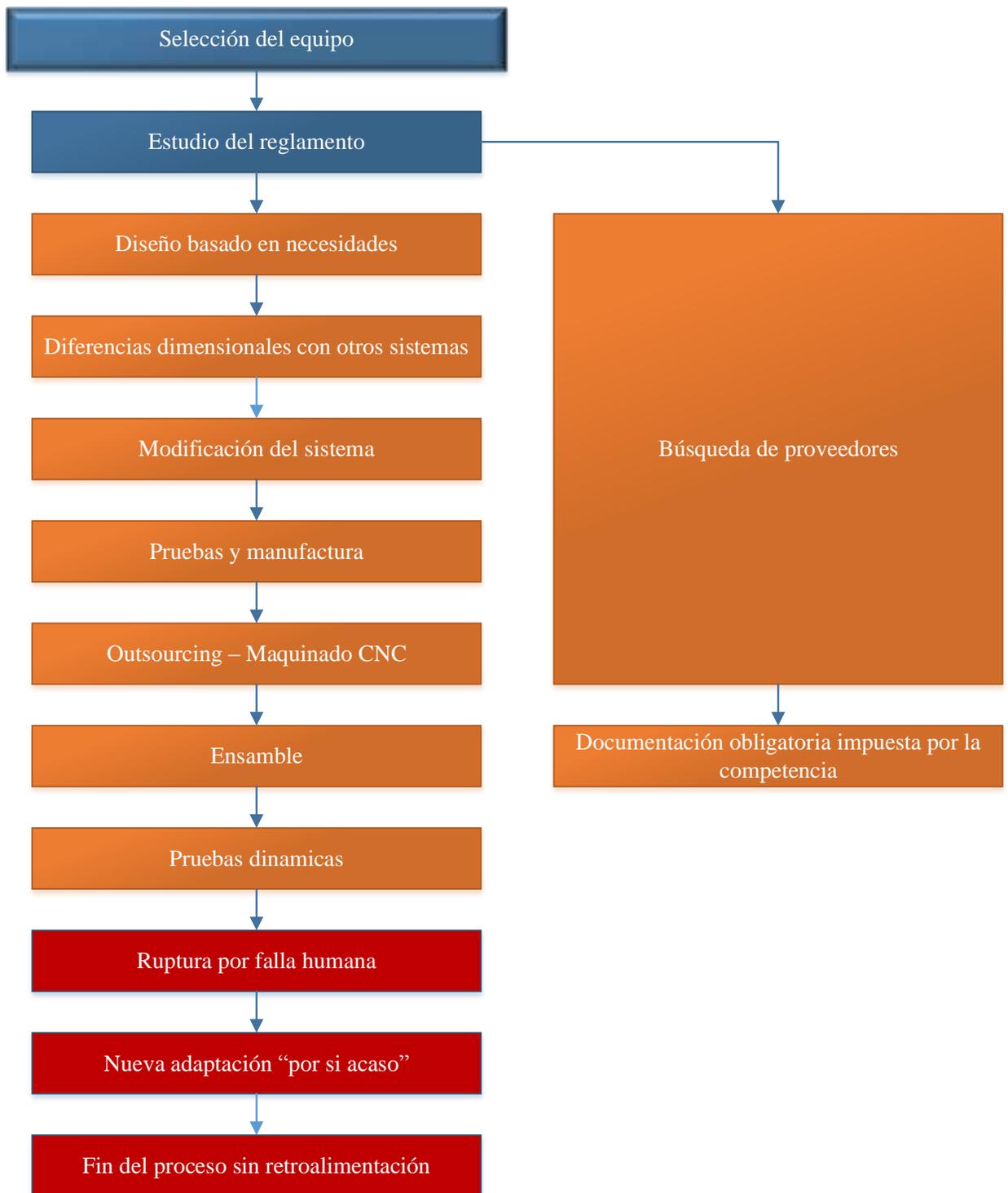


ILUSTRACIÓN 20 ESQUEMA DE LA PRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN DEL EB2017

Para la comparativa, se explicará los puntos importantes del DFMA para suspensión en base a la recomendación de los últimos diseñadores.

DFMA para el sistema de Suspensión.

- **Organización del equipo:** Para el equipo encargado de esta sección se recomienda un número total de 3 personas con la siguiente organización:
 1. Encargado del sistema: Presenta informes, comparte información y mantiene la organización dentro del equipo de trabajo de la suspensión.
Encargado del diseño de la suspensión delantera
 2. Delegado para la construcción de chasis: Este está involucrado en la construcción del chasis para comprobar que todas sus necesidades se cumplan. Encargado del diseño de la suspensión trasera.
 3. Auditor de Sistemas: Involucrado en los diseños de suspensión trasera y delantera. Audita la construcción de chasis para la que los requerimientos de suspensión se cumplan.

Nota: Las tres personas están encargadas de diseñar la suspensión global, las menciones otorgadas en el punto de organización del equipo son dedicado para la capacitación de sus competencias específicas, también, sus funciones varían desde la etapa de materialización tanto del chasis, suspensión y dirección.

- **Concepto de la suspensión:** La suspensión debe cumplir con la normativa vigente del reglamento de Formula Student. Se puede analizar las limitaciones referentes a la suspensión y se detallaran normas con mayor relevancia para el

diseño y la construcción. Es importante recalcar que la suspensión es el primer sistema que diseñar. En el diseño de este sistema se decide el comportamiento dinámico del vehículo.

Para esta etapa los diseñadores pueden comparar diseños anteriores o de otras universidades, Los listados de estas universidades se mostrarán en el anexo 4

- **Sub-funciones:** Con o sin sistema de estabilización.
- **Diseño, simulación, evaluación y retroalimentación:** En base a la experiencia del ultimo diseño de suspensión, los diseñadores recomiendan que el tiempo de diseño del chasis sea de seis meses. En el tiempo se deben corregir errores de ensamble con los otros sistemas. Simulaciones, métodos analíticos y ensayos mecánicos deben ser documentados. Estos datos serán presentados en el evento de diseño de la competencia.

Nota: El tiempo de diseño se estandariza con la recomendación del ultimo Faculty Advisor y de los demás sistemas que también sugieren un tiempo de diseño de 6 meses.

Dentro de las necesidades básicas, los integrantes del equipo deben tener conocimiento de resistencia y ciencia de materiales, diseño mecánico, procesos de manufactura, análisis por elementos finitos, triangulación de brazos mediante software. Se recomienda Adams para el análisis cinemático de la suspensión y SolidWorks para el modelado de la suspensión y ensamble digital con los demás sistemas. Los diferentes sistemas y simulaciones son evaluados por el Faculty Advisor encargado del área de diseño mecánico. Se propone una rúbrica de

seguimiento del diseño en la cual se detallan errores, correcciones, actividades siguientes, número revisiones del sistema global y de cualquier etapa del diseño.

La rúbrica propuesta se encuentra en el Anexo 1.

El tiempo entre revisiones debe ser analizado y propuesto por el Faculty Advisor.

- **Opciones de materialización, alternativas y selección:** Como insumos necesarios para la construcción de la suspensión, recomendado por los últimos diseñadores se tiene:
 - **Insumos Base:** Kit de Herramientas de taller, pegamento epoxi, aluminio 7075 y 6065, juego de machuelos izquierdos y derechos, stock de pernos, tuercas y arandelas milimétricas desde M4 a M12.
 - **Insumos de selección:** (Recomendación): Tubos de fibra de carbono, amortiguadores Ohlins, Terminales de la barra (Rotula)

Una vez definido todos los insumos de selección se procede a la etapa de comprar. Se recomienda tener claro la procedencia de los insumos para poder calcular el tiempo de compra dentro del cronograma.

Nota: De acuerdo con la experiencia que se gane con el tiempo, ciertas materias primas pueden pasar de Insumos de Selección a ser Insumos Base.

- **Materialización preliminar y Definitiva:** Como materialización preliminar el armado de una maqueta en escala real es la mejor forma de contemplar dimensiones, para la suspensión se recomienda realizar ensayos de tracción para los brazos de suspensión. La maqueta puede ser armada con tubos PVC o madera, ya que su fin no es funcional sino de apreciación de dimensiones. Para la

materialización, los últimos diseñadores recomiendan que dentro del área de trabajo solamente se encuentre el equipo de suspensión con un delegado de dirección. El área de trabajo se ve detallada en el anexo 5.

- **Documentar:** Esta parte debe estar realizada por una persona que sirva de observador, se recomienda que el líder delegue esta función a un grupo encargado que tenga conocimiento general en diseño, manufactura y ensamble de productos. Este grupo debe realizar la documentación y la comparta para el equipo completo. Estas reuniones de socialización en las cuales se comparte información deben ser periódicamente planificadas y deben estar incluidas en el cronograma general.
- **Analizar acabados:** Para el sistema de suspensión se recomienda realizar principal énfasis en:
 - Medición de pesos reales y teóricos.
 - Acabo de la unión Tubo de fibra de carbono y aluminio.
 - Dimensiones de la triangulación.

Como recomendaciones:

- Análisis de deformaciones de brazos mediante galgas extensiométricas|.
- **Cumple su función correctamente:** Analizar su función, cumple todas las necesidades del sistema, este punto puede estar apoyado en el FMEA cuyo singular se encuentra en el anexo 7

Si se da una falla no registrada en el FMEA, existen dos tipos de análisis 1. La falta de experiencia y datos estadísticos 2. La incursión de un diseño nuevo.

- **Retroalimentar producto construido y buscar desperdicios:** De acuerdo con la construcción del último vehículo se identificaron los siguientes desperdicios:

Manufactura CAV: En todas sus etapas, la manufactura de las uniones, generaron gastos de tiempo no planificados.

Manejo de Software: aprender un software nuevo como Adams agregó tiempo muerto al proyecto.

7.1.3 DFMA Propuesta para Dirección.

La dirección es uno de los primeros sistemas que muestran la confiabilidad del vehículo. De este depende que el piloto pueda tener el vehículo donde él lo necesita. Si este llegara a fallar se ve implicado incluso la vida del piloto. En la construcción de la dirección del EB2017 también existieron grandes cambios con respecto la dirección del BOSCO 1. Al igual que en la suspensión, en el caso del BOSCO 1 fue una dirección de acero soldado y en el EB 2017 una dirección de fibra de carbono con injertos de aluminio de alta densidad, el volante fue creado de fibra de carbono teniendo incluso al Dashboard en el volante.

Los principales problemas en la fabricación de la dirección del EB 2017 fueron:

- La manufactura del volante debido a la falta de experiencia en el maquinado de fibra de carbono.
- La unión de los tubos de fibra de carbono con injertos de aluminio de alta densidad.
- La posición angular de la columna de la dirección.

Todos estos generados por la realización de varias actividades al mismo tiempo, las cuales no dieron apertura a generar un concepto estable. Esto quiere decir que el sistema funciono desde el primer diseño, pero al tener un sistema funcional no se tomaron en cuenta pequeños detalles hasta la materialización definitiva en donde se encontraron los inconvenientes tales como no tener una columna de dirección sólida, desperdicios en el mecanizado tales como herramientas, materia prima, recursos humanos y sobreproducción.

Lo que pasó en la fabricación de la dirección fue creer que un diseño sencillo no requiere la misma atención que un sistema más complejo. Producir un sistema en ese concepto genera grandes retrasos y grandes desperdicios, por pequeños problemas.

A continuación, se muestra el esquema en el cual fue construida la dirección del EB2017.

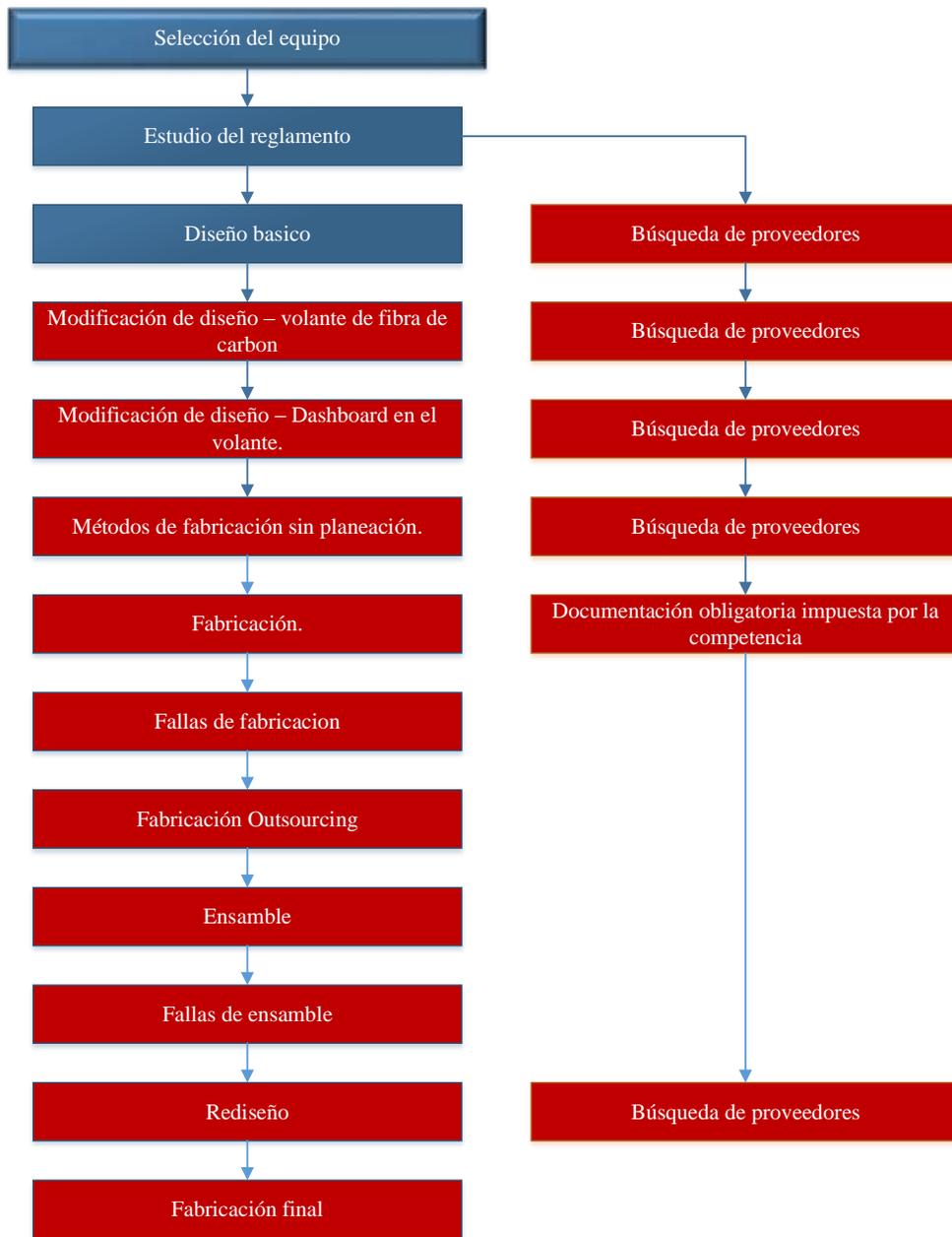


ILUSTRACIÓN 21 ESQUEMA DE LA PRODUCCIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL EB2017

Para la comparativa, se explicará los puntos importantes del DFMA para dirección en base a la recomendación del ultimo diseñador.

DFMA para el sistema de Dirección.

- **Organización del equipo:** Para el equipo encargado de esta sección se recomienda un número total de 2 personas con la siguiente organización:
 1. Encargado del sistema: el encargado de esta sección es aquel que presenta informes y mantiene la organización dentro del equipo de trabajo de dirección.
 2. Delegado para la construcción de chasis: Este está involucrado en la construcción del chasis como auditor para comprobar que todas sus necesidades se cumplan.

Nota: Las dos personas están encargadas de diseñar la dirección, sus funciones varían desde la etapa de materialización tanto del chasis, suspensión y dirección.

- **Concepto de la dirección:** La dirección debe cumplir con la normativa vigente del reglamento de Formula Student, en donde se puede analizar las limitaciones referentes a la dirección y se detallaran normas con mayor relevancia para el diseño y la construcción. Para esta etapa los diseñadores comparan diseños anteriores o de otras universidades. Los listados de las universidades recomendadas para la revisión se mostrarán en el anexo 4.
- **Sub-funciones:** (Opcional) Si el Dashboard se coloca en el volante.
- **Diseño, simulación, evaluación y retroalimentación:** En base a la experiencia de la producción de la última dirección, el diseñador recomienda que, el tiempo de diseño del sea de seis meses para corregir todos los errores de ensamble con los otros sistemas.

Nota: El tiempo de diseño se estandariza con la recomendación del ultimo Faculty Advisor y de los encargados de los demás sistemas que también sugieren un tiempo de 6 meses.

Dentro de los conocimientos y necesidades básicas, los integrantes del equipo entero deben conocer el área de resistencia y ciencia de materiales, diseño mecánico, análisis por elementos finitos, procesos de manufactura y dinámica del automóvil.

Se usa SolidWorks como herramienta principal de diseño; y Adams como herramienta complementaria. Los diferentes sistemas y simulaciones son evaluados por el Faculty Advisor encargado del área de diseño mecánico. En esta etapa se propone una rúbrica de seguimiento del diseño en la cual se detallan errores, correcciones, actividades siguientes, número de revisiones. La rúbrica propuesta se encuentra en el Anexo 1.

El tiempo entre revisiones debe ser analizado y propuesto por el Faculty Advisor.

○ **Opciones de materialización, alternativas y selección:**

Como insumos necesarios para la construcción de la suspensión, recomendado por los últimos diseñadores se tiene:

- **Insumos Base:** Kit de Herramientas de taller, pegamento epoxi, aluminio 6065, planchas de aluminio 0.9mm, juego de machuelos izquierdos y derechos, stock de pernos, tuercas y arandelas milimétricas desde M4 a M12.
- **Insumos de selección:** (Recomendación): Tubos de fibra de carbono, Cremallera Formula Seven, Terminales de la barra (Rotula)

Nota: De acuerdo con la experiencia que se gane con el tiempo, ciertas materias primas pueden pasar de Insumos de Selección a ser Insumos Base.

- **Materialización preliminar y Definitiva:** La materialización preliminar se la realiza en la maqueta, el área fundamental de la revisión en la maqueta para este sistema es la revisión de ángulos de la cremallera. En la materialización definitiva, el ultimo diseñador recomienda que las personas presentes en el área de trabajo sean solo los equipos de dirección y frenos.
- **Documentar:** Esta parte debe estar realizada por una o dos personas que sirvan de observador, se recomienda que el líder delegue esta función a un grupo encargado que tenga conocimiento general en diseño, manufactura y ensamble de productos. Este grupo debe realizar la documentación y la comparta para el equipo completo. Estas reuniones de socialización en al cuales se comparte información deben ser periódicamente planificadas y deben estar incluidas en el cronograma general.
- **Analizar acabados:** Para la dirección los acabados a revisar son:
 - Ángulos de la columna de dirección.
 - Solides de la columna.
 - Ángulos de giro.
 - Ergonomía del conductor.
- **Cumple su función correctamente:** Analizar su función, cumple todas las necesidades del sistema, este punto puede estar apoyado en el FMEA (Anexo 8)
- **Retroalimentar producto construido y buscar desperdicios:** Según la construcción de la dirección del EB2017 los desperdicios detectados fueron:

- Solides en la columna de dirección insuficiente: en el EB2017 la dirección estaba conformada por dos uniones tipo cardan y un solo soporte por lo que la columna no mantenía una posición longitudinal al vehículo. En este problema el equipo tardó 10 días en corregirlo y tampoco se pudo realizar las primeras pruebas a tiempo.
- Tubos de fibra de carbono: Al ser un material conductor, los tubos de fibra de carbono que tengan instalaciones eléctricas cercanas deben ser recubiertos por algún material aislante.

7.1.4 DFMA Propuesta para Frenos

En esta etapa también se ven involucrados los rines y neumáticos. Para la fabricación del sistema de frenos u manguetas en el EB2017 el principal problema fue la búsqueda de proveedores. Al igual que en otros sistemas la mayoría de elementos usados son de procedencia internacional. En este sistema el contacto con los proveedores se convirtió en un desperdicio debido al tiempo para encontrarlos, contactarlos y esperar su respuesta.

Este sistema también tuvo un cambio con respecto al BOSCO 1. Los tamaños de los rines fueron reducidos de radio 13 a radio 10 lo cual implicó que todos los elementos se ven reducidos en dimensiones, dificultando el diseño y ensamble de todos los elementos del sistema de frenos. El número de proveedores también se ven reducidos porque son pocos los que cuentan con elementos pequeños que tengan un ensamble perfecto con las necesidades del monoplaza.

Es importante recalcar que en este sistema no existió talento humano manufacturando alguna pieza. el ciento por ciento de las piezas para este sistema fueron adquiridas para ya instalarlas y el único proceso de manufactura fue realizado mediante outsourcing que fue la manufactura de las manguetas y cubos de ruedas. El talento humano estuvo tan solo ensamblando y poniendo a punto el sistema.

A continuación, se muestra gráficamente la fabricación del conjunto ruedas-neumáticos-frenos.

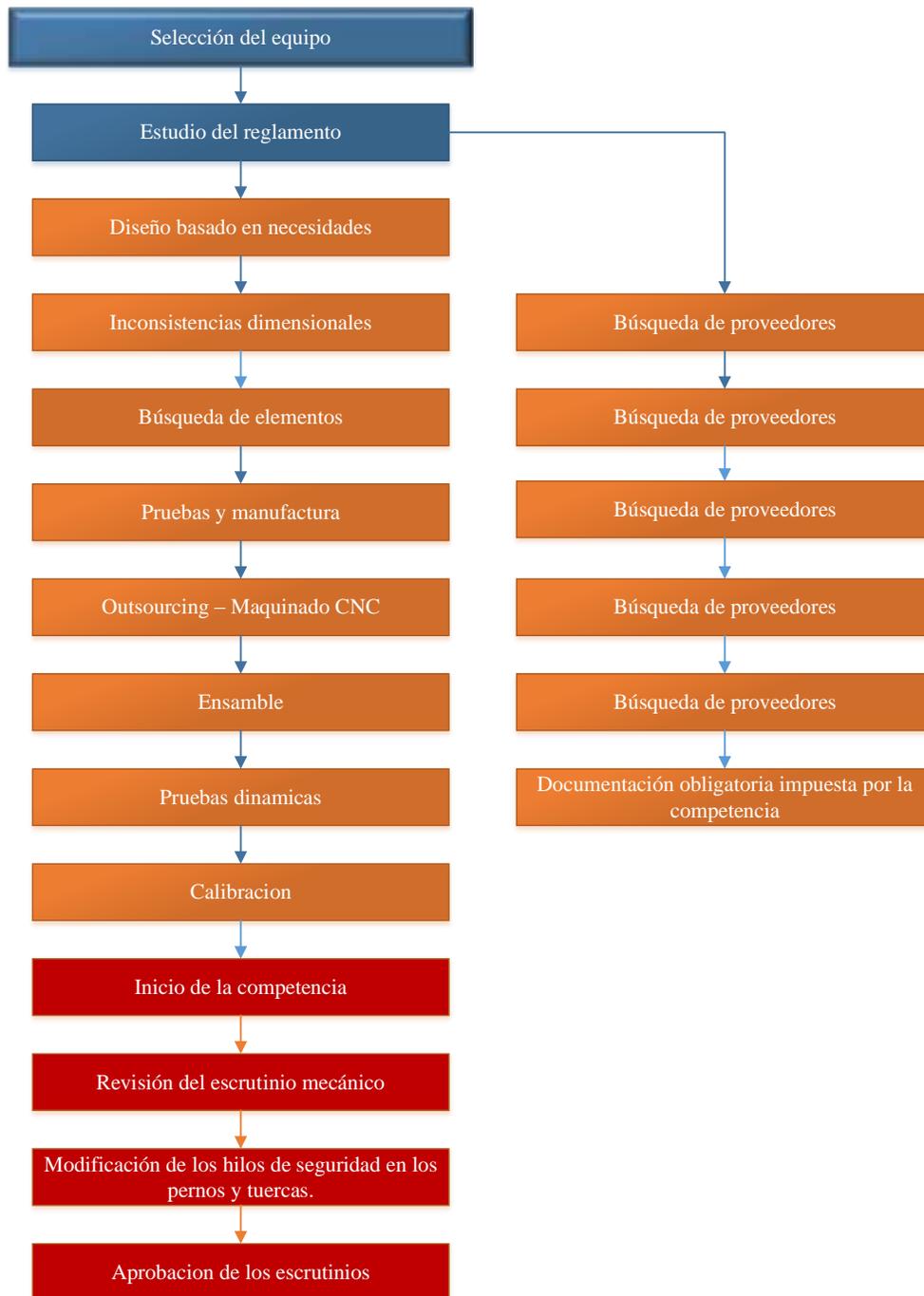


ILUSTRACIÓN 22 ESQUEMA DE LA PRODUCCIÓN DEL CONJUNTO FRENOS DEL EB2017

Para la comparativa, se explicará los puntos importantes del DFMA para dirección en base a la recomendación del ultimo diseñador.

DFMA para el sistema de Frenos.

- **Organización del equipo:** Para el equipo encargado de esta sección se recomienda un total de 2 personas con la siguiente organización:
 1. Encargado del sistema y delegado de manguetas posteriores: el encargado de esta sección es aquel que presenta informes y mantiene la organización dentro del equipo de trabajo de los frenos y diseña las manguetas posteriores y su ensamble con la suspensión.
 2. Delegado para la construcción de manguetas frontales: Este está involucrado en la construcción de las manguetas delanteras y su ensamble con la suspensión.
- **Concepto de frenos y manguetas:** Los frenos debe cumplir con la normativa vigente del reglamento de Formula Student, en donde se puede analizar las limitaciones referentes a los frenos y se detallaran normas con mayor relevancia para el diseño y la construcción. Para esta etapa los diseñadores comparan diseños anteriores o de otras universidades. Los listados de las universidades recomendadas para la revisión se mostrarán en el anexo 4
- **Sub-funciones:** Acople de sensores de posición del pedal de freno para el sistema de bajo voltaje.
- **Diseño, simulación, evaluación y retroalimentación:** En base a la experiencia de la producción de la última dirección, el diseñador recomienda que, el tiempo de diseño del sea de seis meses para corregir todos los errores de ensamble con los otros sistemas.

Nota: El tiempo de diseño se estandariza con la recomendación del ultimo Faculty Advisor y de los encargados de los demás sistemas que también sugieren un tiempo de 6 meses.

Dentro de los conocimientos y necesidades básicas, los integrantes del equipo entero deben conocer el área de resistencia y ciencia de materiales, diseño mecánico, análisis por elementos finitos, procesos de manufactura y dinámica del automóvil.

Se usa SolidWorks como herramienta principal de diseño. Los diferentes sistemas y simulaciones son evaluados por el Faculty Advisor encargado del área de diseño mecánico. En esta etapa se propone una rúbrica de seguimiento del diseño en la cual se detallan errores, correcciones, actividades siguientes, numero de revisiones. La rúbrica propuesta se encuentra en el Anexo 1.

El tiempo entre revisiones debe ser analizado y propuesto por el Faculty Advisor.

- **Opciones de materialización, alternativas y selección:** Como insumos necesarios para la construcción de frenos y manguetas, recomendado por los últimos diseñadores se tiene:
 - Insumos Base: Kit de Herramientas de taller, aluminio 7075, Tuercas y pernos para rueda, juego de machuelos derechos, stock de pernos, tuercas y arandelas milimétricas desde M4 a M12.
 - Insumos de selección: (Recomendación): Discos Usados en cuairones, Rines marca Braid, Neumáticos Hossier.

- **Materialización preliminar y Definitiva:** La materialización preliminar se la realiza en la maqueta, el área fundamental de la revisión en la maqueta para este sistema es la distribución de espacios dentro del rin.

En la materialización definitiva, el ultimo diseñador recomienda que las personas presentes en el área de trabajo sean solo los equipos de frenos.

- **Documentar:** Esta parte debe estar realizada por una o dos personas que sirvan de observador, se recomienda que el líder delegue esta función a un grupo encargado que tenga conocimiento general en diseño, manufactura y ensamble de productos. Este grupo debe realizar la documentación y la comparte para el equipo completo. Estas reuniones de socialización en al cuales se comparte información deben ser periódicamente planificadas y deben estar incluidas en el cronograma general.
- **Analizar acabados:** Para frenos y manguetas los acabados a revisar son:
 - Tolerancias dimensionales.
 - Distribución de las líneas de frenos a través del chasis.
- **Cumple su función correctamente:** Analizar su función, cumple todas las necesidades del sistema, este punto puede estar apoyado en el AMEF (Anexo 9)
- **Retroalimentar producto construido y buscar desperdicios:** Según la construcción de la dirección del EB2017 los desperdicios detectados fueron:
 - Manguetas de poco tiempo de vida útil debido a que son de aluminio y los rodamientos deben ser cambiados en caso de deterioro.
 - Sobredimensionamiento por la falta de experiencia se trabajaron con factores de seguridad altos.

- Líneas de freno mal con distribución no planificada.
- Ruptura de elementos por falta de capacitación.
- Selección retardada de elementos.

7.2 FMEA Propuesta.

La segunda herramienta usada en la comparativa es el FMEA el cual ya se ha revisado su concepto y utilidad en el capítulo 2. En el EB2017 no existió aplicación una herramienta parecida en los sistemas de chasis, suspensión, dirección y frenos.

El sistema eléctrico fue el único sistema que conto con DFMA. la diferencia recae en que este DFMA fue parte de la documentación obligatoria para la competencia. En este DFMA se ven implicados pocos puntos del chasis debido a que la sub-función de este es ser masa del sistema eléctrico. Para los demás sistemas no existió algo parecido a un FMEA Los errores surgían, se corregían y nunca fueron documentados, dando lugar a cometer los mismos errores que se produjeron en el BOSCO 1. En el caso de la continuación del proyecto Formula SAE las posibilidades de que un nuevo equipo cometa los mismos errores que el equipo del BOSCO 1 y el del EB2017 son altas debido a la no existencia de esta herramienta.

La propuesta en este punto consta de un formato fácil de usar y de aplicar, En el capítulo 2 se ven detallados los componentes de esta herramienta y en el anexo 6,7,8,9 se encuentra el FMEA correspondiente a los sistemas de chasis, suspensión, dirección y frenos. El principal problema para la aplicación de esta herramienta es la disciplina para

usarla. Es una herramienta que necesita estar obligatoriamente en todas las etapas del proceso de fabricación propuesto en el punto anterior.

Para facilitar el acceso a esta herramienta se debe aplicar Seiton a los documentos. Trata de tener estos documentos siempre en un lugar visible, accesible y sobretodo que no sea una molestia para la movilidad en la fabricación.

7.3 Just In Time Propuesta.

Implícitamente el JIT es una filosofía que todas las organizaciones desean practicar, el principal inconveniente con esta filosofía es no conocer las fortalezas y debilidades tanto del equipo como del mercado. Intentar aplicar JIT sin tener el conocimiento correcto de la filosofía solo crea inconvenientes entre la alta gerencia y el equipo. Tales inconvenientes son principalmente por intentar tener todo listo sin considerar las competencias del equipo, ventajas y desventajas del mercado, experiencia de los miembros del equipo, etc.

UPS Racing Team no fue la excepción, se buscaba continuamente conseguir materia prima de la forma más rápida posible por dos razones principalmente:

- Se buscaba tener materia prima lo más rápido posible porque “Entre más rápido mejor” o
- Se buscaba tener materia prima lo más rápido posible por errores de diseño.

Mantener dentro de la organización una mentalidad de ese tipo solo logra que los miembros trabajen con presión y fuera de planificación. Mezclando sus tareas y

arruinando cualquier proceso JIT. En UPS Racing Team la mayoría de procesos fueron mezclados logrando que ningún proceso fuese terminado al cien por ciento en el tiempo planificado. Y generando desperdicios de tiempo bastante grandes. Que no agregaban valor al monoplaza y que reducida la energía de los miembros del equipo.

La propuesta para este fenómeno se ve detallada en puntos filosóficos tanto como metódicos que son:

- La persona con mayor experiencia del equipo ya sea Faculty Advisor o miembro del equipo no puede asumir que personas con menos experiencia tengan sus mismas capacidades.
- Si un proceso es agregado al proyecto, este debe ser compartido de forma general a todos los miembros del equipo.
- Proceso de administración de la cadena de suministros o materias primas e insumos debe estar regido por una planificación paralela pero autónoma al proceso de fabricación.
- Por ejemplo, si la importación de productos es necesaria, se debe organizar una reunión en la cual se explique todos los puntos necesarios para la importación. Igualmente, para el proceso de aprobación de compras con todas sus etapas. Y así con todos los procesos que se puedan llevar a cabo.
- Considerar tiempos de holgura permitirá al equipo que está en un proceso educativo cometer errores sin desviarse del cronograma inicial.
- Compartir y retroalimentar la información entre departamentos es obligatorio para conocer todos los fenómenos que podrían producirse en la adquisición materia prima.

Mantener estos puntos en orden permitirá que el sistema se vuelva JIT. Es importante aplicar Shitsuke en esta parte debido a que es necesario tener el *compromiso, lealtad y disciplina* del equipo para mantener los procesos en el tiempo que dure el proyecto.

7.4 Jidoka Propuesta.

En el capítulo anterior se trataron dos metodologías que son la automatización y la autonomización. Son procesos los cuales se van desarrollando a lo largo del tiempo y la experiencia por lo que una propuesta formal no es posible pero su conocimiento es obligatorio como parte del proceso educativo.

El principal motivo de la aplicación de esta herramienta es su función de parar toda la línea de producción cuando se encuentre un error. En la fabricación del EB2017 no existió tal proceso. Si un error, defecto o falla se producía simplemente se seguía trabajando. Si el problema era complejo y paraba la línea de producción por obligación, solo existían dos opciones: seguir trabajando en actividades paralelas o detener todo hasta corregir sin estudiar el error.

En ambos casos los errores no fueron retroalimentados, por los responsables del proceso; incurriendo varias veces en el mismo error. Como el caso de documentación para la compra de materiales, asiento de fibra de carbono, selección de calipers, etc.

La propuesta de aplicación de un JIDOKA es simple. Detener la producción al detectarse un error, estudiarlo, corregirlo y documentarlo. Solo después de cumplir estos pasos se puede continuar la producción. Mientras el Jidoka es llevado a cabo los miembros del equipo involucrados no pueden hacer ninguna actividad paralela.

El documento en el cual debe ser documentado el error o falla es el FMEA. Los documentos base para cada sistema se encuentran en el Anexo 6,7,8,9.

7.5 5S Propuesta.

Como se ha visto en el capítulo dos las 5S son una técnica de manufactura esbelta dedicadas al orden y limpieza del área de trabajo en la línea de fabricación.

En la fabricación del EB2017 existieron etapas de limpieza las cuales se verán detalladas en los siguientes puntos.

- **Primera puesta a punto del taller Formula SAE:** en esta etapa se organizó el equipo para la limpieza del taller debido a que el ultimo equipo no dejó el espacio en condiciones adecuadas para la construcción de otro monoplaza. Las pautas para la limpieza y orden de esta etapa fueron establecidas mediante una conversación entre el líder del proyecto y los Faculty Advisor. No existió una planificación amplia para la adecuación del taller, tan solo se hizo lo que era “obvio”.
- **No terminar la limpieza:** Uno de los problemas más grandes que se tuvo en esta parte fue que al ver un gran avance en la organización del taller, la limpieza se detuvo y empezaron las reuniones para organizar la fabricación del monoplaza. Esto tuvo como consecuencia el siguiente punto.
- **La reorganización y puesta a punto de espacios en específico:** haber empezado la fabricación del monoplaza antes de tener el espacio preparado totalmente produjo que ciertas áreas en específico fuera modificadas poco a poco. Por

ejemplo, la primera modificación realizada fue la ubicación de los pizarrones, mesas y sillas para que los miembros del equipo empiecen el diseño e incluso habiéndole dedicado un espacio específico para esta parte, las sillas y mesas no fueron ergonómicamente organizadas. Por lo que esta parte fue modificada varias veces durante el transcurso del proyecto.

Otra etapa fue la reorganización y puesta a punto de los lugares de trabajo en los cuales estaban incluidos maquinas herramientas. Esta etapa tuvo como inconveniente la chatarra existente en el taller que debido a la frase “podría servir para algo más” no podía ser dada de baja. Lo cual genero desperdicios de espacios y recursos.

La no planificación de recursos provoco que se realicen múltiples compras de herramientas. Con esto se quiere decir que a lo largo del proyecto se seguían adquiriendo herramientas.

Los espacios destinados para estos nuevos elementos muchas veces irrumpían un orden ya dado para las herramientas existentes

- **Limpiar sin buscar focos:** A pesar de que se tenían inconvenientes para la organización y limpieza en el taller, la limpieza se la realizaba semanalmente. El motivo de esto es que en cada limpieza nunca se buscaban los generadores de suciedad por lo que cada semana se limpiaba la misma basura.
- **La no planificación de un “Después de”:** hace referencia a que nunca se planificaba que se hará con los residuos de la manufactura ni cómo se debe concluir la manufactura de elementos. Esto generaba la mayor cantidad de desperdicios en UPS Racing Team debido a que cuando se terminan los procesos

existían restos de material en toda el área de trabajo. Aquellos que limpiaban estos desperdicios eran los siguientes en usar el área de trabajo por lo que a su cronograma se sumaba una limpieza no planificada. Y así la cadena se mantuvo en todos los procesos.

- **Horas de trabajo excesivas:** esta es una parte que también evoluciona con el tiempo. Por ejemplo, fue la primera vez que se construyó un vehículo eléctrico para una competencia internacional por lo que era obvio que existirían horas extra de trabajo. Pero se debe considerar que, entre más horas de trabajo, aumenta también el estrés mental del equipo y es por eso que se vuelve difícil limpiar un área de trabajo al finalizar la jornada sobre todo si la jornada termina en altas horas de la noche.
- **Organización individual de materiales de uso general:** para entender mejor este punto se pondrá el ejemplo de la dirección. Cuyo encargado dentro de su sistema ocupaba en varias ocasiones pernos M8 los cuales también eran usados por otros sistemas. El problema recae en que pocas personas sabían que tales pernos existían en la gaveta de dirección y aquellos que los necesitaban y no sabían de sus existencias, optaban por comprar más. Por lo que se generó un desperdicio de espacio, tiempo y recursos económicos.
- **Perder algo que existe y creer que algo no existe:** la acumulación de todos estos puntos genera que en el taller existan tantos objetos que hacen más fácil la pérdida de elementos. Abre las puertas a la sobreproducción ya que en el desorden se hace mucho más fácil creer que ciertos productos no existen. Eso concluye en la compra de elementos ya existentes y el gasto de recursos económicos.

En la propuesta se corrige todos los puntos anteriores con la aplicación de 5S.

Cada punto y su funcionamiento se ven explicados en el capítulo 2.

Para la propuesta se explicará cómo se aplica cada S dentro del taller formula SAE. Se tiene:

7.5.1 SEIRI

Es una herramienta que permite eliminar materia o elementos dentro del taller que generan dificultades en la movilidad del equipo.

Para la aplicación de Seiri, la eliminación de insumos es realiza en base a la experiencia como líder del equipo. Para esta etapa se dividen los insumos del taller entre bienes muebles y sobrantes de la fabricación del monoplaza.

Dentro de los bienes muebles el taller Formula SAE consta con un total de 23 muebles divididos entre:

- 1 escritorio
- 6 Mesas de diferente tamaño no ergonómicas
- 10 sillas
- 1 Casillero
- 4 Anaqueles
- 1 armario correspondiente a otro laboratorio

A la mayor parte de estos bienes muebles no se les dio un uso adecuado por la falta de identificación de espacios que se tratara en el punto SEITON. Además, el taller consta de muebles que no son usados. Por lo que los muebles propuestos para el taller formula SAE son:

- 9 Mesas con el mismo tamaño
- 18 Sillas
- 1 Casillero

- 3 Anaqueles

En las cuales es posible sentar todos los insumos y herramientas necesarios para la fabricación del monoplaza.

Para los sobrantes de la fabricación del EB2017 se recomienda mantener dentro del taller solo aquellos que aún se considere un insumo útil bajo una estricta consideración del círculo de calidad. Se recomienda que todo elemento que se vea involucrado con la frase “tal vez sirva después” sea inmediatamente eliminado.

7.5.2 SEITON

El laboratorio de formula SAE no tuvo una etapa en la que se defina área o espacio para bodega, herramientas móviles, herramientas fijas, residuos, etc. Por lo que el lugar de almacenamiento siempre fue improvisado. Los anaqueles fueron usados por los miembros del equipo, pero sin compartir información.

El uso indebido de los anaqueles también fue una situación dentro del laboratorio de Formula SAE. Por ejemplo, los casilleros fueron usados como bodega de insumos, los anaqueles como bodega de residuos e incluso ciertos insumos de otro laboratorio ocupaban espacios en los anaqueles.

Para la propuesta se usará un método parecido al Punto fotografía visto en el capítulo 2. A continuación se muestran gráficas de actual estado del taller y como debería ser organizado de acuerdo a la propuesta.



ILUSTRACIÓN 23 ÁREA DE DISEÑO TALLER FORMULA SAE ACTUALMENTE



ILUSTRACIÓN 24 PROPUESTA DEL ÁREA DE DISEÑO

El área de diseño se convierte en el área de manufactura suplementaria para la etapa de construcción. Por lo que se tiene:



ILUSTRACIÓN 25 ÁREA DE MANUFACTURA SUPLEMENTARIA (ÁREA DE DISEÑO MODIFICADA)



ILUSTRACIÓN 26 ÁREA PRINCIPAL DE MANUFACTURA ACTUALMENTE



ILUSTRACIÓN 27 ÁREA PRINCIPAL DE MANUFACTURA EN LA ETAPA DE DISEÑO



ILUSTRACIÓN 28 ÁREA PRINCIPAL DE MANUFACTURA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

7.5.3 SEISO

Durante el proceso de fabricación del EB2017 la limpieza del taller se la realizaba solo cuando era necesario. No existió un plan en el cual se realicen limpiezas periódicas. Las maquinas herramientas antiguas nunca tuvieron mantenimiento. Por lo que eran los principales focos de suciedad. Las limpiezas siempre la realizaban un grupo pequeño del equipo, además de eso el laboratorio formula SAE tenía una ubicación poco estratégica con respecto a días lluviosos. En estos días el taller terminaba mojado y nunca se hizo algo para evitar la entrada de agua a pesar de que esto ocurrió varias veces.

La propuesta presenta un formato que establece un formato para la limpieza periódica el cual se encuentra en el Anexo 11. este formato mantendrá el laboratorio limpio y compromete a todos los miembros del equipo a participar, incluyendo Faculty Advisor.

Además de eso se propone como actividad complementaria realizar un manual de uso y mantenimiento de máquinas herramientas para salvaguardar la higiene del laboratorio y sobretodo la integridad física de los miembros del equipo.

Con el cumplimiento de estos formatos se puede asegurar fomentando Shitsuke.

7.5.4 SEIKETSU

El principal problema que UPS Racing Team tuvo con la estandarización fue la falta de comunicación del equipo. Debido a que ciertos miembros del equipo desarrollaban muchas más competencias que otros y la mayoría de las veces este

crecimiento personal no era compartido hacia el resto del equipo. Por lo que ciertas personas eran capaces de usar ciertas maquinas o de realizar ciertos procesos y otras no.

La propuesta estandariza procesos y conocimientos del equipo creando capacitaciones continuas para el equipo entero. Acerca de cualquier proceso necesario para la fabricación del monoplaza.

Como líder del equipo y su experiencia el autor recomienda cursos/capitaciones/seminarios/talleres de:

- Ingles Avanzado
- Trabajo en equipo
- Soldadura
- Seguridad en el trabajo
- Uso de máquinas herramientas
- Administración de recursos
- Importaciones
- Toma de decisiones
- Relaciones públicas y/o privadas
- Primeros auxilios
- Software base

Estos cursos pueden ser gestionados e impartidos dentro de la misma universidad por lo que su acceso no es imposible. Estos cursos proporcionaran al equipo una estabilidad dentro de su trabajo y estandariza todos los procesos posibles.

7.5.5 SHITSUKE

Shitsuke habla netamente de la disciplina que debe mantener cada miembro del equipo para mantener cada S anterior. En UPS Racing Team la disciplina fue quebrantada muchas veces por el cronograma ajustado que se mantenía por la falta de experiencia y también por las actitudes del equipo.

Para mejorar esto se propone dos puntos muy importantes. De estos dependen el desarrollo de toda la fabricación y éxito de un monoplaza.

1. Dentro de la selección del equipo mediante un examen cognitivo también se recomienda agregar un test de aptitudes. Este se puede realizar mediante una serie de preguntas dentro del mismo examen o una entrevista oral. En el Anexo 10 se presentan 50 preguntas que realizan en este tipo de entrevistas.
2. Mantener al equipo motivado sin hacerles olvidar que tienen un límite de fallas por indisciplina. Cuando ese límite se cumpla se debe separar a la persona del equipo.

Este es un punto que no se construye de la noche a la mañana. Se debe promover y motivar al equipo desde el inicio del proyecto hasta el final. Se recomienda que la alta gerencia y el líder del equipo mantengan una capacitación en dirección de proyectos básica.

7.6 Kaizen Propuesta.

Kaizen es el resultado de todas las herramientas desarrolladas anteriormente. Se resume básicamente en la optimización de costos a partir de la reducción de desperdicios que se logran con las técnicas de manufactura esbelta.

Dentro de UPS Racing Team los presupuestos fueron correctamente administrados considerando la poca experiencia dentro de un proyecto tan pulido como el monoplaza.

Con esta experiencia se puede hacer una propuesta practica con respecto a los recursos económicos. Se basa en pocos puntos que ayudarán a mejorar el establecimiento de un presupuesto para UPS Racing Team.

1. Un tiempo de planificación de piezas y materiales proyectados mínimo de 24 horas.
2. Seccionar la mayor cantidad de recursos. Los recursos pueden ser divididas por sistemas, ambientes, logística, etc. El circulo de calidad es el que decide la forma de seccionar el proyecto.
3. Tiempo mínimo de planificación de depreciación de materiales y herramientas mínimo de 12 horas.
4. Determinación de un presupuesto de apoyo en caso de situaciones imprevistas.

El último punto que habla de situaciones imprevistas no trata de contradicciones en la propuesta, más bien se toma como un plan de prevención de situaciones que podrían generar retrasos.

7.7 VSM Propuesta.

Como se había mencionado al inicio de este capítulo la última herramienta en ser compara es el VSM. En este se engloba, resume y grafica el proceso de producción de un monoplaza. Para la comparativa es necesario citar el grafico resumen del proceso de producción del EB2017 presentado en el capítulo 1. Solo que para esta etapa se le agregara los procesos de limpieza.

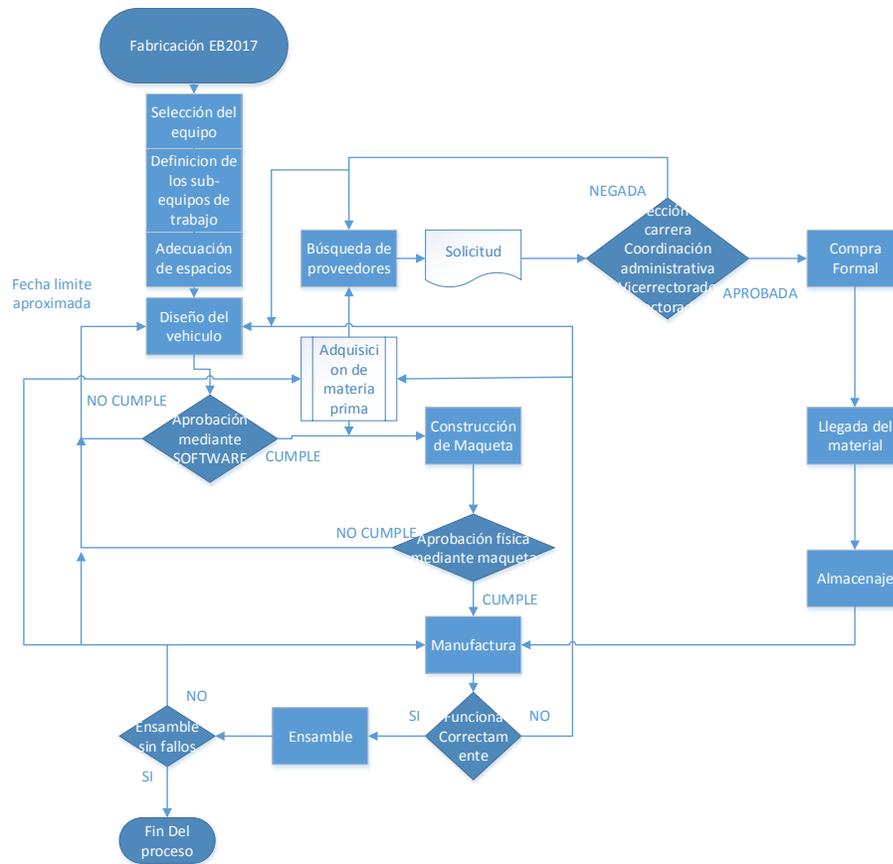


ILUSTRACIÓN 29 ESQUEMA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EB2017

El proceso del EB2017 tuvo una organización, pero no fue sistemática, una simple muestra de eso es que el grafico anterior que representa la producción del EB2017 fue realizado después de haber concluido el proyecto.

El mapeo de la cadena de valor debe ser planteado por el circulo de calidad en el inicio del proyecto. Se recomienda un mínimo de 48 horas de planeación. En esta etapa se realiza paralelamente el cronograma para toda la fabricación del vehículo.

El autor compara gráficamente las etapas de diseño, fabricación y ensamble entre lo que fue el proceso en el EB2017 y lo propuesto. Por lo que se tiene

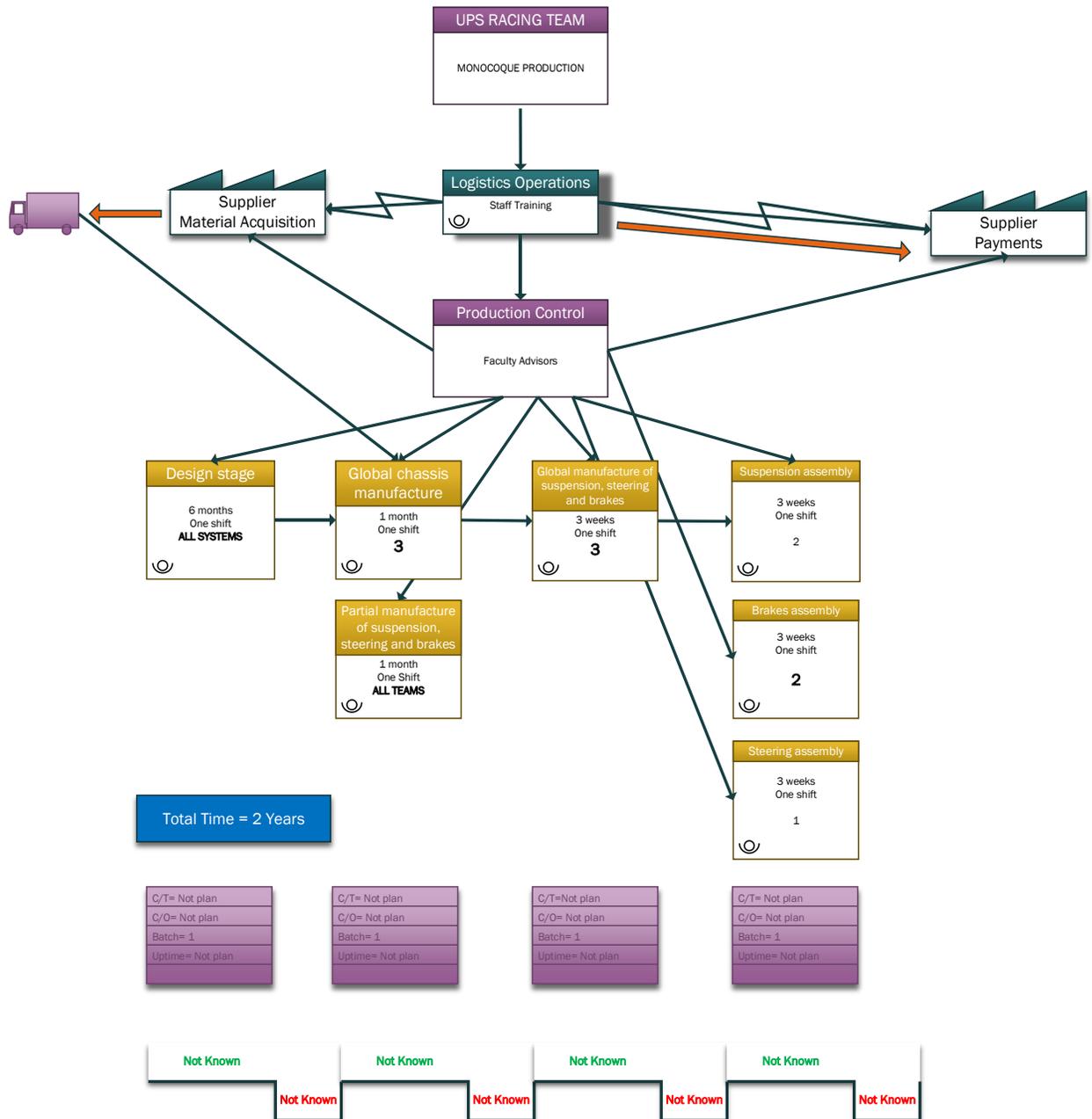


ILUSTRACIÓN 30 VSM DISEÑO, MANUFACTURA Y ENSAMBLE EB 2017

Como se puede apreciar en la ilustración 30, la mayoría de actividades no cuentan con un registro. No documentar el proceso anula cualquier tipo de planificación que se haya tenido.

A continuación, se presenta un VSM de las mismas etapas mencionadas antes, pero con la planificación propuesta.

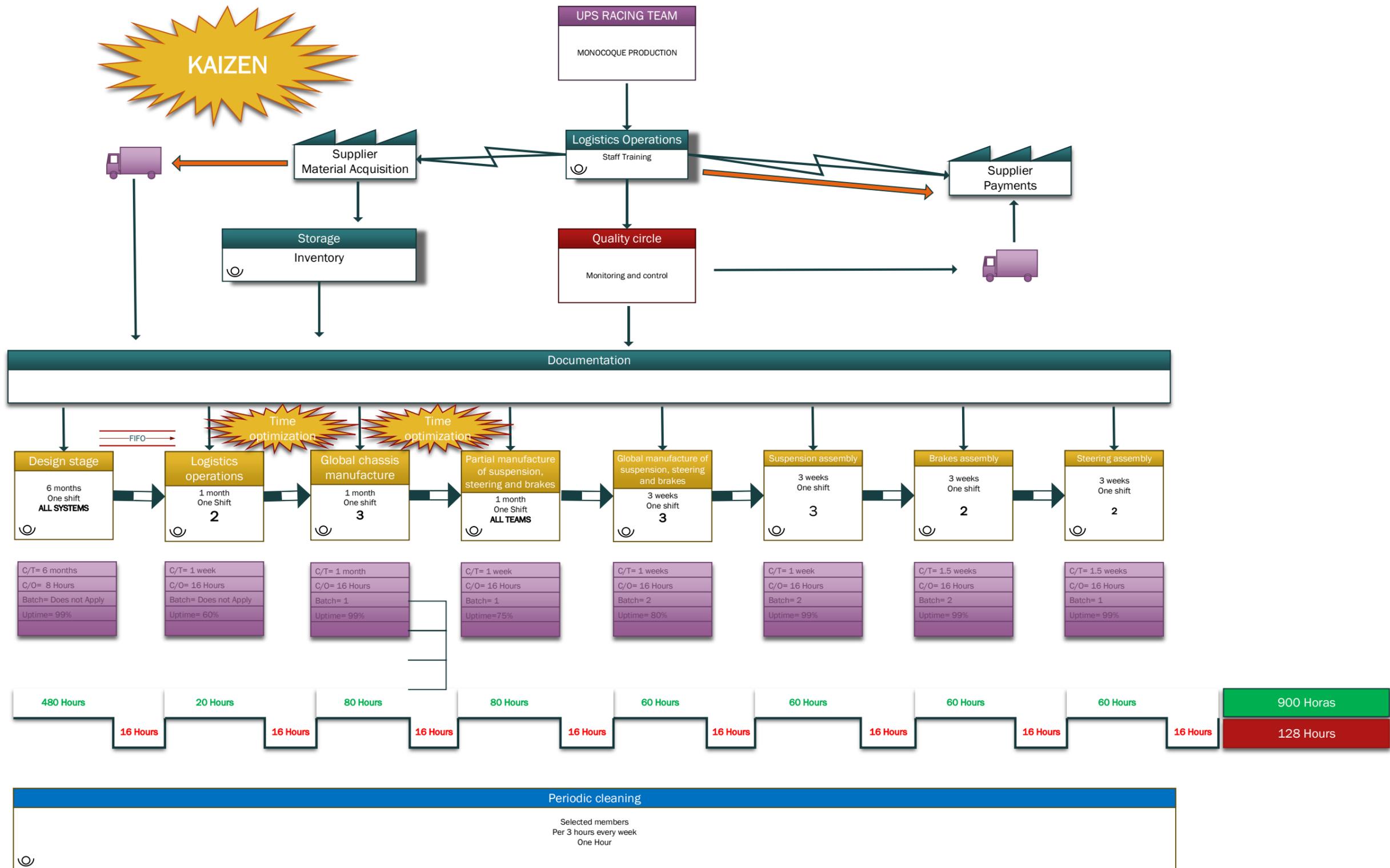


ILUSTRACIÓN 31 VSM PROPUESTO PARA DISEÑO, MANUFACTURA Y ENSAMBLE

Como se puede apreciar en la ilustración anterior el proceso es planificado incluso con un número exacto de horas en las cuales es posible realizar el diseño, manufactura y ensamble del vehículo. Estas actividades no son únicas por lo que el autor complementa y realiza una propuesta de un VSM global del proceso de producción de un monoplaza Formula SAE para la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana.

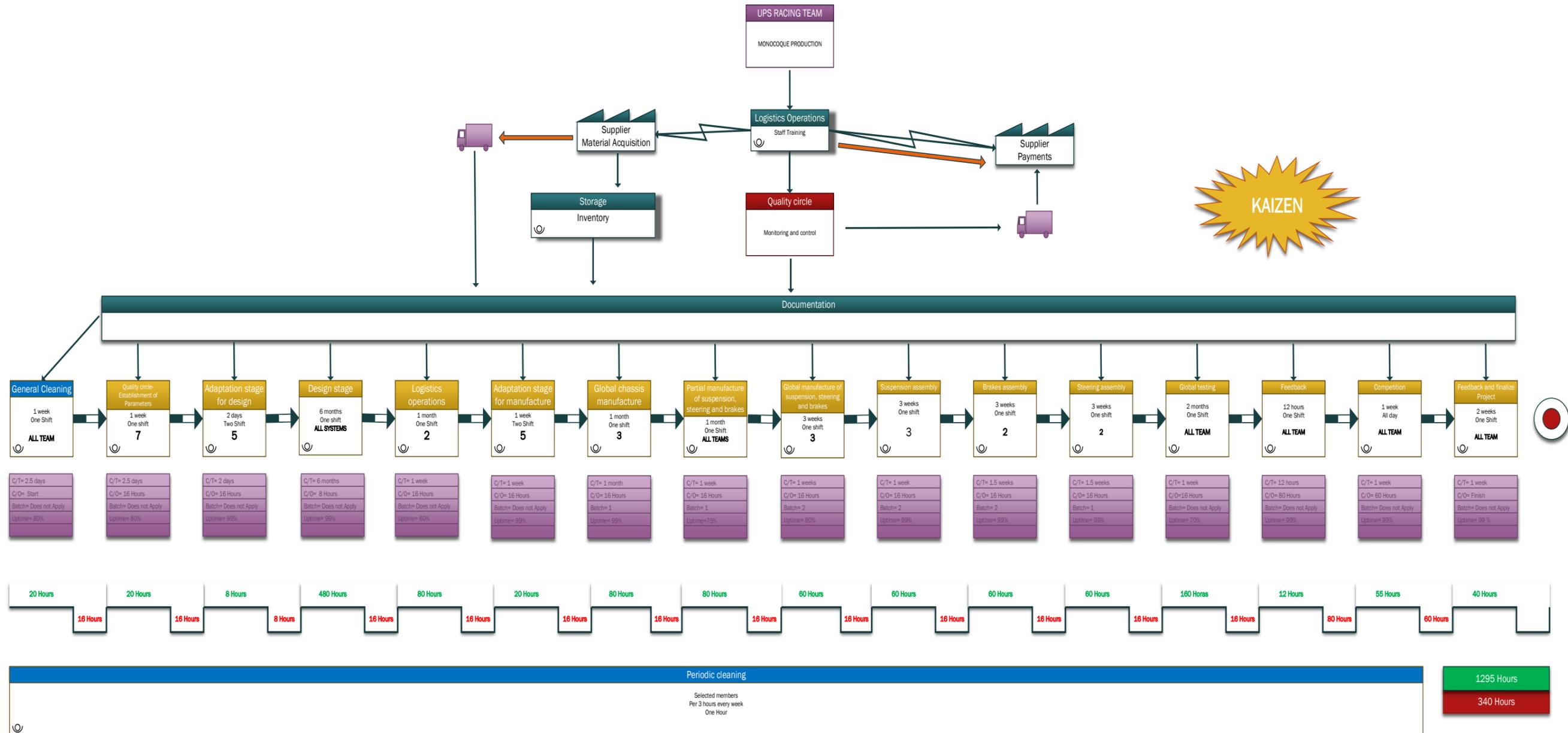


ILUSTRACIÓN 32 MAPEO DE LA CADENA DE VALOR PROPUESTO PARA UPS RACING TEAM

A continuación, se explican ciertos puntos que incluyen el VSM que son necesarios de entender.

- **Shift o Jornada:** Hace referencia a la jornada de trabajo del equipo. Cuando se menciona una sola jornada quiere decir que se trabajara tan solo medio día debido a que, como estudiantes, el equipo también debe cumplir con sus obligaciones.
- **C/T o tiempo de ciclo:** Es el tiempo en el cual se demora en terminar el ciclo de un proceso en específico. Por ejemplo, para el ensamble de la suspensión el tiempo total es de dos semanas, pero el tiempo de ciclo es de una debido a que la suspensión se divide en trasera y delantera por lo que se divide el tiempo.
- **C/O o tiempo de cambio:** Es el tiempo que toma hacer el cambio de proceso, este tiempo es muy importante debido a que este punto no le agrega valor al producto.
- **Batch o lote:** Hace referencia al número de lotes que se producirán para aquellos sistemas que tienen ciertos elementos fabricados que se repiten. Para el caso de UPS Racing Team el lote solo es mayor a uno cuando los elementos son simétricos.
- **Uptime o tiempo de disponibilidad:** Es el tiempo en el cual la maquinaria o espacio está disponible para realizar la actividad en cuestión.

Todos estos puntos y tiempos son propuestos después de 4 reuniones con cada diseñador involucrado en la fabricación del monoplaza EB2017, detallando al máximo los procesos aplicados y las experiencias adquiridas por todo el equipo UPS Racing Team durante dos años de la construcción.

8. CONCLUSIONES

El primer punto a considerar por parte del círculo de calidad es la fecha de la competencia porque a partir de esto se define la fecha de arranque de todo el proyecto o lo que se conoce como Takt Time dentro de la filosofía Lean.

Al ser una propuesta pionera dentro de la universidad parte de la validación se hace mediante Pareto. Para un proceso de producción con poca experiencia como es el caso de UPS Racing Team las circunstancias de construcción se ven reflejadas desde dos polos: necesidad y planificación. La construcción del EB2017 tuvo una producción basada en un 80% en necesidades y un 20% en planificación. Con esta propuesta se invierten los datos creando un proceso de producción con un 80% de planificación y un 20% de necesidad.

Concluir los procesos al 100 % no significa un monoplaza perfecto, significa que se ha cumplido al ciento por ciento con la planificación realizada. La calidad del vehículo son resultado de una retroalimentación de experiencias y conocimiento científico.

La documentación debe tener fácil acceso a todos los miembros del equipo, Nadie puede ocultar información de cualquier índole. Todos pueden retroalimentar la información siempre y cuando sea correspondiente a su área de trabajo.

Los insumos planificados permiten organizar el inventario. Es importante detallar cualquier tipo de insumo así este no tenga un costo alto. Para ejemplificar, en el evento de costos en la competencia los jueces toman en cuenta incluso los valores de las bridas plásticas.

Shitsuke es directamente proporcional al Kaizen, si no se garantiza la planificación, implementación y control, no se puede garantizar grandes avances en la mejora continua. Es importante romper paradigmas personales, en todos los niveles organizacionales. La buena comunicación, el trato intrapersonal y aprender a trabajar en equipo aclaran la idea de “Todos” pueden equivocarse.

Para las personas al frente del proyecto en la alta gerencia debe ser obligación tomar los cursos mencionados en el capítulo 3. Haciendo énfasis en su relación personal con los miembros del equipo. Se debe detectar las diferentes cualidades en cada persona para poder explotarlas. La motivación del equipo recae en gran parte en la alta gerencia. El líder del equipo juega un papel importante dentro del proyecto. No es aquel con mejores aptitudes cognitivas o prácticas. Sino aquel que promueve y motiva las actividades dentro del proyecto. Ser líder no implica ser el que más trabajo tiene ni la alta gerencia debe pensar que él lo sabe todo dentro del equipo.

El líder es escogido por el equipo por lo que la alta gerencia no debe minimizar o inutilizar ciertas ideas o decisiones del líder, que muchas veces son ideas del equipo

comunicadas por él. Debido a que esto es un efecto negativo de gran impacto al subconsciente de todo el equipo convirtiendo el trabajo voluntario en un trabajo forzado porque sus ideas o decisiones grupales “no sirven” y al final se termina haciendo lo que la alta gerencia obliga.

La propuesta debe ser seguida estrictamente para poder apreciar los resultados. La propuesta es presentada gracias a que existe el proyecto Formula SAE y la construcción del EB2017 se dio. Ser pioneros en un proyecto tan pulido como es una monopla eléctrica, apertura la posibilidad de trabajar en proyectos técnicos a nivel organizacional. La propuesta no es utópica, es planificada.

Como se puede apreciar en la ilustración 30, el tiempo total de construcción y culminación del vehículo monopla es de un año y 5 meses. Logrando reducir el tiempo de fabricación del EB2017 en 7 meses. El tiempo de fabricación en horas también es importante para poder apreciar la carga laboral que tienen los miembros del equipo. El cuadro a continuación muestra el tiempo aproximado de horas de trabajo invertidas en la construcción del EB2017 considerando un mínimo de 6 horas diarias y sin contar los fines de semana.



Ilustración 33 Carga en horas de trabajo en los miembros del equipo en la construcción del EB2017 y la propuesta

La carga laboral en los miembros del equipo tiene una reducción del 55%, esto es un factor muy importante para considerar dentro del área de seguridad y salud en el trabajo.

Esta propuesta puede ser usada como base para diferentes grupos de investigación o proyectos técnicos para crear un plan de mejora continua.

9. RECOMENDACIONES

Para la parte organizacional de la alta gerencia. Se recomienda que los Faculty Advisor tengan horas exclusivamente, dedicadas para el proyecto Formula SAE.

Se recomienda que la alta gerencia (Coordinadores del Proyecto y Autoridades de la Universidad) faciliten o promuevan actividades burocráticas dentro de la universidad.

Se recomienda que se mejore la forma en la que los desperdicios son dados de baja.

Durante el transcurso del proyecto se recomienda motivar y felicitar al equipo por el tiempo extra que están dedicando a un proyecto.

10. Bibliografía

Association, J. M. (1980). *Proceedings of the International Conference on Productivity and Quality Improvement: Study of Actual Cases*. Tokyo.

Besterfield. (1995). *Control de la Calidad*. Prentice-Hall Hispanoamerica 4ta Edicion

Butt. (1981). *Just-in-Time in Lincoln, Nebraska: Why and How*. InBodek.

Casanovas, A. y. (2012). Logística integral. En A. y. Casanovas, *Logística integral* (pág. 158). Profit Editorial.

Chapman, S. N. (2006). *Planificación y Control de la Producción*. Mexico: Pearson.

Davis, J. W. (2018). *Lean Manufacturing*. Cuenca: Industrial Press NY.

Echeverri, L. D. (23 de 03 de 2018). *slideplayer*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/4714894/>

Europe, J. (17 de Abril de 2018). *JMACEurope*. Obtenido de http://www.jmaceurope.com/UserFiles/file/JIDOKA_%C3%91.pdf

Group, A. a. (1981). *Proceedings of the Production and Inventory Control Conference*. AIAG and APICS.

Hall. (1981). *Driving the Productivity Machine: Production Planning and Control in*. R. W.

International, S. (17 de Abril de 2018). *SAE.International*. Obtenido de <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/about.htm>

Lopez, P. (18 de Febrero de 2016). *Universidad del Valle de Guatemala*. Obtenido de http://www.uvg.edu.gt/DQF/Coinferencia-jueves-18-02-2016-Dra.Palmira-Lopez-Fresno/5S%20y%20mejora%20gestion_PalmiraLopezFresno_env.pdf

- Martin, M. A. (2012). *bibing.us.es*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70201/fichero/03+-+Filosofia+Lean.pdf>
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System*. Londres: Taylor&Francis Group .
- OBS-Edu. (25 de Abril de 2018). *OBS-Edu*. Obtenido de <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/proyectos-ingenieria/cuatro-tipos-de-procesos-de-fabricacion-que-debes-conocer>
- Parmley, R. (1996). *Standar Handbook of fastening and Joining* . En R. Parmley. McGraw Hill 3 Ed.
- SAE, I. (2017). *Formula SAE® Rules*. En S. International.
- Scarpatti, F. (20 de 02 de 2018). *AMFE Analisis de Modos de falla y sus efectos*. Obtenido de http://campus.icda.uccor.edu.ar/archivos/_51/2%20FMEA%20versi%C3%B3n%20final.pdf
- Society., A. P. (1980). *Proceedings from Productivity: The Japanese Formula*. Pittsburgh.
- Terada, K. O. (1981). *Design and Analysis of Pull System: A Method of Multi-Stage Production Control*.

11. ANEXOS

11.1 Anexo 1 Rubrica de diseño

UPS Racing Team - Design Sheet							
Encharge: _____			Start date _____				
Faculty Advisor: _____			Design Deadline _____				
Design	Section	Activity	State	Approved=A	Still Design=D	Next Activity	Notes
System/	Sway Bar	Calculate the diameter of the SwayBar to calculate the torsion force through simulation	D			Test Different diameters software	Checked By: Jonatan Pozo Next Revision: 05-03-2018

*Remarks: The format must be handled only by the designer.
Each designer is responsible for caring for and supporting the information contained in this format*

The rubric is adapted for UPS Racing Team from a base format.

Bibliography. (Echeverri, 2018)

11.3 ANEXO 3 Selección de materiales para la adquisición y para aplicar SEISO

Selección de insumos para la compra.

Selection Matrix - UPS Racing Team			
System		Code	
Assembly		Attached file	
	Option 1	Option 2	Option 3
Supplier			
Price			
Decision			

Selección SEISO

UPS RACING TEAM - ITEM SELECTION			
Managers:			
Date:			
Item	Quantity	Label	Reason
Note: Every item involved in the phrase "Maybe can be usefull after" has immediatly a red label	Member 1		Member 3
	Member 2		

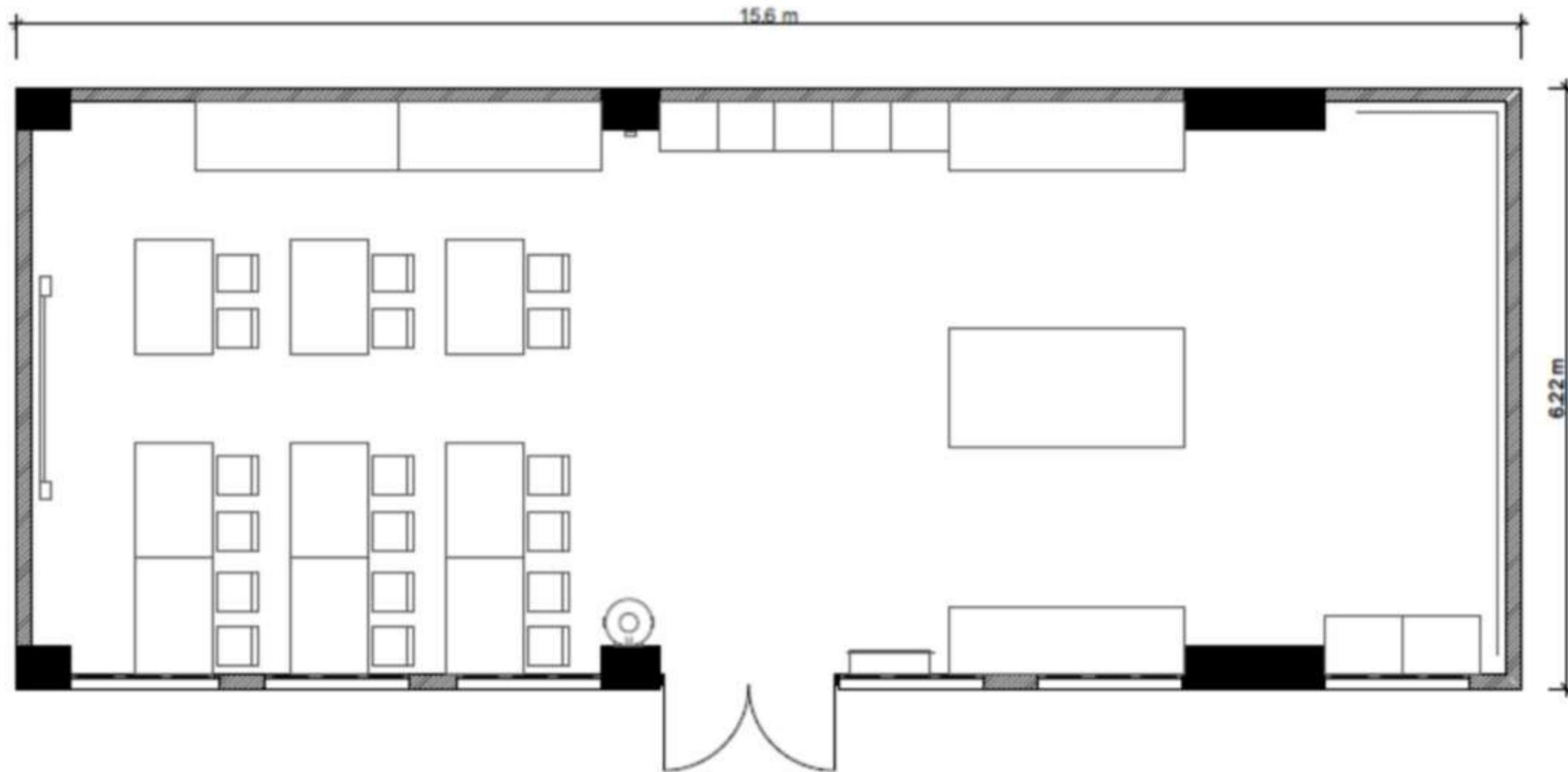
11.4 ANEXO 4 Universidades recomendadas para la revisión de diseños

Formula SAE universidades:

- TU Berlín: Fast Tube.
- Universidad de Pensilvania: Penn Electric Racing.
- Politécnica de Montreal: Poly eRacing Formule Electrique.
- Universidad de California: UC Davis Formula Student.
- Universidad de Purdue: Purdue Electric Racing.
- Equipo de la Politécnica de Madrid
- Reteam Stuttgart.
- TU Berlin, Fast Tube.

11.5 ANEXO 5 Áreas de trabajo

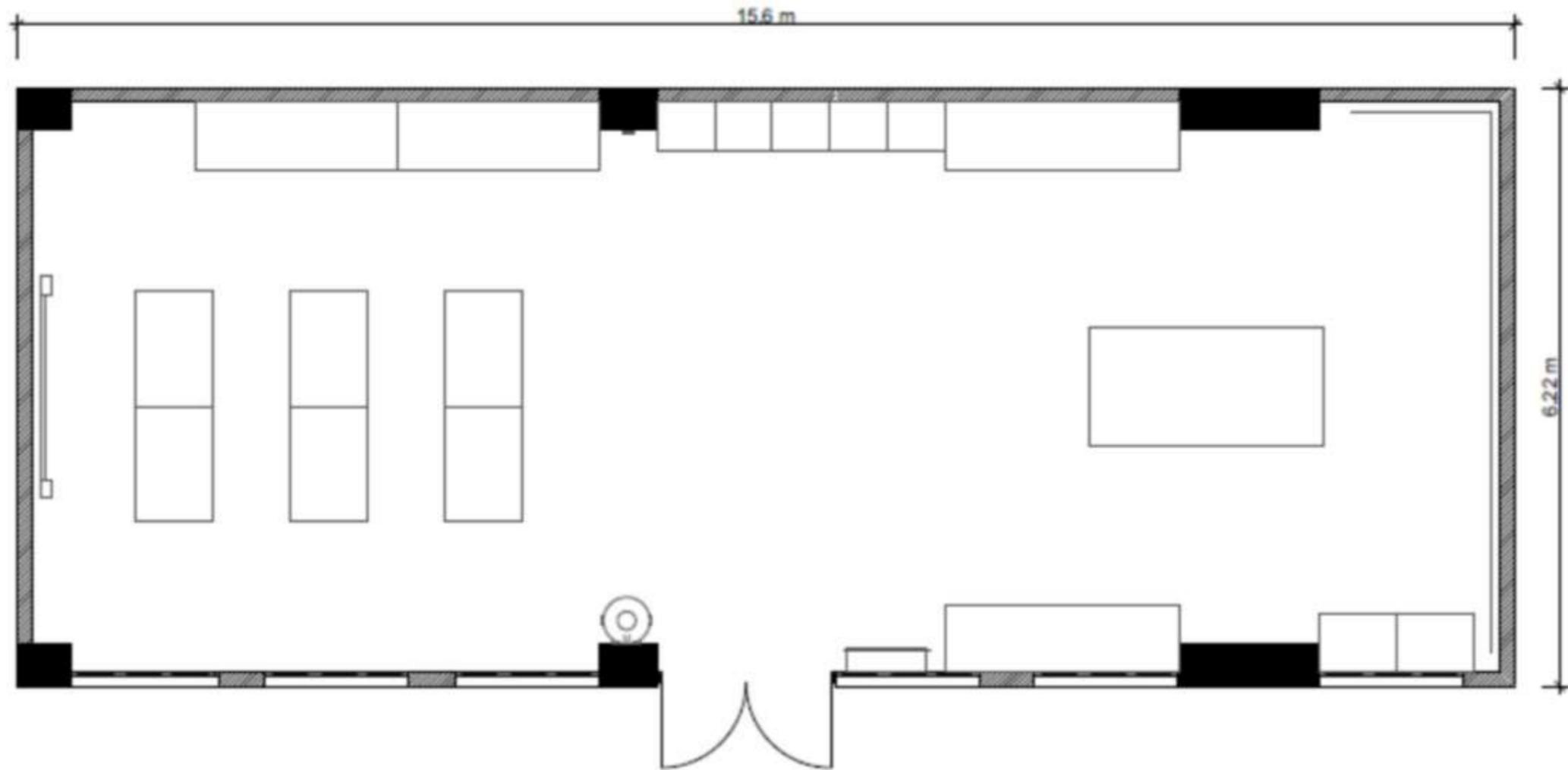
ETAPA DE DISEÑO



PLANTA ÚNICA FASE 1

Escala: 1:50

ETAPA DE MANUFACTURA



PLANTA ÚNICA FASE 2

Escala: 1:50

11.6 ANEXO 6 FMEA CHASIS

Failure Mode Effect Analysis - UPS Racing Team															
System:		Design Encharge:		Checked By		Review Date:		Updated By:		Coments:					
FMEA No.:	Component/Item	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect		Sev	Severity Reasoning	Occ	Occurrence Reasoning	Failure Detection	Det	Detection Reasoning	IPR	Comments
					Local	Global									
	Chasis	Soportar los demas sistemas	Falla de dimensiones	Errores en la construccion. rediseño sin aviso	Fallas en los sistemas independientes	Falla global del ensamble	5	Rediseño incontrolado	1	Falta de comunicación	Visual y metricamente	2.5	No encajan los elementos	12.5	Volver a construir
	Miembros individuales	Soporte de chasis	Falla dimensional de miembros individuales	Corte manual, falla de plantillas impresas	Nodos de soldadura		3	Dificultad para arreglar	4	trabajo manual	Visual	1	No encajan correctamente los miembros en los nodos	12	Si es posible, rellenar Caso contrario reemplazar miembro
	Fixtures	Soportar chasis para soldadura	Error en la precision de armado	Error Humano, Falta de experiencia		Falla dimensional	5	Chasis deforme	4	Laminas de fixtures defacil deformacion	Comprobacion de medidas, simetria, paralelismo, etc.	1	No encajan medidas con el diseño.	20	Corregir Soportes de los fixtures
	Soldadura	Unir elementos	Excesiva fundicion del material base	Amperaje muy alto		Ruptura del Chasis	3.5	Dificil de recuperar el material	4	Soldador no Calificado	Soldadora mal calbrada	1	Fundicion excesiva del material	14	Calibrar Equipo
	Soldadura	Unir elementos	Falta de penetracion	Amperaje muy bajo		Ruptura del Chasis	5	Ruptura de elementos	2	Soldador no Calificado	Soldadora mal calbrada	5	Solo mediante ruptura	50	Calibrar Equipo
	Tubos de los arcos principales		Deformacion de los tubos en proceso de doblado	Mal procedimiento		Chasis deformado	5	No encajan los demas miembros	3	Trabajo Manual	Visual y metricamente	1	Trabajo Manual	15	Automatizar el proceso en lo posible
	Cordon de soldadura		Grietas, fisuras o irregularidades	Mal proceso de soldado		Ruptura del Chasis	5	Falla de seguridad	2	Experiencia de soldadura	Tintas penetrantes	4	Solo mediante el metodo	40	
														0	
														0	
														0	

11.7 ANEXO 7 FMEA SUSPENSIÓN

Failure Mode Effect Analysis - UPS Racing Team															
System:		Design Encharge:		Checked By		Review Date:		Updated By:		Coments:					
FMEA No.:	Component/Item	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect		Sev	Severity Reasoning	Occ	Occurrence Reasoning	Failure Detection	Det	Detection Reasoning	IPR	Comments
					Local	Global									
	Uniones al chasis	Unir los brazos de la direccion con el chasis	Mal ubicados	Errores dimensionales del chasis o mala posicion de las juntas antes de soldar		No existe simetria de elementos	5	El vehiculo no funcionara de acuerdo al diseño	2	Error humano, el proceso no ha sido meticoloso	Visual y metricamente	3	No encajan los elementos	30	Cortar y Volver a soldar
	Tubo de fibra de carbon	Brazos de la suspension	Trizaduras	Mal corte de tubos Defectos de Fabrica		Ruptura de la suspension	5	Si no se detecta a tiempo, se podria romper la suspension cuando el vehiculo este funcionando	3	Por defecto de fabrica o herramienta de corte con RPM mal escogidas	Visualmente	2.5		37.5	Cambiar tubo
	Tubo de fibra de carbon	Brazos de la suspension	Desprendimiento de su junta	Mal proceso de pegado: mal texturizado, falta de pegamento, falta de tiempo de secado, pegamento defectuoso. Diametro mayor a lo analizado por softwre		Ruptura de la suspension	5	Si no se detecta a tiempo, se podria romper la suspension cuando el vehiculo este funcionando	2	Mediante ensayos se determino que es mas probable la ruptura del tubo que el desprendimiento de sus juntas. Por lo que solo queda el error humano.	Ruptura	5	No se puede visualizar.	50	Cambiar tubo
	rigidez de la barra de torion	Funciona como barra estabilizadpra	Demasiado rigida	Diametro mayor a lo analizado por softwre		suspension rigida	3	El vehiculo no se comportara como se habia planificado, perdida de contacto	2	discrepancia de caraceristicas entre el material usado y el de la simulacion	Por el piloto, o mediante pruebas dinamicas	4	El piloto podria pensar que es la geometria de la suspension la cual se encuentra mal diseñada.	24	Mecanizar barra de torsion
	Muelles	Absorver los movimientos de la suspension	Rigidez	Muelles mal calibrados		Falla en el funcionamiento dinamico del vehiculo	4	El vehiculo no se comportara como se habia planificado, perdida de contacto	4	La calibracion es manual y siempre de forma estatica por lo que si es mal calibrada, el vehiculo tiene que hacer pruebas y entrar a calibracion nuevamente	Por el piloto	5	Comportamiento erroneo en curvas, el alto del vehiculo no cumple con el minomo establecido	80	Recalibrar
	Muelles	Absorver los movimientos de la suspension	Demasiada suavidad	Muelles mal calibrados		Falla en el funcionamiento dinamico del vehiculo El chasis no cumple con las medidas especificadas para el escrutnio	4	El vehiculo no se comportara como se habia planificado, rozos en el piso	4	La calibracion es manual y siempre de forma estatica por lo que si es mal calibrada, el vehiculo tiene que hacer pruebas y entrar a calibracion nuevamente	Por el piloto	2.5	Comportamiento erroneo en curvas, el alto del vehiculo no cumple con el minomo establecido	40	Recalibrar
	Brazos de suspension	Soorte del vehiculo	Desalineacion	Mas funcionamiento de la direccion, el vehiculo avanza con dificultad cuando se lo empuja	Desgaste dide neumaticos		2.5	El vehiculo no puede salir a pruebas dinamicas sin una previa calibracion de la suspension, por lo que es improbable un fallo importante.	4	La calibracion se la realiza manual. Solo el equipo de suspension sabe las dimensiones para la calibracion.	Visual y por el piloto	3	El vehiculo no obedece la direccion en la que el piloto quiere que vaya.	30	Calbrar
														0	
														0	

11.8 ANEXO 8 FMEA DIRECCIÓN

Failure Mode Effect Analysis - UPS Racing Team													
Design Encharge:		Checked By		Review Date:		Updated By:		Coments:					
Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect		Sev	Severity Reasoning	Occ	Occurrence Reasoning	Failure Detection	Det	Detection Reasoning	IPR	Comments
			Local	Global									
Dirigir los neumaticos	Desalineacion	Mas funcionamiento de la direccion, el vehiculo avanza con dificultad cuando se lo empuja	Mal desgaste de neumaticos		2.5	El vehiculo no puede salir a pruebas dinamicas sin una previa calibracion de la direccion, por lo que es improbable un fallo importante	4	La calibracion se la realiza manual. Solo el equipo de direccion sabe las dimensiones para la calibracion.	Visual y por el piloto	3	El vehiculo no obedece la direccion en la que el piloto quiere que vaya.	30	Volver a construir
Unir el volante con la cremallera	Columna de la direccion no esta rigida	no tiene los suficientes soportes		Falla global del sistema	5	No funciona el sistema	4	No se puede comprobar hasta la construccion	Visual y dinamicamente	2	El sisitema no funciona	40	Crear nuevos soportes
Unir el volante con la cremallera	Angulos fuera de rango	Se cambian los angulos por la ergonomia del conductor	Mayor dureza de la direccion		2	No implica un fallo fatal	4	muchas etapas de este sistema se comprueban directamente en la materializacion definitiva	Visual y metricamente	3	Las dimensiones no corresponden	24	Encontrar el equilibrio entre ergonomia y funcionalidad.
Conexión entre piloto y direccion	Mal proceso de mecanizado	Fresa no apta para fibra de carbon RPM no adecuadas	Elimina el volante		4	Generador de depserdicios	3	Falta de experiencia	Durante el mecanizado	1	La pieza sale incorrecta desde el mecanizado	12	Volver a mecanizaro salvar la pieza en lo posible.
												0	
												0	
												0	
												0	

11.9 ANEXO 9 FMEA FRENOS

Failure Mode Effect Analysis - UPS Racing Team															
System:	Design Encharge:	Checked By		Review Date:	Updated By:	Coments:									
FMEA No.:	Component/Item	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect		Sev	Severity Reasoning	Occ	Occurrence Reasoning	Failure Detection	Det	Detection Reasoning	IPR	Comments
					Local	Global									
	Líquido de freno	Transmitir fuerza desde el pedal hasta las mordazas	Fuga	Roscas aisladas, acoples mal apretados, sellos de bombas en mal estado		Perdida de frenos	5	De los frenos depende la seguridad del piloto	2	Los frenos sosn sistemas simples, en su armado, no depende de elementos complejos, por lo que la probabilidad de falla no es alta	Visual en el nivel de líquido o en la fuga directamente Sensacion de fuga en el pedal	2	Se la detecta en el primer uso del freno Visualmente una fuga de freno es muy notoria	20	Reparar fuga
	Líquido de freno	Transmitir fuerza desde el pedal hasta las mordazas	Aire en el sistema	Mal purgado		Frenado imprevisto	5	De los frenos depende la seguridad del piloto	2	Es un metodo visual	Sensacion esponjosa en el pedal falta de frenado	4	El metodo visual con un tubo no es tan efectivo.	40	Purgar nuevamente
	Purgador	Permite purgar el sistema	Roto- aislado	fuerza aplicada muy alta	Mal purgado	Paro total del vehiculo	5	De los frenos depende la seguridad del piloto	3	Malas practicas	Visual	2	Se detecta tanto al tacto como a la vista	30	Reparar o cambiar purgador
														0	
														0	
														0	
														0	
														0	

11.10 ANEXO 10 PREGUNTAS PARA SELECCIÓN DE EQUIPO

La selección del equipo tiene gran importancia dentro de UPS Racing Team. Shitsuke depende en su mayor parte de la selección de un buen equipo de trabajo. Para reclutar al equipo el auto propone una serie de preguntas que se deben realizar a los postulantes a miembros de UPS Racing Team.

Iniciativa – Autonomía

- ¿Podrías mencionar un logro del cual te sientas orgulloso?
- ¿Ha realizado alguna sugerencia a un superior últimamente? Puede ser en tu vida estudiantil o privada.
- ¿Qué ocasiones de un trabajo actual sientes que debes consultar a tu superior antes de actuar?
- ¿Cuáles son las tareas que más te gustan hacer en tu vida estudiantil y cuales las peores?
- ¿Podrías mencionar algún proyecto o idea que hayas llevado a cabo a pesar de cualquier limitación?
- ¿Alguna vez has estado en contra de la decisión de tu superior? ¿Qué fue lo que sucedió?

Dinamismo – Energía

- ¿Podrías darme un ejemplo de una tarea o proyecto importante que te haya demandado esfuerzo?
- ¿Cómo es tu día de labores diarias?
- ¿En qué situaciones has sentido la necesidad de dejar una tarea sin culminar?

Capacidad de aprendizaje

- Describe alguna situación en la cual te haya costado aprender algo. Describe la situación.
- ¿Cómo te mantienes informado de los cambios en tu medio de trabajo?

Productividad

- Menciona una situación que consideres donde creas que no cumpliste tus expectativas
- Menciona una situación que haya representado un gran desafío para ti
- ¿Cuáles fueron tus objetivos asignados para el año pasado y cuál fue el grado de cumplimiento?
- ¿Menciona alguna situación en el cual tu desempeño haya sido mayor al promedio? ¿Cómo mediste tu desempeño?

Liderazgo

- ¿Cómo motivarías a tu equipo?
- ¿Qué estrategias utilizas para hacer que tus ideas sean aceptadas?
- ¿Alguna vez has reprendido a un compañero tuyo porque su desempeño no estaba siendo el adecuado?
- ¿Describe a tu jefe ideal?

Trabajo en equipo

- Menciona un logro importante que hayas obtenido siendo miembro de un equipo.
- ¿Qué es lo que más valoras en un equipo?
- Cuenta alguna situación en la hayas tenido que trabajar con uno o más compañeros que no han sido de tu agrado.
- Describe la situación estudiantil más tensa que hayas tenido. ¿Cómo se resolvió?
- ¿Cómo descargas esa presión?
- ¿Cuáles son las condiciones laborales más frustrantes para ti?
- ¿Cómo resuelves un problema?

Visión de sí mismo.

- ¿Cuáles consideras que son tus competencias más fuertes y las más débiles?
- ¿Cómo describirías tu personalidad?

11.11 ANEXO 11 FORMATO PARA LIMPIEZA

UPS Racing Team - Cleaning Manual

Attendant	Attendant	Date
Attendant	Attendant	

Item	Activities	Implements
Floor		
Tables		
Shelves		
Blackboard		
Machines		
Tool Board		
Toolbox		
Garbage		
Notes	Activities are defined and controlled by the quality circle.	