

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero

Mecánico Automotriz

PROYECTO TÉCNICO:

**“PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DEL TABLERO DE FIBRA DE
CARBONO UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING
PARA EL VEHÍCULO MONOPLAZA FORMULA SAE”**

AUTORES:

Pablo Sebastián Campoverde Pacurucu

Andrés Efraín Idrovo Villa

TUTOR:

Mstr. Diego René Urgilés Contreras

CUENCA ECUADOR

2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Pablo Sebastián Campoverde Pacurucu con documento de identificación N° 0104107784 y Andrés Efraín Idrovo Villa con documento de identificación N° 0105497986, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DEL TABLERO DE FIBRA DE CARBONO UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA EL VEHICULO MONOPLAZA FÓRMULA SAE”**, mismo que fue desarrollado para la obtención del 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 denominado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2018



Campoverde Pacurucu Pablo Sebastián

CI: 0104107784



Idrovo Villa Andres Efrain

CI: 0105497986

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DEL TABLERO DE FIBRA DE CARBONO UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA EL VEHICULO MONOPLAZA FÓRMULA SAE”**, realizado por los autores: Pablo Sebastián Campoverde Pacurucu y Andrés Efraín Idrovo Villa, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2018



Ing. Diego René Urgilés Contreras

CI:0104431374

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Pablo Sebastián Campoverde Pacurucu con documento de identificación N° 0104107784 y Andrés Efraín Idrovo Villa con documento de identificación N° 0105497986, autores del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DEL TABLERO DE FIBRA DE CARBONO UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA EL VEHICULO MONOPLAZA FÓRMULA SAE”**, certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Julio del 2018



Campoverde Pacurucu Pablo Sebastián

CI: 0104107784



Idrovo Villa Andres Efrain

CI: 0105497986

DEDICATORIA

Todos esto va dedicado a mi familia que siempre ha estado siendo una guía desde que empecé los estudios. Agradezco a mis padres Pablo y Marcia por darme el apoyo para salir adelante con mis estudios y en la vida misma por ser pacientes y aconsejarme siempre. Además de sacar el hogar adelante siempre con amor paz comprensión, felicidad y humildad.

Agradezco también a mis hermanas Gaby y Paula por ser mi inspiración y brindarme siempre el amor y la alegría que necesito.

A mi abuelo Jorge que me está viendo desde lejos y se siente feliz y orgulloso que se cumpla una meta más en la vida.

A mi Abuela Beatriz por bendecirme siempre.

A mis abuelos Papi Toyo y Mami Tula por estar preocupados de que sus nietos avancen en sus metas.

A mis amigos de la Vida y de la Universidad que supieron brindar apoyo y estar a mi lado sin ningún recelo y no solo en las fiestas.

A Dios por darme Vida y Salud y proteger a los seres que me guían.

Pablo

DEDICATORIA

Para mis amados padres Gustavo Idrovo e Isabel Villa, quienes gracias al esfuerzo de su trabajo me han ayudado a cumplir una meta más en mi vida, por haber tenido paciencia conmigo durante todos estos años de formación profesional y saberme aconsejar para no rendirme jamás.

A mi abuelita paterna Sarvelia, a quien un día prometí culminar una meta más de estudios, y sé que desde el cielo nos observas con la misma gracia única que te caracterizaba.

A mis abuelitos maternos Miguel y Carmen, por ser un ejemplo de vida, dedicación a la familia y siempre estar pendientes de mí y de mis hermanos, brindándonos su apoyo y cariño.

A mi hermano mayor Néstor, quien con sus ocurrencias y carisma me ha demostrado que por más feo que sea el camino hay que seguir adelante. “Lento pero seguro”.

A mis hermanas Tatiana y Angélica, a quienes quiero con todo mi corazón.

A mis amigos que empezamos desde el colegio y cada día fuimos avanzando hasta lograr cada uno la meta deseada.

A todos y todas quienes formaron parte de mi vida universitaria, que de alguna manera me ayudaron a seguir adelante.

A Dios por mantener con salud a mis seres queridos.

Andrés

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanas por estar pendientes de que culmine mi carrera universitaria y ayudarme a salir adelante en todo momento.

Al Ing. Diego Urgilés por brindar la confianza y dar el apoyo para que el proyecto siempre salga adelante ayudando con sus conocimientos en Lean Manufacturing y su tiempo.

A mi compañero Andrés por tener la confianza y paciencia para no rendirse jamás y salir adelante siempre con nuestro proyecto.

A Don H por brindarnos el apoyo y la facilidad del laboratorio de materiales.

A los compañeros Bryan Guazhambo y Luis Montalvo por brindarnos su tiempo y enseñarnos la fabricación en fibra de carbono.

A la Universidad Politécnica Salesiana por acogerme como alumno y brindarme conocimientos a través de los docentes.

Pablo

AGRADECIMIENTO

A mis padres por preocuparse cada día en el avance del proyecto y ayudarme a conseguir el material principal para que a tesis pudiera salir adelante.

Al Ing. Diego Urgilés, por brindarnos su confianza y ayudarnos desde el primer día con sus conocimientos y sabiduría sobre el tema de manufactura esbelta.

A don Hernán, por tenernos paciencia mientras hacíamos las pruebas en el laboratorio de materiales.

A mi compañero de tesis Sebastián, quien ha puesto su confianza en mí para que este proyecto pudiera salir adelante.

A la Universidad Politécnica Salesiana a través de los docentes con los que he tenido la oportunidad de ser alumno, cada día adquiriendo conocimientos y aprendiendo de si sabiduría.

Andrés

RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene como objetivo establecer un proceso de producción usando herramientas de “LEAN MANUFACTURING” para la fabricación del tablero de fibra de carbono del vehículo monoplace Fórmula SAE.

Lean Manufacturing, también conocida como manufactura esbelta, se define como una filosofía de trabajo que busca siempre la mejora y optimización en una línea de producción. Las herramientas Lean buscan focalizarse en eliminar todo tipo de desperdicios.

Estos desperdicios se conocen como: sobreproducción, inventario, transporte, espera, movimiento, sobreprocesamiento y corrección.

Para la aplicación de estas herramientas primero se analizó el laboratorio en donde se realizó el primer prototipo del tablero en fibra de carbono en donde se ejecutó una hoja de ruta de la secuencia de trabajo del grupo F-SAE 2017.

Se aplicó la herramienta de diagnóstico Lean conocida como VSM (Value Stream Mapping) en donde se analizan los movimientos de la línea de producción actuales. Este análisis permite la aplicación de otras herramientas para otorgar un valor agregado al producto.

Las herramientas utilizadas fueron Kanban que son tarjetas usadas durante todo el proceso de producción. Se usó herramientas de fábrica visual que mejoran la accesibilidad a las herramientas e indican como es el seguimiento en la línea de producción. Todo lo mencionado da como resultado la aplicación de 5s en el laboratorio donde lo convierte en un ambiente más seguro y estandarizado para realizar el proceso de producción del tablero en fibra de carbono.

Una vez fabricado el tablero en fibra de carbono con las herramientas o procesos de manufactura esbelta mencionada se realiza un análisis de la optimización de tiempos y recursos al realizar este proceso.

SUMMARY

The objective of this technical project is to establish a production process using LEAN manufacturing tools for the manufacture of the carbon fiber Board of the formula SAE Monoplaza.

Lean manufacturing is defined as a work philosophy that always seeks improvement and optimization in a production line. Lean tools seek to focus on eliminating all types of waste.

These wastes are known as: overproduction, inventory, transport, waiting time, movement, and corrections.

For the application of these tools first the laboratory was analyzed where the first prototype of the carbon fiber Board was carried out where a roadmap of the working sequence of the previous group was executed.

The Lean diagnostic tool known as VSM (Value Stream Mapping) was applied where the current production line movements are analyzed. This analysis allows the application of other tools to give an added value to the product.

The tools used were Kanban which are cards used throughout the production process. Visual manufacturing tools are used that improve the accessibility to the tools and indicate how the tracking in the production line is. Everything mentioned results in the application of 5s in the laboratory where it makes it a safer and standardized environment for the production process of the board in carbon fiber.

Once the carbon fiber board has been manufactured with the mentioned tools, an analysis of the optimization of times and resources is carried out when performing this process.

INDICE GENERAL

RESUMEN	viii
SUMMARY	ix
INDICE GENERAL	x
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE IMÁGENES.....	xv
INDICE DE DIAGRAMAS.....	xvii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	2
1. Estudio del estado del arte sobre el uso de las herramientas LEAN.	2
1.1. Reseña histórica automovilística con el origen de Lean.	2
1.2. Lean Manufacturing.....	3
1.2.1. Siete tipos de desperdicios de manufactura esbelta.....	4
1.3. Herramientas del Lean Manufacturing para la producción.....	4
1.3.1. SMED (Cambios rápidos).....	4
1.3.2. JIDOKA (Calidad Total)	5
1.3.3. KANBAN.....	6
1.4. Técnicas Usadas en la Manufactura esbelta.....	7
1.4.1. QFD (Matriz de Función de Calidad).	7
1.4.2. VSM	7
1.4.3. TRIZ.....	9
1.5. Requerimientos para los procesos de producción en la Manufactura Esbelta	9
1.5.1. Takt Time.....	9
1.5.2. Justo a Tiempo (Just in Time).....	9
1.5.3. Fábrica Visual	10
1.5.4. Andon.....	10
1.6. Condiciones y reglas sujetas al Lean Manufacturing	10
1.6.1. 5s.....	10
1.6.2. Kaizen	11
1.7. Lean Manufacturing a Nivel Mundial.....	12
1.7.1. Toyota Production System (TPS).....	12
1.8. Lean manufacturing a Nivel de Latino América.....	12
1.9. Lean Manufacturing a Nivel Nacional.....	13
1.10. Formula Student (SAE)	13
CAPITULO II	14

2.	Determinación de las herramientas de manufactura esbelta, para la construcción del tablero en fibra de carbono.....	14
2.1.	Aspectos generales para la ejecución e implantación del plan de Manufactura Esbelta.....	14
2.2.	Etapas para la ejecución e implantación del plan de Lean	15
2.2.1.	Elaboración de la hoja de ruta.	16
2.2.2.	Hoja de Ruta actual en secuencia de Bloques de cada espacio de trabajo. ...	17
2.3.	Análisis del laboratorio de materiales mediante un (VSM)	20
2.3.1.	Atributos de usar un VSM	20
2.3.2.	Simbología utilizada en el VSM	22
2.4.	Secuencia de bloques propuesta para cada espacio de trabajo.....	27
2.4.1.	Esquema de distribución de espacios de trabajo (Layout).	28
2.4.2.	Layout laboratorio de materiales.....	29
2.4.3.	Aplicación del layout.	31
2.4.4.	Descripción de las zonas de trabajo.....	32
2.5.	Fábrica Visual	34
2.6.	Las 5s.....	38
2.6.1.	Seiri	38
2.6.2.	Seiton	39
2.6.3.	Seiso	43
2.6.4.	Seiketsu	43
2.6.5.	Shitsuke.....	44
2.7.	Aplicación del KANBAN al proceso de producción.	44
2.7.1.	Definición de KANBAN.	45
2.7.2.	Tipos de KANBAN	45
2.7.3.	Producción Nivelada (Heijunka) Asociado al Kanban	47
2.7.4.	Funcionamiento de tarjetas Kanban en el laboratorio de materiales.	48
	CAPITULO III	52
3.	Proceso de fabricación del tablero aplicando herramientas Lean Manufacturing....	52
3.1.	Etapa 1: Diseño del tablero de fibra de carbono del vehículo fórmula SAE.	55
3.2.	Etapa 2: Ingreso y elementos de seguridad.....	56
3.3.	Etapa 3: Proceso de trazado y corte (Zona A).....	57
3.4.	Etapa 4: Proceso de vaciado (Zona B).....	58
3.5.	Etapa 5: Proceso de curado (Zona C)	58
3.6.	Etapa 6: Proceso de enfriamiento (Zona D).....	59
3.7.	Etapa 7: Proceso de mecanizado (Zona E)	60

3.8.	Etapa 8: Proceso de terminado (Zona F).....	61
3.9.	Costos de producción.....	62
3.9.1.	Costos de producción asociados al tablero de fibra de carbono.....	62
3.9.2.	Determinación en porcentajes de los costos de producción en función del tiempo empleado.....	63
CAPITULO IV.....		66
4.	Validación de la metodología de producción propuesta.....	66
4.1.	Análisis comparativo de tiempos del equipo lean con el equipo anterior.....	68
4.1.1.	Análisis de tiempos en la Zona (A) Corte.....	68
4.1.2.	Análisis de tiempos en la zona (B) Vaciado.....	70
4.1.3.	Análisis de tiempos en la zona (C) Curado.....	71
4.1.4.	Análisis de tiempos en la zona (D) enfriamiento.....	72
4.1.5.	Análisis de tiempos en la zona (E) mecanizado.....	73
4.1.6.	Análisis de tiempos en la zona (F) terminado.....	75
4.2.	Resultados finales del proceso.....	76
4.3.	Determinación de costos en porcentajes del proceso de producción final.....	78
CONCLUSIONES.....		81
BIBLIOGRAFIA.....		84
ANEXOS.....		87

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Simbología estándar del VSM.	22
Tabla 2. 2: Descripción de cada espacio del laboratorio de materiales	30
Tabla 2. 3: Descripción de las zonas de trabajo del laboratorio de materiales.	33
Tabla 2. 4: Descripción de codificación de las zonas de trabajo del laboratorio de materiales.	50
Tabla 3. 1: Determinación de Valores porcentuales en materiales utilizados.	64
Tabla 3. 2 Determinación de Costos de Materiales Utilizados.	64
Tabla 3. 3: Costos de producción del equipo anterior expresados en porcentajes.....	65
Tabla 4. 1: Valores de Tiempo aplicados en la Zona A.....	68
Tabla 4. 2: Valores de Tiempo aplicados en la Zona B.	70
Tabla 4. 3. Valores de Tiempo aplicados en la zona C.....	71
Tabla 4. 4: Valores de Tiempo aplicados en la zona D.....	72
Tabla 4. 5: Valores de Tiempo aplicados en la zona E.....	74
Tabla 4. 6: Valores de tiempo aplicados en la Zona F.....	75
Tabla 4. 7: Resultados totales del proceso de producción	76
Tabla 4. 8 Costos de materiales Utilizados.	79
Tabla 4. 9: Costos de producción del equipo Lean en referencia a horas y porcentajes.....	79
Tabla 4. 10: Comparación de Costos de Producción en porcentajes.	80

INDICE DE FIGURAS

Figura.1. 1: : Beneficios de la implementación Lean (Estudio realizado a 300 empresas).....	4
Figura.1. 2: Distribución de tareas SMED en la escudería Williams en la Formula 1	5
Figura.1. 3: Esquema Jidoka de Corrección y detección de Fallos.....	6
Figura.1. 4: Tarjeta Kanban Ejemplo.....	6
Figura.1. 5: Pasos requeridos para la construcción del QFD	7
Figura.1. 6: VSM Ejemplo Control y supervisión de producción	8
Figura.1. 7: Esquema Andon.....	10
Figura.1. 8: 5s.....	11
Figura 2. 1: Layout Actual del laboratorio de Materiales	29
Figura 2. 2: Layout Futuro del Laboratorio de Materiales	31
Figura 2. 3: Delimitación de Zona de Trabajo del Laboratorio de Materiales	32
Figura 2. 4: Demarcación de zonas de trabajo y sentido de circulación del proceso.....	36
Figura 2. 5: Formato de tarjeta Kanban de Producción	46
Figura 2. 6: Formato de tarjeta Kanban de movimiento	47
Figura 2. 7: Modelo de tarjetas Kanban de Proveedores	50
Figura 3. 1: Boceto del tablero de Fibra de carbono	55
Figura 3. 2: Boceto Final con todos los accesorios provistos	54

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. 1: Vehículo Monoplaza Formula SAE 2017	13
Imagen 2. 1: Laboratorio de materiales	16
Imagen 2. 2: Casillero donde se encuentran los materiales y equipos para el proceso	18
Imagen 2. 3: Tablero de herramientas interrumpido por basureros	18
Imagen 2. 4: Mesa de trabajo con desperdicios y elementos innecesarios	19
Imagen 2. 5: Horno para el Curado de la Fibra de Carbono	20
Imagen 2. 6: Layout del Laboratorio de Materiales	28
Imagen 2. 7: Reorganización del laboratorio de materiales	34
Imagen 2. 8: Delimitación de los espacios de trabajo	35
Imagen 2. 9: Señalización con flechas para la circulación	36
Imagen 2. 10: Señalización para el orden de las herramientas.	37
Imagen 2. 11: Luces indicadoras del proceso de producción	37
Imagen 2. 12: Aplicación de Seiri eliminando elementos que ocupan espacio y comodidad	39
Imagen 2. 13: Limpieza del laboratorio de materiales.	40
Imagen 2. 14: Aplicación del orden delimitando los espacios de trabajo en el laboratorio.	40
Imagen 2. 15: Orden de elementos y ubicación de objetos necesarios en la zona de trazado y corte.	41
Imagen 2. 16: Orden y delimitación de una zona de almacenamiento	41
Imagen 2. 17: Zonas del proceso de producción delimitadas	42
Imagen 2. 18: : Colocación de letreros en las zonas.	42
Imagen 2. 19: Tablero Heijunka Asociado al Kanban.	48
Imagen 2. 20: Existencia de error en el proceso	48
Imagen 2. 21: Finalización del proceso	49
Imagen 3. 1: Aplicación de herramientas lean en el laboratorio de materiales (Antes y Después)	52
Imagen 3. 2: Molde en MDF	55

Imagen 3. 3: Traje de protección Personal.....	56
Imagen 3. 4: Proceso de Corte en la Zona A.....	57
Imagen 3. 5: Proceso de vaciado de la pieza antes del curado.....	58
Imagen 3. 6: Zona de Curado (C), Temperatura a 150, tiempo 1h40.	59
Imagen 3. 7: Proceso de desenfundado de la pieza.....	60
Imagen 3. 8: Zona E Proceso de Mecanizado.	61
Imagen 3. 9: Pieza terminada, Tablero en fibra de carbono.....	62

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 2. 1: Distribución de Espacios de Trabajo actual.	17
Diagrama 2. 2: VSM Actual del proceso de producción del tablero de fibra de carbono.....	26
Diagrama 2. 3: Secuencia de Ruta a Aplicar para la Distribución de Espacios de Trabajo.	27
Diagrama 3. 1: VSM establecido con tiempos de producción del equipo anterior.....	54
Diagrama 4. 1: Cadena de Valor (VSM) Actual del Laboratorio de Materiales.....	67
Diagrama 4. 2: Valores de Tiempo aplicados en la Zona A.....	69
Diagrama 4. 3: Valores de Tiempo aplicados en la Zona B.....	71
Diagrama 4. 4: Valores de Tiempo aplicados en la Zona B.....	72
Diagrama 4. 5: Valores de Tiempo aplicados en la Zona D.....	73
Diagrama 4. 6: Valores de Tiempo aplicados en la Zona E.....	75
Diagrama 4. 7: Valores de tiempo aplicados en la zona F.....	76
Diagrama 4. 8: Resultados Totales del Proceso.....	77

INTRODUCCION

Como Formación complementaria al proyecto del Vehículo Monoplaza Formula SAE en la Universidad Politécnica Salesiana se analizó la aplicación de herramientas de manufactura esbelta que optimicen costos y recursos en el proceso productivo.

Actualmente los primeros prototipos fabricados en materiales compuestos por fibra de carbono para el vehículo Fórmula SAE 2017 fueron realizados a gran escala, pero no estuvieron focalizados a un proceso de producción ordenado así que se produjo una enorme cantidad de desperdicios como exceso de inventarios, procesos innecesarios, movimientos extras en la secuencia de trabajo. Estos desperdicios en la línea de fabricación aumentan el tiempo, recursos y costes de fabricación.

Por este motivo el proyecto técnico va dirigido a la implantación de una filosofía de trabajo conocida como Lean Manufacturing originada en Japón por los miembros fundadores de Toyota Motor Corporation. (Liker, 2004) Donde se realizará la fabricación de una autoparte como lo es el tablero en fibra del Vehículo Monoplaza Formula SAE usando las herramientas mencionadas.

Estas herramientas buscarán la optimización de tiempos y recursos, a su vez creando un ambiente de trabajo de calidad y más sencillo de seguir.

Para esta propuesta se construirá una línea de fabricación para la realización del tablero en fibra de carbono además de la construcción de este elemento, con una nueva hoja de ruta que posea la implementación de herramientas, técnicas, requerimientos y condiciones Lean Manufacturing.

Establecida la propuesta se realizará un análisis de tiempos de la primera fabricación en comparación con la construcción con los estándares Lean.

CAPITULO I

1. Estudio del estado del arte sobre el uso de las herramientas LEAN.

1.1. Reseña histórica automovilística con el origen de Lean.

En el periodo de la revolución industrial, se empezó la producción en masa. Se destaca a Frederick W. Taylor, por ser el padre de la gestión científica del trabajo. Henry Ford, por ser el fundador de Ford Motor Company en 1903 y Alfred P. Solan, quien fue nombrado vicepresidente de General Motors en 1918. Todos ellos dominaban el mercado americano automovilístico, ya que fabricaban vehículos en masa. A partir de ese momento comenzaría el declive de la producción en masa y daría paso a un nuevo modelo. (Madariaga, Francisco, 2013)

Un sistema de producción de Toyota (TPS), fue creado por 3 miembros de la familia Toyoda en colaboración con el ingeniero Taiichi Ohno en 1950. Ellos formaban parte de la empresa de automóviles Toyota. Sakichi Toyoda dedicó su vida al mundo de los telares. Él fue quien inventó el telar de madera más sencillo de utilizar. En su viaje a Estados Unidos le llamo la atención el auge de los automóviles y cuando regreso a su país, su idea fue madurando con el fin de desarrollar la industria del automóvil en Japón. (Madariaga, Francisco, 2013)

Pasaron los años y Sakichi pudo patentar su telar automático. El mismo que tenía un mecanismo que detectaba una falla por la rotura del hilo y éste se paraba automáticamente. Sakichi encargó la venta de su patente a su hijo.

Las percepciones dadas por el ingenio de Sakichi y su máquina con parada automática, tendrían un lugar muy importante para la creación de un nuevo sistema de Toyota conocido como el Jidoka (Herramienta de Lean manufacturing donde la automatización es hecha por la máquina, pero controlada por la persona). (Madariaga, Francisco, 2013)

Kiichiro Toyoda en 1929 viajo a Estados Unidos con el fin de vender la patente de su padre y también con el afán de visualizar las compañías de vehículos en el país. Kiichiro logró vender la patente por un millón de yenes. Posteriormente habló con su padre y analizaron la viabilidad de invertir el dinero en investigación de factibilidad de producir automóviles en Japón y competir con

Ford y GM, compañías como mayor presencia en ese entonces en Japón. (Madariaga, Francisco, 2013)

Sakichi logró fabricar su primer prototipo de auto en 1935. Luego de esto llegó a construir otro prototipo de camión en 1937. (Madariaga, Francisco, 2013)

Es ahí cuando se le otorga por primera vez la mención del Just in Time; la idea consistía en eliminar desperdicios, pero fabricando todo a medida y a tiempo.

Luego de la segunda guerra mundial la empresa entró en crisis llevándolos a despedir a 1.600 empleados. Entonces cuando Kiichiro deja la presidencia de la empresa, entra a manos de su primo Eiji Toyoda. Eiji viajó a Estados Unidos con el fin de visitar la producción en masa de Ford; luego de analizar las técnicas aplicadas concluyó que no estaban disponibles y no eran aplicables para satisfacer las necesidades del mercado japonés. Eiji apoyó a la búsqueda de una nueva alternativa para la producción en masa, todo basado en las ideas de Sakichi y Kiichiro. (Madariaga, Francisco, 2013)

En 1932 Taiichi Ohno ingresó a trabajar en la empresa de Toyoda Spinning and Weaving; en 1943 fue trasladado a Toyota Motor Company. Ohno fue quien desarrolló un nuevo sistema de producción y en 1978 Taiichi publicó el libro Toyota Seisan Hoshiki (producción total Toyota). (Madariaga, Francisco, 2013)

1.2. Lean Manufacturing.

Basado primordialmente en la disciplina del trabajo; pretende una mejora continua con la optimización en todos los sistemas de producción. Se focaliza en identificar cuáles son los desperdicios que más generan pérdidas y valor al producto; es decir, refiere a actividades que utilizan recursos en cantidades sobredimensionadas en relación a lo estrictamente necesario. (Juan Carlos Hernandez Matias, 2013)

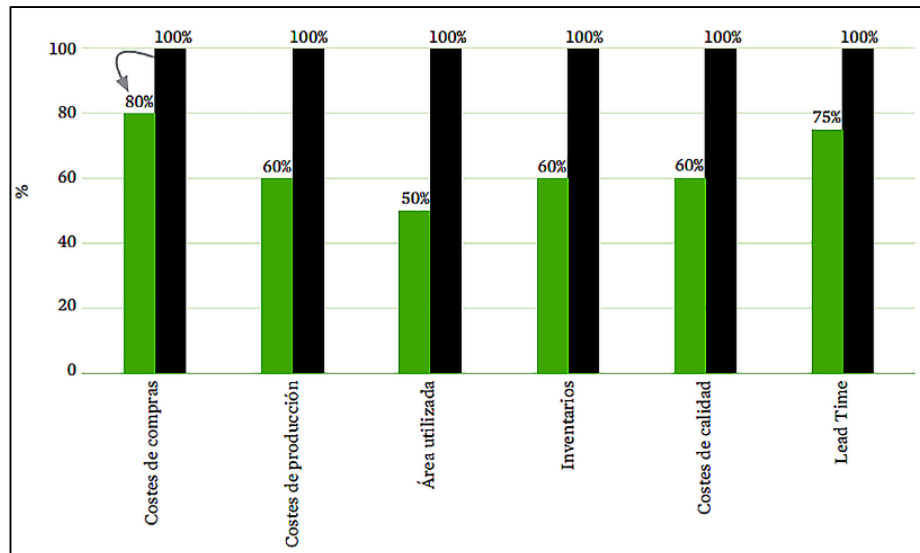


Figura.1. 1: Beneficios de la implementación Lean (Estudio realizado a 300 empresas)

Fuente: (Juan Carlos Hernandez Matias, 2013)

1.2.1. Siete tipos de desperdicios de manufactura esbelta.

Para un mejor entendimiento sobre los desperdicios que menciona Lean se detalla a continuación cada uno de ellos. . (Correa, Francisco Gonzales, 2007)

- **Sobreproducción.** Fabricar por encima de lo pedido.
- **Inventario.** Sobrepasar productos en stock.
- **Transporte.** Generar gastos de transporte sin que se necesiten.
- **Espera.** Limita un retraso y costos adicionales.
- **Movimiento.** Actividades de movimientos innecesarios de los operarios.
- **Sobre procesamiento.** Trabajar de más en el producto.
- **Corrección.** Implica tiempo y un re trabajo en el producto

1.3. Herramientas del Lean Manufacturing para la producción

1.3.1. SMED (Cambios rápidos)

El SMED nombrado así por su significado en inglés Single Minute Exchange of Die es un proceso referente a los cambios de manera fácil y rápida. En donde se incluyen procedimientos técnicos bien documentados, preparación de máquinas y herramientas para optimizar tiempos de espera. El SMED puede tener ciertas ventajas tales como:

- Reducir tiempo de cambio y desperdicios de arranques, entre procesos.
- Los cambios deben ser repetibles y en un alto nivel de desempeño.
- Incrementar tiempo en operación de la máquina.
- Mantener alto el desempeño después del cambio, produciendo: BIEN A LA PRIMERA VEZ. (Correa, Francisco Gonzales, 2007)

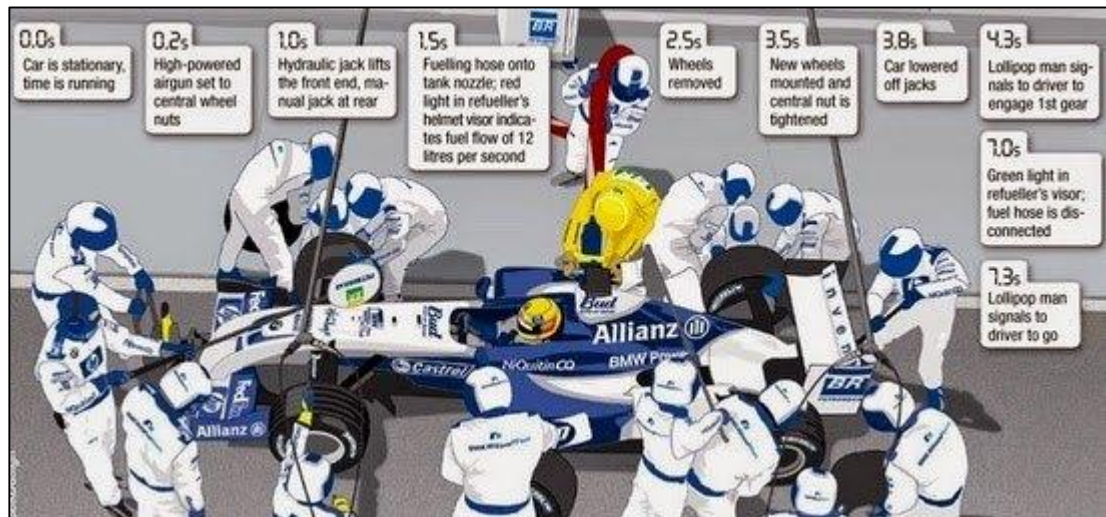


Figura.1. 2: Distribución de tareas SMED en la escudería Williams en la Formula 1

Fuente: (Quora, 2016)

1.3.2. JIDOKA (Calidad Total)

El termino Jidoka se puede definir como automatización con toque humano. Esto viene dado por el fundador de Toyota, Sakichi Toyoda.

En lo que se refiere al toque humano; la máquina puede trabajar bajo la tutela y supervisión de un operador. (Corporation, Toyota Motor, 1995 - 2018)

El termino de calidad total enfatiza a la satisfacción de lo que el cliente pide de la misma manera se refiera con los empleados. Todo va en referencia a los costos de producción, intentando hacerlos de la manera más mínima posible. En fin se focaliza en obtener un producto final que garantiza la calidad de todo su trabajo o proceso. (Manuel Rajadell Carreras, 2010)

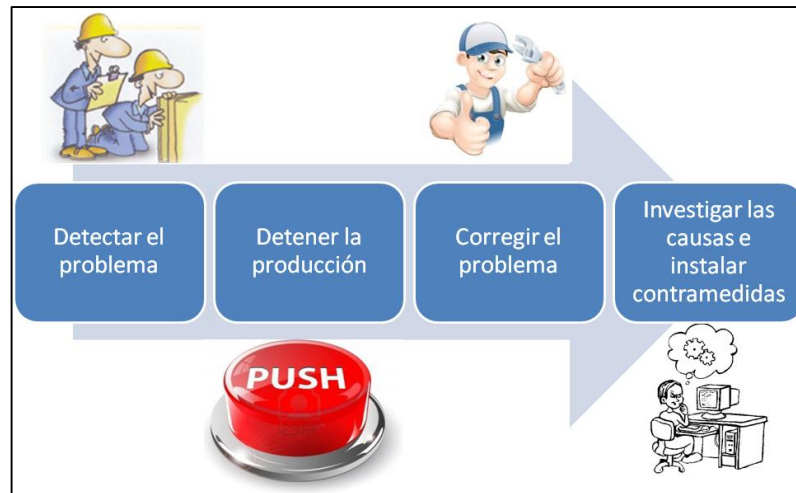


Figura.1. 3: Esquema jidoka de corrección y detección de fallos

Fuente: (Plata, Juan Manuel Peña, 2013)

1.3.3. KANBAN

El Kanban (o tarjeta señalizadora) implica la generación de una señal visual para indicar la existencia de nuevos bloques o áreas de trabajo que pueden ser comenzados. Esta herramienta parece muy sencilla, aun así, cambia todos los aspectos y educación de una empresa. (Skarin, Henrik Kniberg & Mattias, 2010).

Además, es un sistema de producción usado por el TPS y basado en el just in time, también conocido como método de supermercado, esto quiere decir que cada elemento debe tener una especificación como nombre, código, ubicación o almacenamiento. Este sistema da como resultado los artículos que necesitan el cliente en la cantidad y momento justo. (Toyota Motor Manufacturing, 2006 - 2018).



Figura.1. 4: Ejemplo de tarjeta Kanban.

Fuente: (Leanroots, 2018)

1.4. Técnicas Usadas en la Manufactura esbelta.

1.4.1. QFD (Matriz de Función de Calidad).

El QFD propone elaborar matrices, en las cuales pueden contener las necesidades del cliente o consumidor final. Abarca requerimientos estrictamente apropiados y especiales. La empresa para la satisfacción del consumidor final, debe incorporar al diseño del producto un estándar de calidad. Considerando todas las etapas de cada proceso durante la fabricación de un producto.

A esto se lo puede llamar pensamiento Lean, porque identifica y reconoce que el producto necesariamente tiene que estar diseñado de forma que se logre demostrar su calidad final. La propuesta del QFD, define integrar toda la información disponible. Utilizando la tecnología adecuada y las condiciones de todos los procesos industriales de la empresa.

La metodología propone valorar cuantitativamente las características y funciones que se deben añadir al diseñar un producto o servicio. (Progresia Lean, 2017)

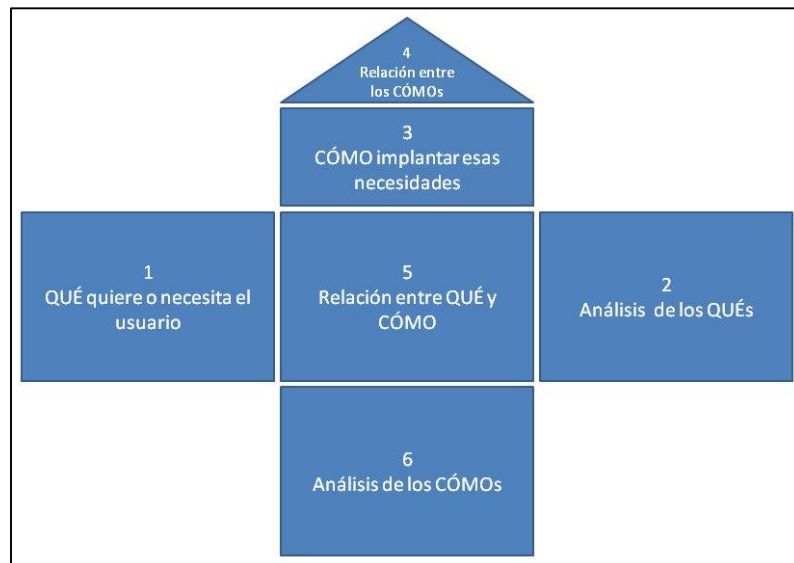


Figura.1. 5: Pasos requeridos para la construcción del QFD

Fuente: (Bernal, Jorge Jimeno, 2012)

1.4.2. VSM

El VSM conocido por su significado en inglés Value Stream Mapping refiera a un mapeo del funcionamiento de una empresa. Esto abarca desde que el material ingresa a la planta hasta que es comercializado al consumidor final. El termino mapeo de un

VSM refiere a un seguimiento de información continua o periódica de cada uno de los procesos. Lo que plantea un VSM es crear de manera simple un esquema grafico en donde se visualicen todas las actividades referentes para la obtención de un producto. (Correa, Francisco Gonzales, 2007)

Una vez implantado dicho esquema de la cadena de valor se identifican ciertas acciones que no dan valor añadido a un producto, permitiendo eliminarlas. El entendimiento de un VSM depende mucho del conocimiento de los procesos que se desarrollan en una empresa. Las ventajas que brinda esta herramienta de Manufactura Esbelta es ayudar al conocimiento profundo al que está sometido un producto en su proceso de fabricación, de la misma manera ayuda a identificar en donde se puede realizar mejorar o eliminar desperdicios. (Manuel Rajadell Carreras, 2010)

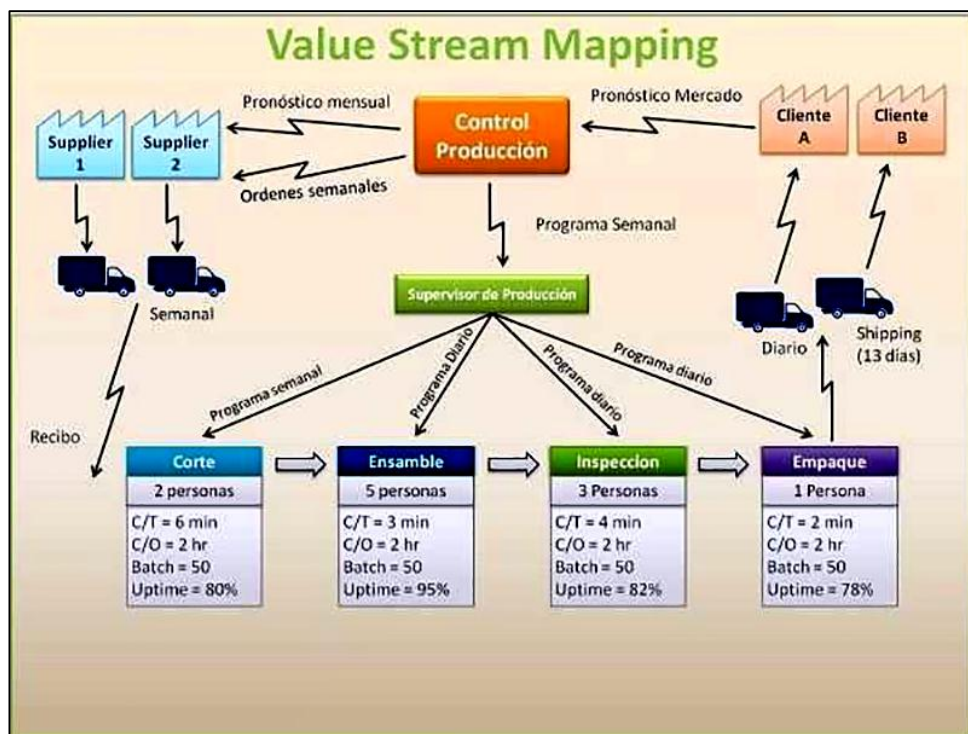


Figura.1. 6: VSM Ejemplo de un control y supervisión de producción

Fuente: (Manufactura Inteligente, 2008)

1.4.3. TRIZ

El TRIZ nombrado también como la teoría de la resolución innovativa de problemas en innovación y creatividad. Abarca de manera simultánea principios y condiciones a tener en cuenta para analizar todo tipo de problemas. Luego se aplican soluciones con nuevos métodos inventivos. (Bustamante, Juan Pastor, 2012)

Lo mencionado anteriormente dictamina que la herramienta TRIZ, puede ayudar a encontrar posibles soluciones a un problema con la ayuda de una matriz de correlación. En si esto puede ayudar a mejorar el sistema, o también puede empeorarlo. (Bustamante, Juan Pastor, 2012)

1.5. Requerimientos para los procesos de producción en la Manufactura

Esbelta

1.5.1. Takt Time

Conocido también como tiempo de ciclo, se lo nombra por su procedencia alemana takeit. Relaciona a un tiempo de trabajo que debe ser medido en toda la planta de manufactura.

Un takttime define que los productos fabricados deben ser terminados en un tiempo especificado para así garantizar la demanda deseada. (manufacturainteligente 2008-2015., 2008)

1.5.2. Justo a Tiempo (Just in Time)

Este término relaciona la cantidad de productos a fabricar con el tiempo y la demanda especificada por el cliente, para ello es indispensable crear un plan de producción detallado.

Con dicha definición se establece que se pueden eliminar todo tipo de desperdicios así como las actividades innecesarias y poder cumplir con los requisitos que nos da un resultado de un mejor proceso. (Toyota Motor Manufacturing, 2006 - 2018)

Se puede mejorar un flujo continuo de la producción, todo esto puede lograrse desde que ingresan los materiales hasta el final del proceso de producción. Pudiendo garantizar la producción adecuada en un tiempo determinado. (Negrón, David Muñoz, 2009)

1.5.3. Fábrica Visual

El termino de fábrica visual, vincula el lugar de trabajo en donde se pueden encontrar de manera más fácil las operaciones a realizar. Es decir, pretende visualizar información crítica en lugares específicos de trabajo. Puede estar mencionado como carteleras, señales u otros medios. (Brady Worldwide Inc, 2012).

1.5.4. Andon

Definido como una señal de luz, puede estar representado por lámparas. En el TPS (Toyota Production System), significa la existencia de alguna anomalía en el proceso de producción. Puede estar representado por lámparas de colores que cuando se enciendan indiquen el resultado de alguna avería o necesidad de ayuda. (Guerrero, Julio, 2017).

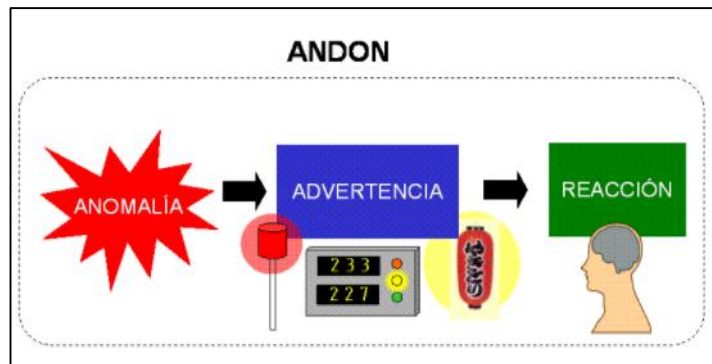


Figura.1. 7: Esquema andon

Fuente: (Guerrero, Julio, 2017)

1.6. Condiciones y reglas sujetas al Lean Manufacturing

1.6.1. 5s

Una de las condiciones para que se cumpla el funcionamiento de Lean viene dado por las 5s, conocido, así como por sus palabras en japonés. : (Piris, Adriana, 2014)

- (Seiri). - Todo debe tener un espacio y ser clasificado.
- (Seiton). - La existencia del orden en toda área.
- (Seiso). – Un lugar limpio garantiza la calidad del producto.
- (Seiketsu). – Determina una limpieza estandarizada.
- (Shitsuke). – Para mantener las cuatro anteriores debe existir disciplina.

Lo mencionado anteriormente indica un fundamento de producción en donde la aplicación de las 5s representa de manera significativa una productividad industrial y una disciplina que puede llevar al éxito si se lo aplica de manera diaria. De la misma manera si no existe una estandarización en el modelo de 5s no se puede aplicar manufactura esbelta y como tal no se pueden observar resultados. : (Piris, Adriana, 2014)

No es que las 5S sean características exclusivas de la cultura japonesa. Todos los no japoneses practican las cinco “S” en su vida personal y en numerosas oportunidades pasan desapercibidas.



Figura.1. 8: 5s

Fuente: (Piris, Adriana, 2014)

1.6.2. Kaizen

Determinado como un mejoramiento continuo, y descrito por su significado en japonés “Buen Cambio”, ésta herramienta permite identificar variables en donde pueden resultar ser críticas para el proceso de producción. En si como su significado lo indica, busca mejorar de forma continua o diaria los diferentes procesos o áreas en donde existan posibilidades de mejoramiento. (Manufactura Inteligente, 2008)

Para la obtención de mejoras se puede aplicar equipos que vayan de acuerdo a la optimización de cada proceso. La mejora continua pretende garantizar un proceso de

calidad con la optimización de costos y recursos. Esto también se lo puede lograr con modificaciones simples que se pueden realizar diariamente.

Al aplicar las mejoras continuas por más pequeñas que sean, estas garantizan conseguir las metas plateadas por la empresa. Teniendo en cuenta que se deben analizar los cambios que se van a realizar, puesto que estos deben estar sometidos a cambios futuros y que siempre contemplen la productividad, calidad y seguridad de la empresa. (Manufactura Inteligente, 2008)

Para la iniciación de las mejoras continuas existe el llamado círculo de Deming o PDCA (Plan Do Check Act).

Planear (Plan). – Identificar los problemas y establecer un plan de compensación.

Hacer (Do). – Una vez establecido el plan de compensación se comienza la ejecución del mismo.

Verificar (Check). – En un periodo de tiempo se analizan los resultados obtenidos.

Actuar (Act). – Con los resultados obtenidos si se desea alguna otra mejora se debe iniciar con un nuevo plan. (Manufactura Inteligente, 2008)

1.7. Lean Manufacturing a Nivel Mundial.

1.7.1. Toyota Production System (TPS)

Toyota es una famosa empresa fabricante de vehículos. Produce automóviles de calidad mundial a precios competitivos con una ética de gestión durante el proceso de fabricación, administrando equipos, recursos y personal enfatizando con el fin de obtener más eficiencia. (Toyota Motor Manufacturing, 2006 - 2018)

1.8. Lean manufacturing a Nivel de Latino América.

Se han desarrollado estudios en los que se han aplicado las herramientas de Lean Manufacturing a nivel de Latino América en diversos países. La tesis de (Fernandez Castro, 2012), propuso un mejoramiento en todo el proceso de producción en una empresa de asientos automotrices. La empresa implementó herramientas lean, logrando la reducción del tiempo que no agregan valor a al proceso e incrementando la tasa de producción de una empresa.

1.9. Lean Manufacturing a Nivel Nacional.

En el país el término de Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta, poco a poco está empezando a tomar forma; todo esto gracias al desarrollo y a la de investigación de proyectos de aplicación, tal como lo expresa (Javier, 2015) en un diseño de reingeniería en servicios del área técnica en un establecimiento automotriz en la ciudad de Guayaquil. Se analizó la situación actual del área técnica de trabajo determinando problema que afectaban a empleados y clientes. En este proyecto se implementó una condición de lean conocida como 5s y demostraron con la aplicación de dicha regla se puede mejorar el servicio y cambiar la imagen en el taller.

Por otra parte, en la ciudad de Cuenca las universidades comienzan a implantar la filosofía de Lean, como lo redacta (Isabel, 2010), en donde diseña una guía para implementar un sistema de manufactura esbelta en una empresa. El estudio plantea aplicar una condición importante como 5s, disminuyendo desperdicios e incrementando la producción.

1.10. Formula Student (SAE)

El programa SAE International Formula SAE es una competencia de diseño de ingeniería para estudiantes de pregrado y posgrado. La competencia ofrece a los participantes una opción de mejoramiento de habilidades de diseño de ingeniería y gestión de proyectos mediante la aplicación de teorías aprendidas en el aula. El objetivo es fabricar un vehículo monoplaza de carrera para un piloto no profesional. Se usan los mejores paquetes CAD, CAM, CAE, al igual que un riguroso análisis de costos de fiabilidad y factibilidad. (International, 2018)



Imagen 1. 1: Vehículo monoplaza formula SAE 2017

Fuente: Autores

CAPITULO II

2. Determinación de las herramientas de manufactura esbelta, para la construcción del tablero en fibra de carbono.

El objetivo principal del proyecto es la producción del tablero en fibra de carbono del vehículo monoplaza Fórmula SAE aplicando herramientas Lean Manufacturing.

Se empieza elaborando una hoja de ruta enfocada a cada zona de trabajo en torno a la geometría del laboratorio. De acuerdo con el espacio utilizado para la producción del tablero anterior, se analizará y se identificará en qué lugares se aplicarán las condiciones de las herramientas de manufactura esbelta, para la optimización de despilfarros.

En el siguiente capítulo serán establecidas las herramientas a aplicar en el proceso de producción, para mayor entendimiento se detallarán los conceptos y la utilización de cada una de ellas.

2.1. Aspectos generales para la ejecución e implantación del plan de Manufactura Esbelta.

En relación con la factibilidad de aplicar las herramientas mencionadas en distintos campos, se puede decir que existen personas expertas que determinan que aplicar los conceptos, técnicas y requerimientos de lean, facilitan un mejor control de calidad.

La aplicación lleva a una mejora continua de cada proceso o lugar de trabajo; es decir que se puede aplicar en distintos sectores y empresas. Se lo puede realizar de forma periódica o secuencial, llegando a controlar cada etapa del proceso.

Pero así de la misma manera para que esto se cumpla, es necesario tomar en cuenta ciertos requerimientos que son indispensables, tales como: las 5s, que pretende un mejoramiento en el ambiente laboral, así como también la aplicación del SMED, que determina la reducción de ciertos tiempos de producción.

Todo esto debe estar ordenado desde que la materia prima ingresa al área de trabajo hasta que se obtenga el producto final. Todo va de forma jerarquizada, con esto se puede encontrar como eliminar desperdicios y como se los puede mejorar.

En si los aspectos generales van de la mano con los hábitos de cada encargado de cierta etapa del proceso, si se lo aplica a una empresa es necesario tener en cuenta la inversión que se dará a esta formación cultural para seguir logrando la mejora de cada proyecto.

2.2. Etapas para la ejecución e implantación del plan de Lean

Lean Manufacturing depende de una organización en la cual se puede detallar cada proceso a realizar, para esto se implementa una hoja de ruta que puede estar constituida por una secuencia de etapas o fases que permiten determinar cuál puede ser el mejor camino para llegar a la implementación de Lean.

Dependiendo del lugar, sector o empresa en la que se lo vaya a implementar pueden variar las etapas. Teniendo en cuenta que siempre se debe tomar un máximo, con esto posteriormente se podrá identificar en qué etapa se ocasionan despilfarros o aumentos de tiempos que pueden llegar a obstaculizar el tiempo total estimado para llegar al producto final.

Las etapas para lograr una hoja de ruta correcta pueden ser variadas, en este caso se consideran los siguientes aspectos: (Juan Carlos Hernandez Matias, 2013)

- Determinar mediante diagrama de bloques una secuencia utilizada anteriormente.
- Visualizar la implementación de herramientas lean en espacios de trabajo.
- Reorganizar un diagrama de bloques con Lean ya aplicado.
- Adicionar los requerimientos de lean, (5s, SMED).
- Realizar un seguimiento periódico enfocado a nuevas hojas de rutas.
- Identificar las mejoras continuas en ciertos periodos de tiempo.

Para el proceso de producción del tablero se trabajará elaborando un mapeo “actual” de la zona de trabajo, en este caso del laboratorio de materiales.

La hoja de ruta la será realizada en base al anexo 1, en donde se explican los tiempos utilizados en ciertos procesos de producción, la guía serán las condiciones actuales del laboratorio detallando las zonas de trabajo.

2.2.1. Elaboración de la hoja de ruta.



Imagen 2. 1: Laboratorio de materiales

Fuente: Autores

En la Imagen 2.1 se ilustra una fotografía que demuestra el estado del laboratorio de materiales, en ella se observa un orden no especificado de cada espacio de trabajo y evidentemente esto significa un aumento considerable de desperdicios de materiales y de tiempo por actividades innecesarias y la falta de orden.

La obtención de la hoja de ruta actual tendrá en cuenta como están distribuidos los lugares de trabajo en la Imagen 10, para posteriormente analizar la reorganización de cada uno de ellos.

2.2.2. Hoja de Ruta actual en secuencia de Bloques de cada espacio de trabajo.

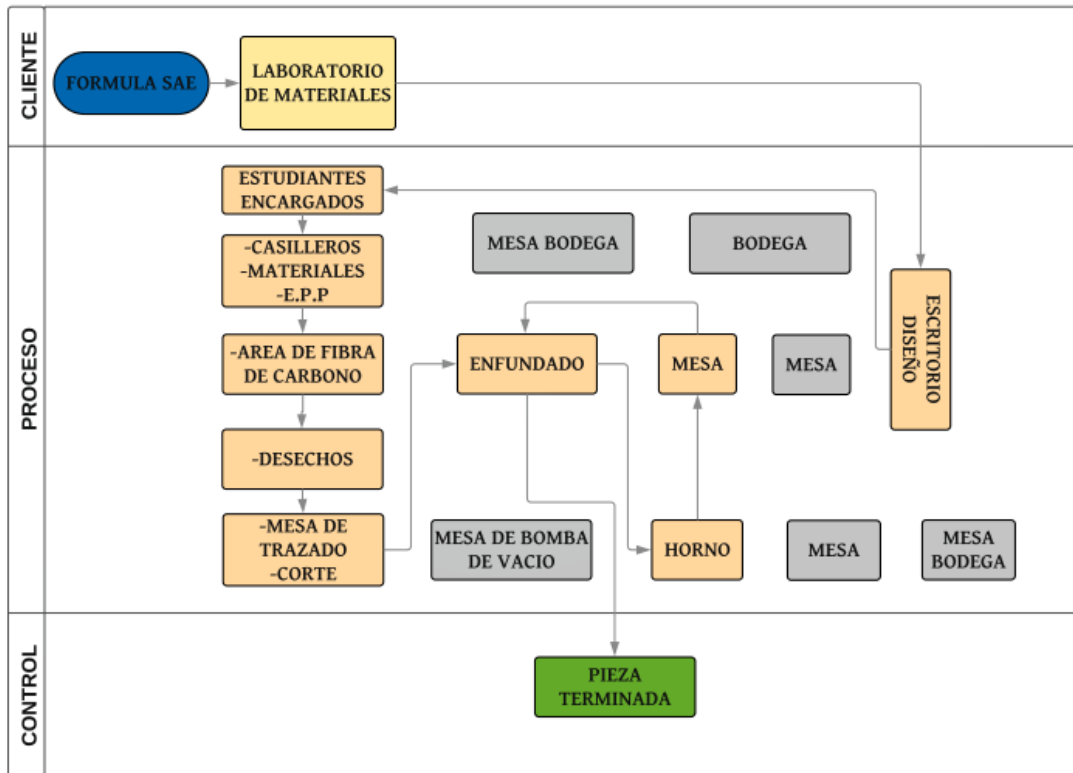


Diagrama 2. 1: Distribución de espacios de trabajo actual.

Fuente: Autores

En el diagrama 2.1, se observa una ruta determinada actual según los espacios de trabajo para el proceso de producción del tablero u otros elementos en fibra de carbono, para el método de laminado al vacío y curado en horno.

A continuación, se detallará brevemente la distribución de este espacio y su respectivo proceso.

Al ingreso del laboratorio se observa un espacio de casilleros (imagen 2.2), en donde se puede encontrar materiales y equipos de trabajo para seguridad del personal. Seguidamente se encuentra un espacio para materiales en rollo tales como: como fibra de carbono, fibra de vidrio, plástico para vacío, algodón, etc.



Imagen 2. 2: Casillero donde se encuentran los materiales y equipos para el proceso

Fuente: Autores

En el siguiente punto existe una zona para la colocación de herramientas necesarias para el uso durante el proceso de producción, este espacio se encuentra en un acceso interrumpido por el espacio de los basureros y de la mesa de trabajo, en la imagen 2.3 muestra el estado de lo mencionado.



Imagen 2. 3: Tablero de herramientas interrumpido por basureros

Fuente: Autores

El espacio de la mesa de trabajo debe estar debidamente limpio, ordenado y sin interrupciones externas, por lo que no se debe tener material bajo la misma, salvo que sea de uso inmediato para el proceso de producción.

En la imagen 2.4, se observa como debajo de la mesa de trabajo existen depósitos con rollos de material y de restos de los mismos además de elementos que no forman parte del proceso.



Imagen 2. 4: Mesa de trabajo con desperdicios y elementos innecesarios

Fuente: Autores

En la siguiente etapa se tiene la mesa para el vaciado. Posterior a dicho proceso se observa en la imagen 2.5 el horno, cuya función es la del curado del material, finalmente en el espacio de enfriamiento, se obtiene la pieza casi terminada, pero con residuos que necesariamente se deben eliminar, antes de obtener la pieza final.



Imagen 2. 5: Horno para el curado de la fibra de carbono

Fuente: Autores

2.3. Análisis del laboratorio de materiales mediante un (VSM)

Previo a la implementación de la manufactura esbelta en todos los espacios se usará la herramienta Lean de diagnóstico de procesos de fabricación, como lo es el VSM. En donde se podrá observar que actividad no agrega valor al producto con la distribución actual del Laboratorio de Materiales.

Una vez aplicada esta herramienta podremos obtener acciones de mejora para nuestro proceso de construcción.

2.3.1. Atributos de usar un VSM

El proceso de gestión de flujo de valor respalda la transformación en una empresa eficiente.

Esto proporciona una estructura que asegura que los miembros del equipo Lean están haciendo las cosas bien. Utilizando un formato grafico que establece el VSM, se encuentra incluido las fortalezas de métodos probados para resolver problemas. (Shuker, 2003)

En el libro de Don Tapping se establece los atributos y ventajas que determinan la implantación de un VSM:

- Proporciona un proceso estructurado.
- El equipo de trabajo reconoce lo que tiene que hacer de principio a fin.
- Incorpora informes de presentación y de gestión.
- Proporciona de manera simple una comunicación visual.

- La realización de permutas y reajustes se reflejan mientras se generan.
- Proporciona comunicaciones claras y concisas entre la gerencia y equipos de las áreas de administración, todo abarcando las perspectivas de Lean, además sobre la labor real y la efusión de inquisición.

Según (Gracia Rivas, 2013) establece etapas para implementar paso a paso un VSM que agregue valor a un proceso de producción. Dichas etapas se las mencionan a continuación.

-Etapa 1.

Identificar la familia del producto, Aquí se selecciona a un grupo de personal que sepa del proceso que se va a mapear. Deben analizar el proceso o sistematización, tratando de identificar todos los aspectos necesarios.

-Etapa 2

Representar el mapa VSM del estado actual, Aquí se realiza un diagrama de flujo o mapa del estado actual de la producción que muestra todos aspectos de los procesos y métodos de labor como presentemente existen. Esto es muy necesario para deducir los requerimientos para la permuta y para obtener los puntos importantes de mejora.

-Etapa 3


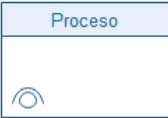
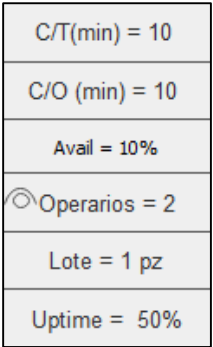
Representar mapa VSM del estado futuro, Una producción se denomina esbelta cuando se establece que un proceso se realiza solamente cuando se lo necesita y de forma que se requiera. Influye de manera continua desde que el cliente realiza el pedido hasta que la materia prima contenga un flujo prudente que garantice el tiempo de producción con un valor agregado mínimo, satisfaciendo una calidad alta y a menor costo.

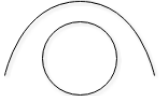



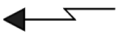
- Etapa 4


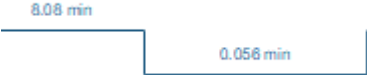
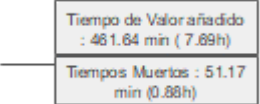


Plan de acciones. Implementación del estado futuro.



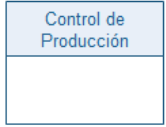


2.3.2. Simbología utilizada en el VSM

Tabla 2. 1: Simbología estándar del VSM.

SIMBOLOGIA	REPRESENTACION	OBSERVACIONES
	<p>Expresa un proceso u origen de la cadena de valor. (VSM)</p>	<p>Limita el destino del proceso o hacia donde está enfocado el producto.</p>
	<p>Indica el tipo de proceso de fabricación dependiendo el número de operarios asignados por turno, en la gráfica se muestran 3 operarios.</p>	<p>El número de operarios puede variar de acuerdo con el tipo de proceso a realizar.</p>
	<p>Representa un bloque de parámetros. Esto abarca toda la información de proceso de producción.</p> <p>C/T (Tiempo de ciclo), define la suma de los tiempos totales de cada proceso.</p> <p>C/O (Tiempo de Cambio), define el tiempo de espera de un proceso a otro. (Tiempo muerto)</p> <p>Lote, muestra la cantidad de piezas que se producen.</p> <p>Avail, Indica un porcentaje de utilización de producción de las maquinas.</p> <p>Uptime, identifica de manera porcentual, las veces a realizar mejoras.</p>	<p>El bloque se puede representar en la parte inferior del proceso.</p>

SIMBOLOGIA	REPRESENTACION	OBSERVACIONES
	<p>Define el número de operarios que trabajan en la zona.</p>	
	<p>Significa inventario. Interpreta un espacio en donde se acumula el material generando una interrupción.</p>	<p>En este punto se puede indicar el total de material o piezas que se encuentran en stock.</p>
	<p>Representa el envío de transporte de la materia prima.</p>	<p>Puede indicar la periodicidad de envíos y la cantidad de transporte.</p>
	<p>Expresa el movimiento de información de manera manual (papeles, documentos, etc.).</p>	<p>El sentido de las flechas puede cambiar de acuerdo con la dirección del departamento o zona de trabajo al que este dirigido los documentos.</p>
	<p>Significa el movimiento de información de manera electrónica. (EDI, email,).</p>	<p>De la misma manera el sentido puede variar de acuerdo con el departamento hacia donde sea destinada la información.</p>

SIMBOLOGIA	REPRESENTACION	OBSERVACIONES
	<p>Push, (empujar), Define el movimiento de las piezas de un lugar a otro sin importar la acumulación de piezas.</p>	<p>Pueden acumularse las piezas hasta que la siguiente estación las recojan.</p>
	<p>Time segment, (Línea de tiempo), Muestra los tiempos (C/T) y (C/O).</p>	
	<p>Timeline Total, (Línea de tiempo total), indica la suma total de (C/T) y (C/O).</p>	
	<p>Kanban de transporte, indica la necesidad de mover hacia otro lugar las piezas finalizadas.</p>	<p>Se lo aplica comúnmente para transporte en lotes.</p>
	<p>Kaisen, Representa las mejoras continuas en una línea de producción. Por lo general se colocan sobre la zona o área a realizar la mejora.</p>	

SIMBOLOGIA	REPRESENTACION	OBSERVACIONES
	<p>Kanban de producción, indica una señal específica para iniciar la producción de una pieza.</p>	
	<p>Supermercado con retirada sin necesidad de Kanban de transporte, expresa un espacio de ubicación de materiales, en donde se pueden retirar materiales de forma inmediata.</p>	<p>Ayuda a disminuir inventarios, y tiempos agregados en recogida de materiales.</p>
	<p>Punto en donde inicia el proceso de control. Recibe información de todo lo que está realizando, aquí se lo procesa y crea otra inquisición para el mejor manejo del movimiento de materiales.</p>	<p>Puede recibir información de forma digital o en documentos físicos.</p>
	<p>Señal de Kanban, indica la existencia de tarjetas Kanban.</p>	
	<p>Kanban Post, lugar de colocación de Kanban.</p>	

Fuente: (Shuker, 2003).

En la etapa uno se seleccionó a estudiantes del equipo de F-SAE familiarizados con el proceso de fabricación en fibra de carbono en donde supieron dar pautas para la construcción del tablero.

Como segundo punto se procede a realizar el VSM actual, donde se obtiene la distribución de todos los espacios del laboratorio y a su vez el lugar designado de realización de cada proceso.

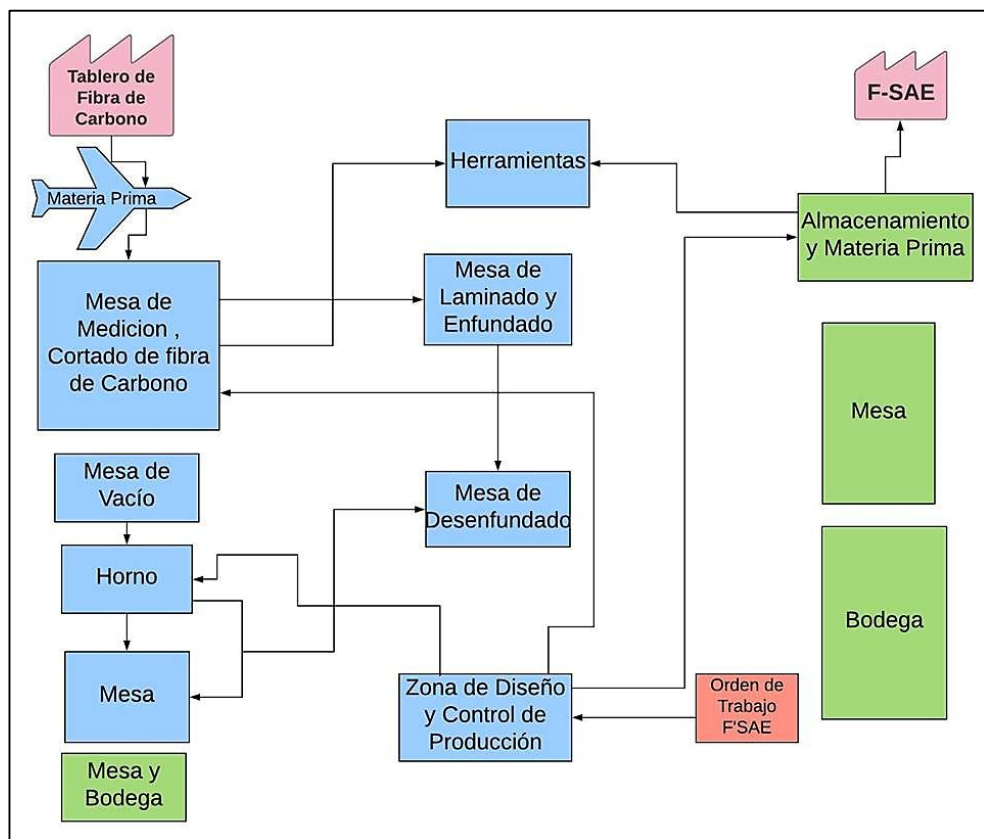


Diagrama 2. 2: VSM Actual del proceso de producción del tablero de fibra de carbono.

Fuente: Autores

Con este VSM actual se fabricó el primer prototipo del tablero y sirvió de prueba para analizar cuáles son los desperdicios que quitan valor al producto, en este proceso se pudo descubrir que el espacio está mal distribuido y no posee un orden además existen espacios de trabajo que quedan sobrando o no se les da la utilización adecuada.

2.4. Secuencia de bloques propuesta para cada espacio de trabajo.

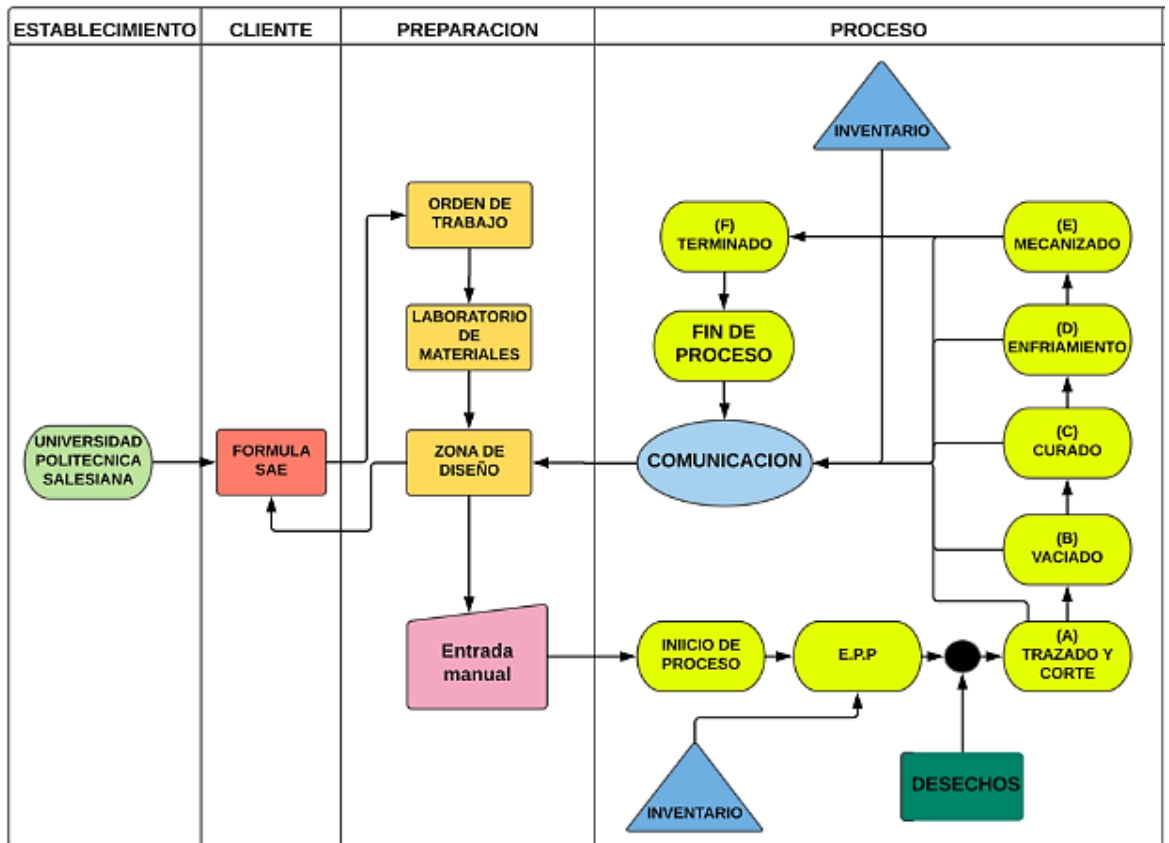


Diagrama 2. 3: Secuencia de ruta a aplicar para la distribución de espacios de trabajo.

Fuente: Autores

En el diagrama 2.3 se puede observar una secuencia a aplicar, en donde se ordena el espacio de una manera más cómoda y óptima para realizar el proceso de producción. El proceso empieza en el guarda almacén que hace la entrega de la llave del laboratorio.

En el ingreso del laboratorio se podrá observar la señalización del mismo. Para realizar el trabajo se contará con unos casilleros en donde se encuentran los equipos de protección personal (EPP) que deben ser usados en el proceso. En el siguiente punto se ubicarán las herramientas y materiales a ser utilizados. Una vez hecha la selección de la materia prima y herramientas, se procederá al trazado y corte en la mesa de trabajo. El laboratorio cuenta con un espacio de desperdicios cerca de la zona.

En la siguiente estación, el elemento pasará a la zona de vaciado en donde las partes cortadas se colocarán en orden para cubrir las con un plástico resistente al calor y así lograr evacuar todo el aire existente en su interior. Posteriormente ingresará a un horno, cuya temperatura y tiempo deben ser establecidos de acuerdo al fabricante de la fibra de carbono. Aquí los materiales utilizados se endurecerán.

Al finalizar el proceso de curado de la fibra de carbono, al elemento se lo colocará en la zona de enfriamiento y una vez frío se eliminará el resto de materiales sobrantes para dar los últimos detalles a la autoparte fabricada.

2.4.1. Esquema de distribución de espacios de trabajo (Layout).

De forma general, la distribución de espacios para cada zona de trabajo, debe realizarse de acuerdo a una hoja de ruta que describa cual es el proceso a continuar para la fabricación de un elemento. Si existiera el caso de que las zonas de trabajo se encuentren con una distribución anormal, esto puede causar un problema en el proceso de producción, pues existieran aumentos de tiempo, choques de personal, en si problemas que afectarían a la calidad y al control de tiempos estimados para la finalización del producto.

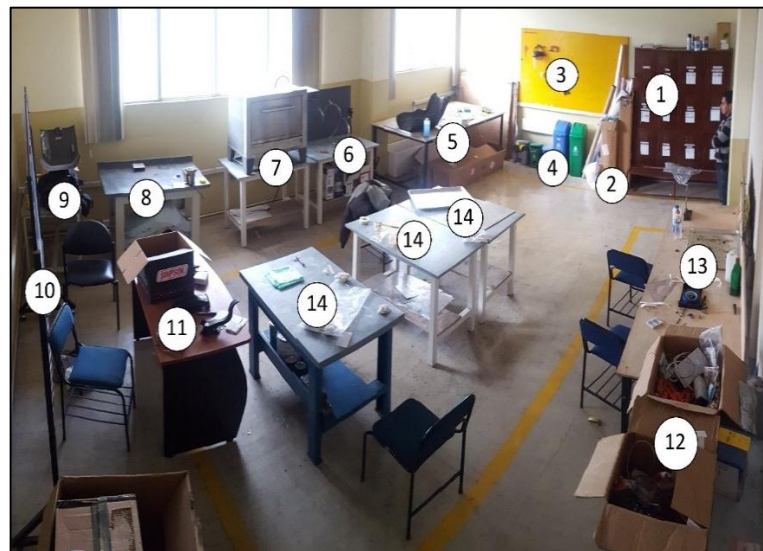


Imagen 2. 6: Layout del laboratorio de materiales

Fuente: Autores

Para la distribución de espacios de trabajo, se analiza con un gráfico que demuestre la ubicación actual de todas las zonas, entorno a toda la geografía del laboratorio.

Se evalúa un layout, el mismo ayuda a reordenar las zonas de acuerdo con las funciones principales del laboratorio.

En la figura 2.1 se ilustra un layout actual del laboratorio de materiales. En donde se puede observar cómo se encuentran las áreas de trabajo. De la misma manera se muestra de forma numerada cada elemento considerado importante para el uso del laboratorio y del proceso. De acuerdo con la Imagen 2.6 se puede considerar que los espacios no se encuentran debidamente organizados. Comenzando el análisis desde el ingreso al laboratorio se observa que este espacio contiene una puerta doble, por lo que se debe considerar importante puesto que en caso de emergencias resulta ser la única salida.

En el layout ilustrado a continuación se observa que solamente se abre una puerta, es decir la evacuación en caso de emergencia resultaría ser dificultosa. Cada detalle que pueda afectar a la seguridad y salud ocupacional del personal será considerado a la hora de reorganizar el laboratorio.

2.4.2. Layout laboratorio de materiales

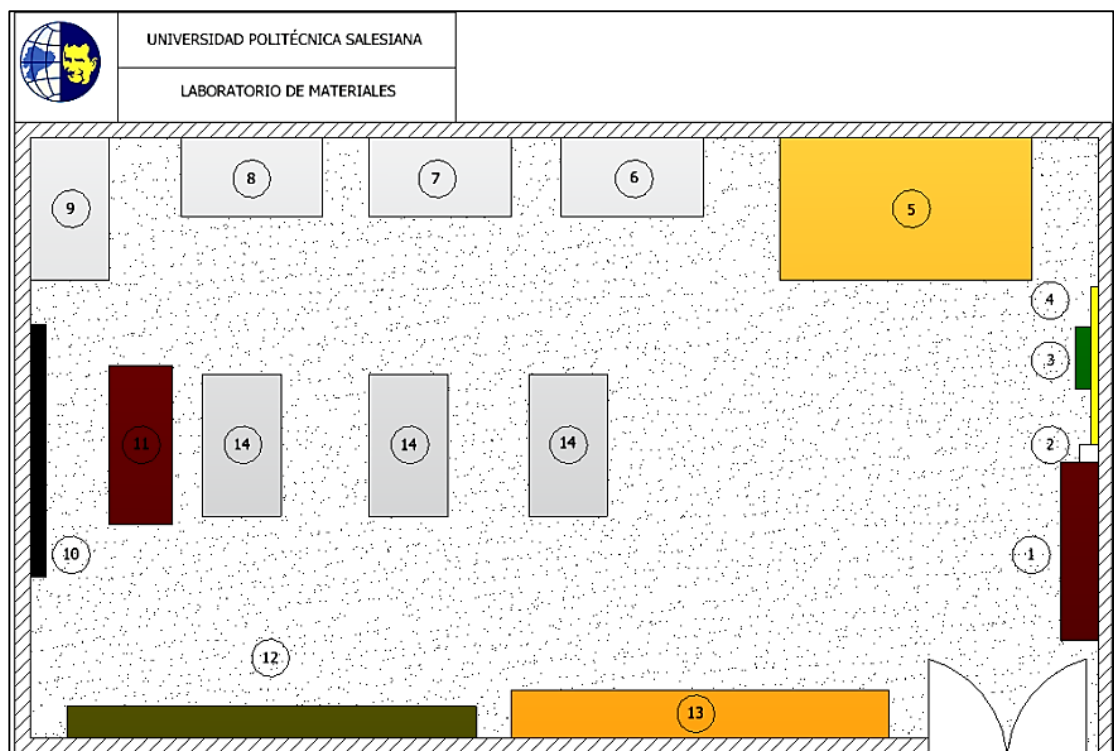


Figura 2. 1: Layout actual del laboratorio de materiales

Fuente: Autores

Tabla 2. 2: Descripción de cada espacio del laboratorio de materiales

LABORATORIO DE MATERIALES		
NUMERAL	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
1	Casillero de materiales e insumos.	Obstaculiza el ingreso por una de las puertas.
2	Zona de materiales relacionados a fibra de carbono.	Espacio pequeño.
3	Basureros.	Obstaculiza el acceso al tablero de herramientas.
4	Tablero de herramientas.	Mayormente vacío.
5	Mesa de trabajo para materiales compuestos.	Por debajo existen restos de material utilizable.
6	Mesa para bomba de vacío y compresor de aire.	Ninguna
7	Horno eléctrico.	Ninguna
8	Mesa de trabajo post horneado.	Ninguna
9	Mesa pequeña de trabajo.	Con documentos varios
10	Pizarrón.	Ninguna
11	Escritorio.	Con documentos varios
12	Cercha de materiales varios.	Existen Componentes que no tienen afín con el laboratorio.
13	Mesa grande con tablero de madera.	Ninguno.
14	Mesas pequeñas de trabajo.	Con restos de material usado.

Fuente: Autores

Para obtener un layout bien estructurado, necesariamente se debe realizar varios modelos. Pues cada uno de ellos tiene que ser evaluado para lograr encontrar posibles dificultades antes de ser aplicado.

Cuando exista una ruta completa que pueda satisfacer las necesidades de las operaciones trabajadas en el laboratorio, sin que pueda existir algún retraso en el producto, entonces ahí el layout está listo para ser puesto en práctica. Sin embargo, no se puede justificar que este método aplicado sea el definitivo y el correcto, pues siempre van a existir mejoras con el avance de la tecnología, es decir con la implementación de nuevas áreas de trabajo mucho más sofisticadas que puedan necesitar más espacio o personal. Es ahí en donde se vuelve un círculo el layout, siempre debe estar en un control periódico.

2.4.3. Aplicación del layout.

En base a lo mencionado con anterioridad se logró llegar al modelo de distribución de planta que verifique con los aspectos obligatorios para el proceso de producción en el laboratorio de materiales. Según los procesos que se efectúan en el laboratorio de materiales se logró establecer el siguiente layout.

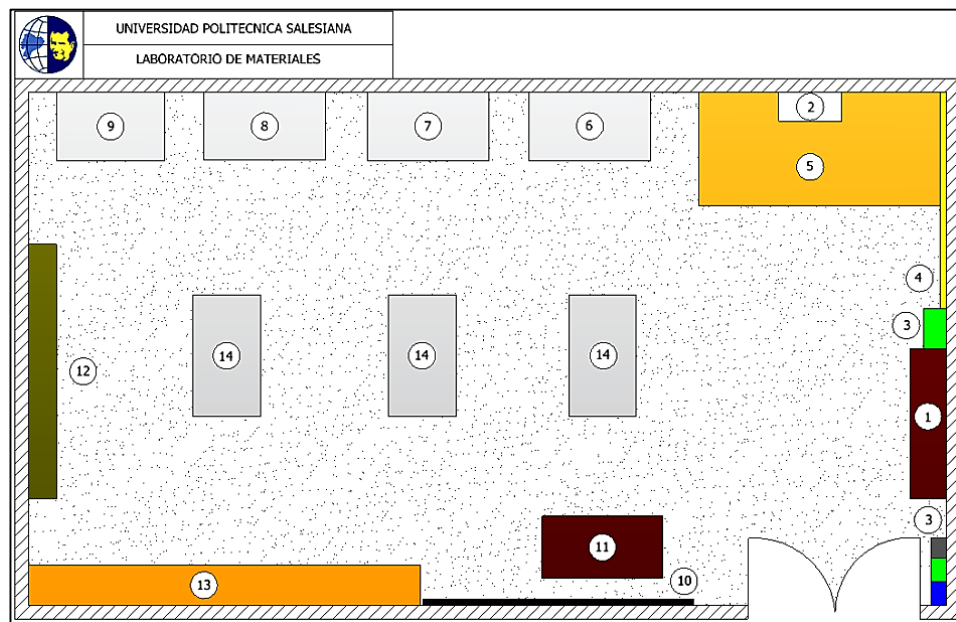


Figura 2. 2: Layout futuro del laboratorio de materiales

Fuente: Autores

En base a lo obtenido se puede delimitar ahora las zonas de trabajo, dichas zonas demuestran la organización y la posible comunicación que podrán tener ciertas áreas durante el proceso, es decir si un elemento que se desea fabricar obligatoriamente tiene que ingresar por la zona de diseño, para luego continuar con el proceso correspondiente, si en tal caso el operario que está realizando el proceso se encuentra con alguna anomalía en el diseño, necesariamente requerirá comunicación con el diseñador, es por esta razón que se requiere delimitar las zonas de trabajo.

2.4.4. Descripción de las zonas de trabajo.

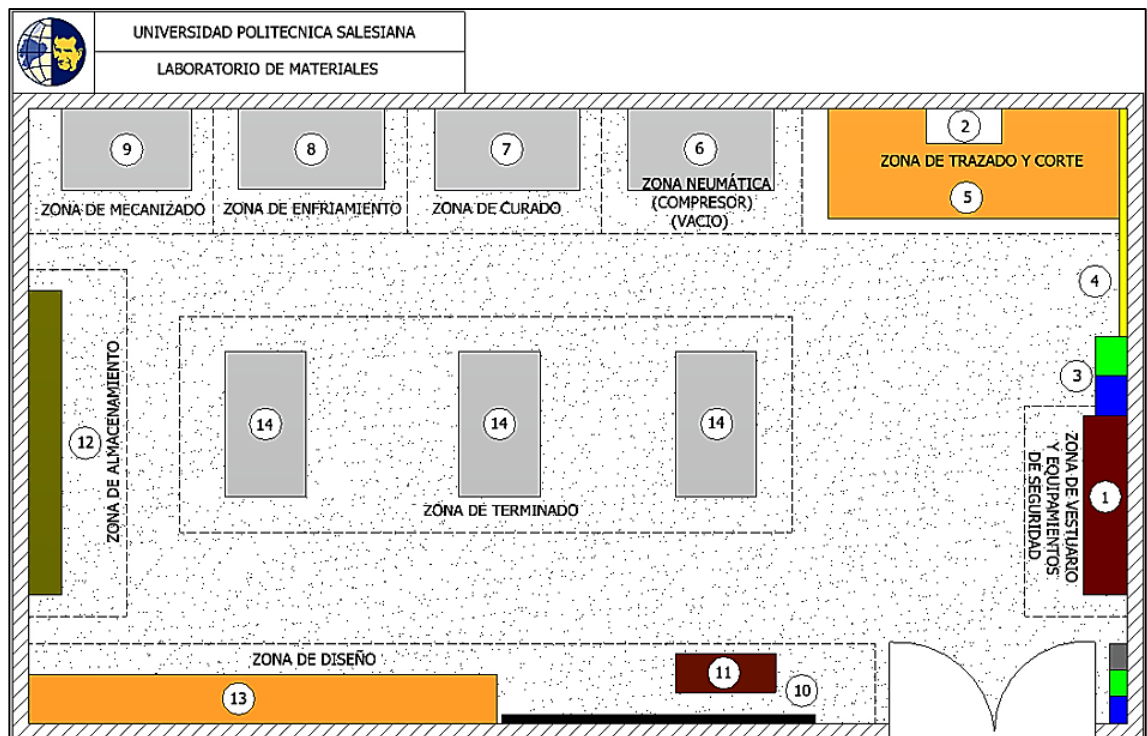


Figura 2. 3: Delimitación de zona de trabajo del laboratorio de materiales

Fuente: Autores

Tabla 2. 3: Descripción de las zonas de trabajo del laboratorio de materiales.

ESPACIOS	ZONA	DESCRIPCION
1	Vestuario y Equipamiento de Seguridad.	Posee todos los equipos e implementos necesarios para satisfacer la seguridad y salud ocupacional del personal.
10	Diseño	Establece todos los parámetros necesarios que se debe aplicar en el diseño, tales como planos, materiales a utilizar y recursos humanos a considerar. Posee dos mesas de trabajo con sillas en cada puesto y una pizarra.
11		
13		
2	Trazado y Corte	Dispuesto de una mesa grande de trabajo con reglas establecidas que pueden facilitar las medidas y señalización para su posterior cortado. Posee un basurero.
3		
5		
6	Neumática (Compresor) (Vacío)	Área delimitada para el uso de maquinaria neumática, tales como compresor y bomba de vacío.
7	Curado	Posee un Horno con un controlador electrónico, este horno es utilizado para procesos de curado.
8	Enfriamiento	Mesa dispuesta para el proceso de enfriamiento de la pieza.
9	Mecanizado	Mesa en cuyo espacio se realizan mecanizados antes de dirigirse a la zona de terminado.
14	Terminado	Espacio dispuesto de mesas con el fin de establecer el control de terminado de la pieza y comunicación entre la zona de diseño y las demás zonas de procesos.
12	Almacenamiento	Zona destinada al almacenamiento de materiales e insumos que están dispuestos para el uso y fabricación de piezas.

Fuente: Autores



Imagen 2. 7: Reorganización del laboratorio de materiales

Fuente: Autores.

Con la determinación de las zonas de trabajo como se lo observa en la Imagen 2.7, se puede comenzar con el análisis del seguimiento del proceso, para esto necesariamente se debe conocer conceptos relacionados a señalización en seguridad y salud ocupacional, normas que rigen dicha señalización, como la Norma técnica ecuatoriana INEN 439:1984, y tener claro el concepto de Fábrica Visual.

2.5. Fábrica Visual

Según la Dr. (Galsworth, 2017) de Visual Workplace Visual thinking, la definición de fábrica visual determina un ambiente de trabajo auto ordenado, exploratorio y regulado que expresa una mejora en un ambiente en donde no se conocen muy a fondo los procesos, para esto utiliza métodos y recursos visuales.

Un entendimiento sencillo para la percepción de donde se encuentran las cosas o herramientas, lleva a un concepto de lo que significa el control visual. Se lo identifica por cualquier medio de aviso, colocado en diferentes zonas de trabajo.

Según (Lefcovich, 2008), un control visual es usado para dictar información en diferentes áreas de trabajo, y se lo expresa de la siguiente manera:

- Identificación del lugar de los recursos a utilizar.
- La cantidad de elementos en cada espacio.
- Conocimiento sobre la ejecución de un proceso estándar.
- conocimiento del estado del proceso.
- El mejor tránsito en el interior de las instalaciones y bodegas.

Ahora se ha observado que es factible la implementación de la herramienta fábrica visual en la propuesta. Esto se da debido a que el laboratorio no cuenta con un orden para el proceso de construcción de elementos en fibra de carbono, ni la señalización adecuada para ejecutar dichos procesos.

Para comenzar con esta implementación se debe primero reordenar el laboratorio con las hojas de rutas establecidas. Una vez establecido el layout se puede analizar los entornos de fábrica visual del laboratorio. Inicialmente la limitación de cada zona de trabajo da una manera más fácil de establecer la ruta que seguirá el proceso. Se puede demarcar con líneas amarillas los espacios de cada una de ellas y se dará a entender por dónde puede circular el personal.

Las líneas naranjas determinan el espacio a utilizar en cada proceso, en la imagen 2.8 se muestra el estado del laboratorio.



Imagen 2. 8: Delimitación de los espacios de trabajo

Fuente: Autores

De la misma manera como se muestra en la imagen 2.8 la colocación de flechas en el piso indica el sentido de circulación del personal en el proceso, esto ayuda a que no existan confusiones al momento de la producción.



Imagen 2. 9: Señalización con flechas para la circulación

Fuente: Autores

En la figura 2.4 se muestra el layout definitivo del laboratorio de materiales, en donde se observa la señalética de pisos aplicada.

Un layout no siempre va a ser el definitivo, pues puede variar con una mejora de forma periódica. Puede variar su establecimiento conforme se agreguen o quiten equipos o maquinaria de trabajo.

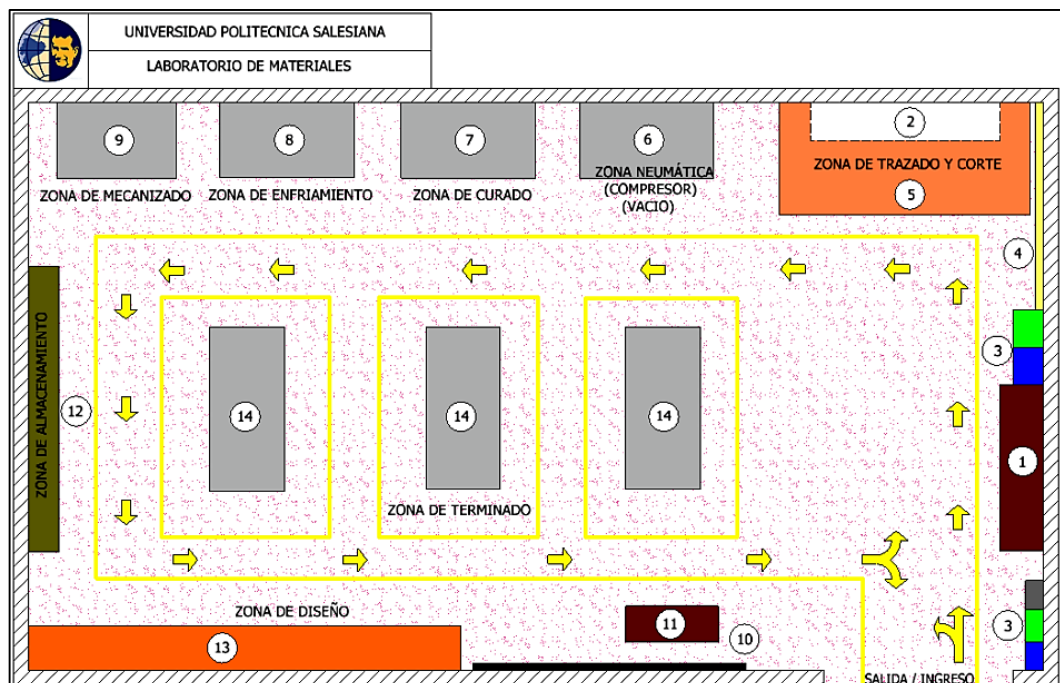


Figura 2. 4: Demarcación de zonas de trabajo y sentido de circulación del proceso.

Fuente: Autores

Otro método usado en la fábrica visual es el orden y señalización (imagen 2.10). El conocer donde están ubicados los insumos y las herramientas ayuda a no desperdiciar el tiempo al buscarlos y ayuda a un mejor inventario de los mismos.



Imagen 2. 10: Señalización para el orden de las herramientas.

Fuente: Autores

En fábrica visual pueden destacar varias formas de identificación de elementos, para la propuesta se utilizaron indicadores luminosos. Estos indican el estado del proceso de producción.

En primera instancia la luz verde expresa que el proceso de producción se está realizando correctamente y que existe gente en el laboratorio trabajando. El indicador de luz roja pretende una advertencia, esta significa que estará restringido el acceso al laboratorio debido a que la fibra de carbono se encuentra en etapa de curado. En la imagen 2.11 se muestran los indicadores luminosos.



Imagen 2. 11: Luces indicadoras del proceso de producción.

Fuente: Autores

2.6. Las 5s

Las 5s son una de las condiciones y reglas sujetas a Lean Manufacturing; el orden, limpieza y organización en la producción es su objetivo principal, dicha herramienta se la conoce por sus cinco palabras japonesas que comienzan con “s”; lo primordial de cada palabra indica que para implementar Lean se debe tener muy en claro su significado, como el de clasificar cada cosa, la de mantener un orden específico para cada material, eliminar todo lo que no tenga que ver con un proceso o que ocupe espacio y por ultimo mantener una disciplina.

Según se menciona en el proyecto de (Javier Cobos, Javier Ruiz, 2016), para la implementación de la herramienta de las 5s no es necesario la intervención de una gran cantidad de dinero, sino más bien se caracteriza por su entendimiento sencillo y su garantía en los resultados sin que sobresalten decisivamente a la eficiencia de una empresa. Para ellos se describen algunos aspectos que no mejoran la imagen del lugar de trabajo y de la empresa si no se aplican las 5s.

- La suciedad interviene mucho en el aspecto de la planta, herramientas, máquinas, etc.
- Conocimiento inexacto de las operaciones.
- Desmotivación por parte del personal en cada zona laboral.
- Circulación innecesaria del personal o de materiales.
- Una mala distribución de espacio de trabajo afecta al ambiente laboral.

A continuación, se detallará la aplicación de las 5s en el laboratorio de materiales y como en su evaluación concederá los resultados esperados.

2.6.1. Seiri

La palabra seiri significa clasificar, de la misma manera indica que se debe eliminar todo material o residuos que sean innecesarios y que puedan afectar al desarrollo de proceso en cualquier zona de trabajo. Así mismo, si se tiene elementos que son indispensables para el proceso se lo debe clasificar de acuerdo a su uso. (Javier Cobos, Javier Ruiz, 2016)

En el laboratorio de materiales se aplicó la técnica de clasificar, donde todo elemento que no perteneciera al proceso de producción no debía estar en la línea de fabricación. Dichos elementos fueron llevados a otro laboratorio o cambiado de lugar.

Como se observa en la Imagen 2.12, los elementos que no son relacionados con el proceso de producción del tablero en fibra de carbono fueron clasificados y eliminados.

Al aplicar el pensamiento Lean, los elementos que no son útiles para el proceso utilizan espacio y reducen comodidad para un proceso de calidad.

Tal como se observa en la imagen 2.12 los moldes en fibra de vidrio de asientos y sus prototipos en fibra de carbono no son necesarios en el laboratorio.



Imagen 2. 12: Aplicación de seiri eliminando elementos que ocupan espacio y comodidad

Fuente: Autores

2.6.2. Seiton

Según. (Javier Cobos, Javier Ruiz, 2016) La herramienta Seiton que quiere decir ordenar. Determina la organización de todo el entorno de trabajo con el fin de localizar de manera fácil diferentes recursos. Con la implantación del orden se logra determinar los siguientes comportamientos:

- Delimitar cada zona laboral, las áreas de paso y almacenaje.
- Contar con espacios definidos para herramientas.
- Establecer la filosofía de ordenar cada elemento en su lugar.

Ahora para la implantación del orden en el laboratorio, primero se empezó con el layout y la delimitación de cada zona de trabajo.

Una vez establecidas las condiciones de orden y un layout definitivo para el trabajo, se optó por los siguientes puntos:

1. Limpieza del laboratorio (imagen 2.13), para eliminar todo tipo de basura, suciedad y polvo, es indispensable en la aplicación de la primera S.



Imagen 2. 13: Limpieza del laboratorio de materiales.

Fuente: Autores

2. El orden ayuda a encontrar con más facilidad herramientas, materiales, etc; además, en la imagen 2.14, se puede identificar cada zona de trabajo, y los diferentes equipos de protección que se requieren en cada zona en comparación con la aplicación de orden al proceso de manufactura.



Imagen 2. 14: Aplicación del orden delimitando los espacios de trabajo en el laboratorio.

Fuente: Autores

3. Para cada zona de trabajo es necesario que existan las herramientas lo más cercanas posibles. En cuanto a los materiales, para eliminar tiempos de espera, es aconsejable tenerlos en la misma zona, siempre y cuando sea la cantidad necesaria. Tal es el caso de la imagen 2.15, donde la zona de corte la cual se ha denominado como “Zona A”. Este espacio fue adecuado con los materiales necesarios al alcance de los operarios.



Imagen 2. 15: Orden de elementos y ubicación de objetos necesarios en la zona de trazado y corte.

Fuente: Autores

4. Una herramienta de lean muy utilizada en cualquier zona de trabajo y que va asociada con 5s es la técnica de supermercado. Como lo indica la imagen 2.16, el área para el almacenamiento en donde se encuentran materiales e insumos para cada área de trabajo, fue organizada aplicando la técnica de supermercado. Asimismo, existen herramientas especiales que no necesariamente deben estar en el tablero.



Imagen 2. 16: Orden y delimitación de una zona de almacenamiento.

Fuente: Autores

5. Para cada área de trabajo se estableció indicadores. Los indicadores ayudan a identificar de manera más fácil que materiales corresponden a cada zona; esto se lo puedo apreciar en la imagen 2.17.



Imagen 2. 17: Zonas del proceso de producción delimitadas

Fuente: Autores

6. Se ubicó señalética que indiquen las zonas de trabajo, como lo se señala en la imagen 2.18.



Imagen 2. 18: Colocación de letreros en las zonas.

Fuente: Autores

Para evitar la redundancia de fotografías de todo el laboratorio, se han mostrado los espacios más importantes y así identificar los beneficios conseguidos por esta herramienta. Para continuar con el orden y mantener mejoras continuas se aplican las herramientas de 5s.

2.6.3. Seiso

La limpieza y la inspección es lo que establece el seiso. Para que se cumpla esta condición es necesario definir los problemas para luego suprimirlos, teniendo que anticiparse a la prevención de más problemas. (Javier Cobos, Javier Ruiz, 2016)

Para conseguir el objetivo se tiene en cuenta lo siguiente:

- Mantener limpios los lugares de trabajo y hacer de esto un hábito diario.
- La limpieza debe ser una labor diaria y constante.
- Identificar con atención los lugares en donde se produce más suciedad al realizar el proceso.

Para la implantación de limpieza e inspección, el personal que ingrese en el laboratorio debe ser previamente capacitado y conocer el proceso. Además, deberá manejar la información que facilitará el seguimiento de los procesos realizados en el laboratorio. Para sustentar la aplicación de inspección y limpieza el uso de fábrica visual y Kanban apoyan para una mejora en los diferentes procesos de control. Estas herramientas lean garantizarán la mejora continua durante el transcurso de los periodos de producción.

2.6.4. Seiketsu

Para garantizar una perdurabilidad se debe haber aplicado con éxito las primeras “s”, en base a esto se puede mantener una estandarización de lo realizado. (Javier Cobos, 2016)

Los beneficios obtenidos con esta herramienta son los siguientes:

Ventajas.

- Entendimiento de toda la planta.
- Incentivación de mantener limpios los lugares de trabajo.

- Cada adecuación realizada correctamente permite un tiempo de intervención en menos tiempo.

Al momento de una correcta aplicación de los tres conceptos de 5s en el laboratorio de materiales, se ha conseguido estandarizar todo el proceso de producción teniéndolo de una manera sistematizada y ordenada, para la fabricación de geometrías simples de fibra de carbono. A su vez el personal capacitado para el proceso adquirirá hábitos de limpieza para mantener dicho espacio en las mejores condiciones, ayudando a tener los sitios de trabajo siempre en orden.

2.6.5. Shitsuke

Para la mantención continuamente diaria de los espacios laborales se necesita que el personal sea disciplinado con todo lo que tiene que ver con limpieza. De manera que se logre motivar hacia una cultura de auto limpieza. (Javier Cobos, Javier Ruiz, 2016)

En fin, la implantación del shitsuke establece:

- Un mejoramiento de autocontrol en el uso de los recursos del establecimiento.
- Motivación en el ambiente laboral para la mejora en los procesos.

Con la aplicación de las 5s en el laboratorio de materiales, el personal que ingrese al laboratorio para el proceso de producción en fibra de carbono debe ser capacitado en el entendimiento y aplicación estricta de las 5s. La disciplina y el autocontrol puede mantener una mejora continua (KAIZEN), cuidado de recursos y será cada vez más factible, fiable y sustentable el uso de laboratorios del área automotriz, basados en la metodología indicada en las 5s.

2.7. Aplicación del KANBAN al proceso de producción.

El sistema de producción de Toyota y el sistema Kanban fue desarrollado por el vicepresidente de Toyota Motor Company. Sr. Taiichi Ohno, y fue bajo su guía que estos sistemas únicos de producción se han convertido profundamente arraigado en Toyota Motor Company en los últimos 20 años. Hay dos principales características distintivas en estos sistemas. Una de ellas es la producción justo a tiempo, un factor especialmente importante en una industria de ensamblaje, como la fabricación de automóviles.

En este tipo de producción, se destaca lo siguiente:

Primero: “Fabricar productos necesarios, de acuerdo a la demanda especificada. Las existencias disponibles se mantienen hasta un mínimo.

Segundo: Un sistema de respeto a los operarios donde ellos pueden exhibir sus capacidades por completo a través de la participación activa. (Y. SUGIMORI, 2007).

2.7.1. Definición de KANBAN.

El termino Kanban es un término japonés que significa (Kan = Visual) y (ban = Tarjeta), cuyo método se enfoca en analizar una cadena de montaje revisando el tiempo en cada uno de los procesos. Además, se encarga de controlar la cantidad de producción sin que exista desperdicio alguno. Si en algún caso ocurre ciertos problemas en alguna estación de trabajo las tarjetas visuales Kanban no pueden ser llevadas al siguiente nivel sin que se corrijan dichos problemas. El Kanban analiza de manera simultánea un control de calidad, es decir el proceso realizado en una estación x no puede dar paso a la siguiente estación si los elementos no se encuentran bien establecidos.

Las tarjetas Kanban pretenden mejorar la comunicación entre operarios. La visualización depende del tipo de Kanban aplicado, en si limita inventarios que pueden tomar demasiado tiempo hacerlos. De la misma manera evita generar la implantación de sistemas computarizados, en donde los costos pueden superar a la simplicidad de manejo y organización del Kanban.

En esta propuesta se realizó un análisis del manejo del Kanban dentro del laboratorio. Llegando a obtener un sistema que contiene un tablero, en donde se puedan colocar las tarjetas de acuerdo a los procesos.

A continuación, se muestran los tipos de Kanban utilizados en esta propuesta.

2.7.2. Tipos de KANBAN

2.7.2.1. Kanban de producción.

Los Kanban de producción, se traducen en tarjetas u órdenes de trabajo. Se usan principalmente para establecer una cantidad de productos a realizar. Teniendo en cuenta que estas tarjetas pueden variar de acuerdo con el tipo de producto a fabricar.

En el caso del tablero de fibra de carbono se estableció un formato de tarjeta Kanban, en donde específicamente dicha tarjeta, funciona solamente para ese proceso. Si se requiere más elementos de los mismos se pueden colocar en el tablero heijunka el número de tarjetas que representen la cantidad requerida por el cliente.

En la figura 2.5 se puede observar un formato de tarjeta Kanban de producción de acuerdo al producto a realizar. Además de la tarjeta se puede adicionar una orden de trabajo en donde se especifiquen con más detalles los materiales a utilizar y planos del producto.


TARJETA KANBAN DE PRODUCCION	
	Nombre del producto: Tablero del Vehículo F. SAE
	Material: Fibra de Carbono Prepreg
	Procesos: A, B, C, D, E, F
Cantidad: 1	Continuar con los procesos hasta su finalización.

Figura 2. 5: Formato de tarjeta Kanban de Producción.

Fuente: Autores

2.7.2.2. Kanban de Transporte.

Los Kanban de movimiento sirven como señalización para que el operario encargado del transporte sepa que el producto está listo para ser llevado hacia otra estación. De la misma manera como en el Kanban de producción, puede estar representado por tarjetas. Esto ocasionalmente se lo usa para empresas en donde realizan manufacturas en lotes, y los productos tiene que ser llevados en montacargas.

En el caso de esta propuesta, el Kanban de movimiento esta aplicado en el laboratorio de materiales. Esto implica que no necesariamente se debe tener un encargado extra para su transporte, ya que los movimientos entre zonas son relativamente cercanos.

Para ello se ha establecido en cada zona un formato de Kanban de movimiento que indique que el proceso realizado en una zona x, está listo para ser llevado a la siguiente estación.

En la figura 2.6 se muestra el formato aplicado para el Kanban de movimiento en el laboratorio de materiales.

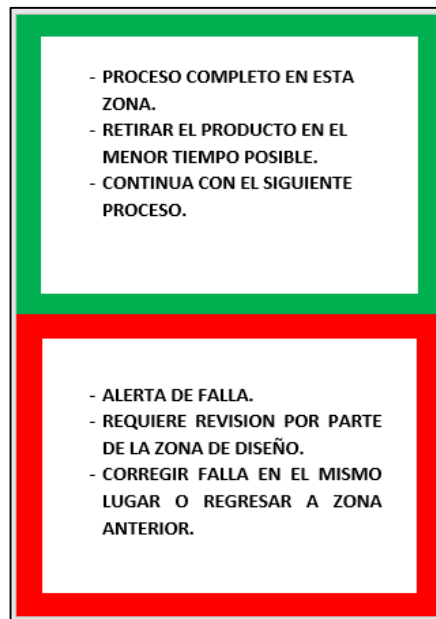


Figura 2. 6: Formato de tarjeta Kanban de movimiento.

Fuente: Autores

2.7.3. Producción Nivelada (Heijunka) Asociado al Kanban

2.7.3.1. Definición de Heijunka

(Bautista, Bautista, & Rosas, 2010) En su trabajo de titulación sobre el desarrollo de una metodología para implantar Manufactura Esbelta enfocado principalmente en mejoras continuas, expresa que Lean tiende a ser una metodóloga que puede ser optada por diferentes campos de producción siempre que tengan que ver con un cliente y un tiempo de entrega específico.

Es decir, muestra un espacio en donde indique cual es la nivelación de la producción; puede establecerse con tarjetas de distintos colores y códigos, que expresen el estado en el que se encuentra el producto.

Para el caso de esta propuesta se optó por un sistema heijunka que cuenta con un tablero en donde se identifican mediante tarjetas de tres diferentes colores, (verde = En proceso), (Celeste = standby) y (Rojo = Falla). En el tablero existen ranuras para colocar dichas tarjetas y así obtener información del estado de la producción.

En la imagen 2.19 se muestra el tablero heijunka aplicado en el laboratorio de materiales. Este tablero ayuda de manera simultánea al uso del Kanban para comenzar con el proceso.



Imagen 2. 19: Tablero Heijunka Asociado al Kanban.

Fuente: Autores

2.7.4. Funcionamiento de tarjetas Kanban en el laboratorio de materiales.

Los Kanban tanto de producción como de movimiento, en este caso van de la mano; es decir, van relacionados con cada proceso. Si la tarjeta de producción se encuentra sobre el área verde del Kanban de movimiento, figura 2.6, quiere decir que el proceso está listo para ser transportado al siguiente nivel, pero si la tarjeta no se encuentra dentro de dicha zona, el proceso se encuentra en desarrollo. Por otro lado, si la tarjeta de producción se encuentra dentro del área roja del Kanban de movimiento quiere decir que existe algún error en el proceso; por tal motivo se debe detener todo proceso en el laboratorio hasta corregir el error.

Para el caso del laboratorio de materiales en donde se realiza la propuesta, cada zona tiene comunicación con el área de diseño, dicha área es la encargada de ayudar a

solucionar los problemas que resulten por algún tipo de falla existente en el proceso de producción.



Imagen 2. 20: Existencia de error. **Imagen 2. 21:** Finalización.

(Fuente: Autores)

A demás de los Kanban ya mencionados se estableció también un sistema de Kanban de proveedores. Este sistema tiene en cuenta una codificación única que solamente sirve para una zona explicita. Cada tarjeta de proveedores pertenece a distintas zonas, cada una de ellas contiene datos y contactos del material faltante.

Ahora cada zona fue delimitada por un literal, (A, B, C, D, E, F), (Tabla 4), lo cual para cada proveedor se le asignó un número (1, 2,3, etc.), la cantidad de números puede variar de acuerdo a la cantidad de proveedores.

Tabla 2. 4: Descripción de codificación de las zonas de trabajo del laboratorio de materiales.

LITERAL DE ZONA	DESCRIPCION DE ZONA
A	Zona de Trazado y Corte
B	Zona de Vacío
C	Zona de Curado
D	Zona de Enfriamiento
E	Zona de Mecanizado
F	Zona de Terminado

Fuente: Autores

La tarjeta Kanban de proveedores se estableció como se ilustra en la figura 2.7, teniendo en cuenta que dichas tarjetas no pueden estar en cualquier lugar.

A1		A2	
KANBAN DE PROVEEDORES		KANBAN DE PROVEEDORES	
Producto		Producto	
Marca		Marca	
Aplicación		Aplicación	
Cantidad a Pedir		Cantidad a Pedir	
Proveedor		Proveedor	
Prov:		Prov:	
Tel:		Tel:	
Cont:		Cont:	
Dir:		Dir:	
Costo		Costo	

Figura 2. 7: Modelo de tarjetas Kanban de Proveedores.

Fuente: Autores

Para el funcionamiento de las tarjeas Kanban de proveedores, se diseñó un formato de inventario. En donde se puede visualizar de manera sencilla la cantidad de material e insumos existentes. Dicho formato establece un control cada vez que se realiza algún tipo de proceso en el laboratorio. Esto ayuda en una mejora de

inventarios, reduciendo el tiempo. Al finalizar la jornada de trabajo en el laboratorio se procede a la revisión de material utilizado, para posteriormente ser señalados en el formato de inventario, la hoja de formato se la puede observar en el ANEXO 4.

Como se mencionó, cada vez que el laboratorio entre en uso se debe mantener un control al final. Para ello en la tarjeta de inventario del Anexo 4 se observa una sección de “Estado”, que indica si la cantidad de material es suficiente, media o baja. Teniendo en cuenta que en la sección de “Material (Prov.)”, se coloca el tipo de material seguido de la codificación de proveedores. Ejemplo: “Plástico para vaciado (A1, A2)”. A1 Y A2 indican la codificación de proveedor según la zona de trabajo. Ahora si en la revisión periódica de la tarjeta de inventario se encuentra con una señal en rojo, o en estado bajo, se verifica a que material pertenece y se solicitan las tarjetas Kanban de proveedores que se encuentran señaladas a continuación de la descripción del material (A1, A2).

Con los sistemas Kanban se puede llegar a establecer una cultura de organización eliminando tiempos para realizar inventarios, evitando la compra de material innecesario. De la misma manera con la ayuda de sistema se logra realizar solo lo demandado por los clientes, evitando la sobreproducción y pérdidas de material.

CAPITULO III

3. Proceso de fabricación del tablero aplicando herramientas Lean Manufacturing.

El proceso de fabricación del primer equipo concluye en la misma meta, la de obtener una pieza final que sea capaz de aportar al proyecto de formula SAE; no obstante, el proceso de producción puede haberse establecido de forma correcta siguiendo todos los pasos, pero sin garantía de mejora en el proceso productivo.

Es decir, si el primer equipo estableció un método de producción para obtener el tablero de fibra de carbono, no quiere decir que dicho método está bien o mal aplicado. Se puede optimizar todo, en cuanto se encuentre en la posibilidad de hacerlo. Si el proceso de producción se encuentra mal estructurado, pero al final se logra la pieza, esto no garantiza una calidad total del producto.

Ahora si el proceso se encuentra bien definido y garantiza la calidad del producto, se puede certificarlo con el tiempo que ha durado la producción de una pieza. En cada etapa de proceso el tiempo define el total de la producción y en cada subproceso.

Para establecer la filosofía Lean se adecuo el laboratorio siguiendo los parámetros ya mencionados con anterioridad, en la imagen 3.1 se muestra un antes y un después del laboratorio de materiales.



Imagen 3. 1: Aplicación de herramientas lean en el laboratorio de materiales (Antes y Después)

Fuente: (Autores)

Primeramente, para comenzar con el proceso de producción, en el diagrama 3.1, se muestra un VSM establecido con tiempos de producción del equipo anterior. En base a esto se podrá analizar la diferencia entre tiempo empleado por el equipo anterior en comparación con el equipo lean.

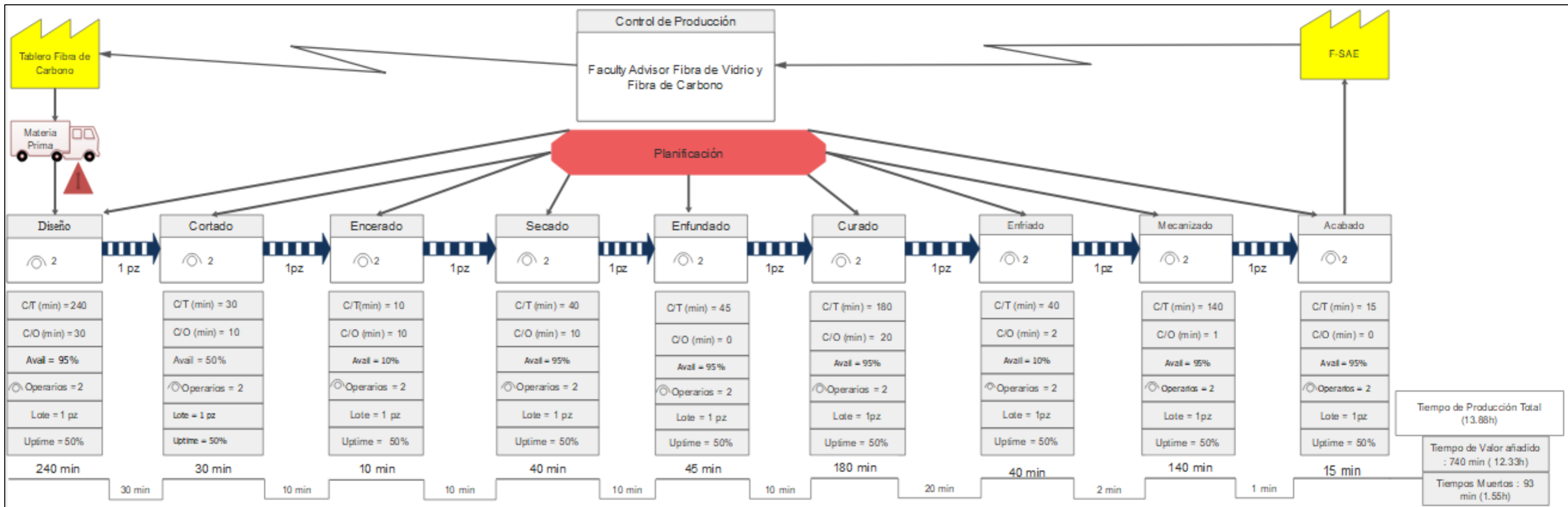


Diagrama 3. 1: VSM establecido con tiempos de producción del equipo anterior

3.1. Etapa 1: Diseño del tablero de fibra de carbono del vehículo fórmula SAE.

La zona de diseño es la encargada de generar el boceto de lo que requiere el cliente, en este caso el tablero de fibra de carbono para un vehículo monoplace tipo fórmula SAE. Para el procedimiento se dibujan planos en un software CAD, en donde se hace mención que el elemento que va a ser fabricado en fibra de carbono debe tener su respectivo análisis antes de la fabricación.

Una vez obtenido los planos del tablero, se procede a realizar un boceto de cómo debe ser el terminado con todos los accesorios y elementos de sujeción ya fijos en la pieza final, tal como se lo muestra en la Imagen 3.1.

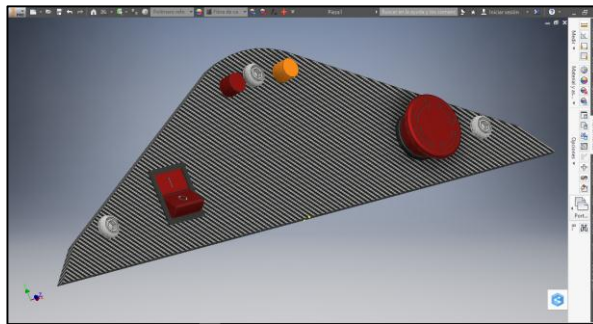


Figura 3. 1: Boceto final con todos los accesorios provistos.

Fuente: Autores

El diseño final tiene que ser aprobado por el cliente. Para comenzar con el proceso se elabora un molde en MDF como se lo muestra en la imagen 3.2, este servirá para el corte de los materiales a utilizar como: Fibra de carbono, plástico de vacío, algodón y tela.



Imagen 3. 2: Molde en MDF

Fuente: Autores

3.2. Etapa 2: Ingreso y elementos de seguridad.

El trabajar con materiales compuestos se debe tener en cuenta que estos implican salud y seguridad, puesto que eliminan partículas que resultan ser nocivos para la salud del personal. Por esta razón es importante conocer sobre el uso del laboratorio y haber tenido un entrenamiento o capacitación previa para su ingreso. Como se muestra en la imagen 3.3, se puede encontrar al ingreso equipamiento de protección especial tales como trajes, máscaras respiratorias y guantes. Asimismo, existen casilleros para colocar prendas de vestuario normal del personal.



Imagen 3. 3. Traje de protección personal.

Fuente: Autores.

Una vez colocado todo el equipo de seguridad, el personal sigue las marcas para dirigirse a su puesto de trabajo. La primera estación es la del Kanban en donde se observan las tarjetas de producción. Para dar inicio al proceso el operario toma las tarjetas y las contabiliza para tener en cuenta cuantas piezas debe producir. Asimismo, observa la orden de trabajo (Anexo 2) con el molde adjunto.

En esta propuesta se realiza un proceso de producción, es decir se deberá producir un mínimo de 4 tableros para obtener resultados con respecto a tiempos de movimientos entre procesos, espera de material y herramientas; así se podrá establecer un análisis de desperdicios con respecto al ya elaborado por el equipo anterior.

3.3. Etapa 3: Proceso de trazado y corte (Zona A)

Una vez conocidos los requerimientos del Kanban de producción, se identifica el número de elementos a cortar. Cada material por utilizar se encuentra especificado en la orden de trabajo.

En la zona A se encuentra aplicado fabrica visual, de manera que sea mucho más sencillo el acceso a los materiales y herramientas que deben ser aplicados en la zona; asimismo, sobre la mesa de trabajo se aplicó orden y clasificación, dos de los factores de 5s. Los tiempos de corte se reducen.

La materia prima como el plástico de vaciado, algodón y tela se encuentran en la misma área. Pretendiendo así mejorar la accesibilidad a los materiales y a su vez el tiempo de corte de cada elemento.

Antes de comenzar con el trazado y corte, las tarjetas Kanban de producción deben estar colocadas en su sitio con su respectiva señal de estado de producción (Heijunka). Como se mencionó en esta propuesta en el capítulo 2 en la sección “2.6.3.1 Definición de heijunka”, las tarjetas de información muestran por colores el estado del proceso en cada zona. En la Imagen 3.4 se muestra la ubicación de las tarjetas Kanban y de la señal de estado de proceso. Una vez concluidos todos los parámetros de producción se inicia con la fabricación.

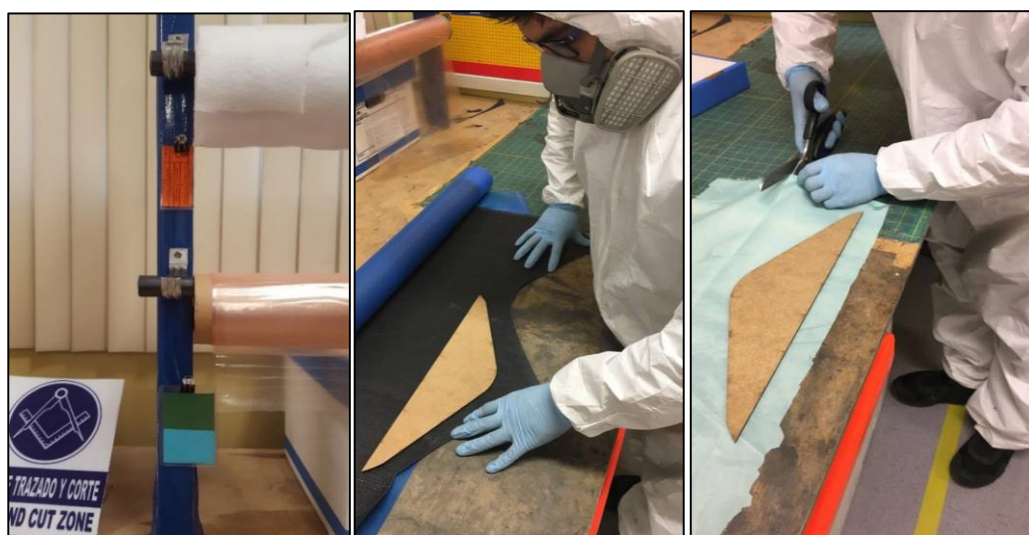


Imagen 3. 4: Proceso de corte en la zona A

Fuente: Autores.

Una vez terminado el proceso de corte, se coloca el Kanban de producción en la zona verde del Kanban de movimiento. Así las partes cortadas están listas para ser transportadas a la siguiente zona.

3.4. Etapa 4: Proceso de vaciado (Zona B)

Para la Zona (B) de vaciado existen materiales químicos especiales como se lo observa en la imagen 3.5, éstos influirán en el proceso de laminado y curado al horno en la siguiente zona. Por ejemplo, alcohol poli vinílico, resinas poliéster, disolventes y catalizadores, estos materiales se encuentran en los casilleros de Área B donde se indica zona de vacío. El uso de estos químicos debe estar especificado en la orden de trabajo.



Imagen 3. 5: Proceso de vaciado de la pieza antes del curado.

Fuente: Autores

Una vez terminado el proceso de vaciado, se coloca la tarjeta de Kanban de movimiento para pasar a la siguiente zona.

3.5. Etapa 5: Proceso de curado (Zona C)

Para empezar el trabajo en esta zona se requiere la tarjeta de Kanban de movimiento otorgada en la zona anterior.

En la zona (C), imagen 3.6, se denominada también como zona de Curado cuenta con un horno en donde la fibra de carbono se endurecerá a una temperatura denominada por el fabricante. El tiempo de cocido de la fibra será 5040 segundos aproximadamente (1hora con 40 minutos).



Imagen 3. 6: Zona de curado (C), temperatura a 150, tiempo 1h40.

Fuente: Autores

El tiempo y temperatura en el proceso de curado depende de los estándares de fabricación de la fibra de carbono, (ANEXO 3). La temperatura otorgada del fabricante es de 150 grados Celsius.

En este proceso es importante conocer que no puede estar ningún tipo de personal en el laboratorio ya que la emanación de los gases del horno puede ser dañino para la salud.

Durante el proceso de curado se colocó una luz de aviso color rojo fuera del laboratorio que indicará que solo personal autorizado deberá ingresar al laboratorio después de que el tiempo de curado haya transcurrido. Una vez terminado el proceso se usará como en todas las zonas el Kanban de movimiento para dar paso a la siguiente zona.

3.6.Etapa 6: Proceso de enfriamiento (Zona D)

El proceso de curado está ya completo, se apaga la luz roja y se pasa a luz verde, esto indica que la fabricación continúa y que el curado en el horno ha terminado. Para empezar este proceso primero se usará el Kanban de movimiento de la zona anterior y será colocada en la Zona D. La zona de enfriamiento (D), imagen 3.7; es donde se coloca la bandeja del elemento una vez que el horno señale 60 grados centígrados. El proceso de enfriamiento continúa en esta zona durante 15 min aproximadamente hasta que la pieza tome la temperatura ambiente. Posterior a lo dicho se puede comenzar con el desenfundado de la pieza.



Imagen 3. 7: Proceso de desenfundado de la pieza

Fuente: Autores

Como ya se mencionó esta zona cuenta con dos subprocesos que serán mencionados a continuación:

- Enfriamiento
- Desenfundado

3.7.Etapa 7: Proceso de mecanizado (Zona E)

La zona E se encuentra cerca del área de almacenamiento, en donde se ubican herramientas especiales de todas las zonas. Esto ayuda a la mejor accesibilidad de equipos para el mecanizado. Esta zona es exclusiva para procedimientos como: taladrado y limado, como es de conocimiento general, estos procesos generan partículas que se dispersan en el aire. Por este motivo es de suma importancia que los operarios no se retiren las máscaras respiratorias durante todo el proceso, incluyendo en la siguiente zona.

Para el proceso de agujerado se lo realizó con un taladro de mano. Este procedimiento no necesita de brocas especiales, el tablero fabricado cuenta con dos láminas de fibra colocadas a 90 y 45 grados en cada lado. En total el tablero cuenta con 4 láminas de fibra, dos por cada cara del tablero y en el centro un alma de honeycomb. Por esta razón el mecanizado de los agujeros resulta ser de manera sencilla.

Por otro lado, para el limado de aristas se necesita de herramientas especiales resistentes al desgaste, como lo son las limas de tungsteno. Estas herramientas son

especialmente para trabajar con fibra de carbono. En la zona de curado (C), la fibra de carbono se endurece, por tal motivo el mecanizado del material tiende a realizarse con mayor dificultad si es que se lo realiza con elementos como lijas normales. Parte del mecanizado se lo puede observar en la imagen 3.8.



Imagen 3. 8: Zona E proceso de mecanizado.

Fuente: Autores

Para lograr obtener la pieza antes del terminado, el mecanizado se divide en 4 subprocesos; limado de aristas, taladrado, toma de medidas y refinado. Cada subproceso tiene su tiempo de trabajo.

En esta propuesta lo que se pretende alcanzar es eliminar desperdicios con herramientas Lean. En esta zona para eliminar tiempos muertos, se colocaron las herramientas de mecanizado en un espacio de bodega, lo que facilita el acceso a los equipos sin perder tiempo buscándolos.

3.8. Etapa 8: Proceso de terminado (Zona F)

La tarjeta Kanban de producción debe encontrarse sobre la tarjeta de movimiento, para iniciar con el proceso de terminado. Se observan los parámetros mencionados con anterioridad, y se procede a retirar el material en el menor tiempo posible. Asimismo, como la zona anterior, las herramientas especiales para el terminado se encuentran en bodega; mientras más cercanas posibles estén las herramientas, en menor tiempo se dará el terminado.

Para el caso del tablero de fibra de carbono del vehículo monoplace tipo fórmula SAE, se necesitan componentes adicionales, que no se los encuentran dentro del laboratorio, por esta razón se estableció esta zona, que tiene comunicación directa con el área de diseño. Dicha área es la encargada de proporcionar los elementos extras a la pieza, los cuales deben estar listos incluso antes de comenzar con el proceso de producción.



Imagen 3. 9: Pieza terminada, tablero en fibra de carbono.

Fuente: Autores

3.9. Costos de producción.

Se entiende por costos a un sistema de información, en donde se establece un costo incurrido al momento de realizar un proceso de producción. De la misma forma de como resulta ser en cada una de las actividades que se desarrollan en la producción. (Rojas, 2007).

3.9.1. Costos de producción asociados al tablero de fibra de carbono.

En mención anterior se define costo como un sistema de información en donde puede abarcar varios parámetros como materia prima o mano de obra. En si el costo de producción tiende a ser el cambio del material a utilizar en un producto final. Directamente con el proceso de producción se pueden tomar dichos parámetros mencionados anteriormente, adicionalmente con el tiempo de producción en cada proceso.

3.9.2. Determinación en porcentajes de los costos de producción en función del tiempo empleado.

Para la obtención de los valores de materia prima, el establecimiento se lo determinó en base a (Rojas, 2007), en donde se menciona que para el análisis de costos de producción, se debe iniciar con una contabilización de materiales de acuerdo al proceso a realizar. Este procedimiento se lo puede cuantificar de manera monetaria o de manera porcentual.

Para el caso de la producción del tablero de fibra de carbono, la toma de datos en relación a materiales se lo realizo de manera porcentual. A continuación, en la tabla 3.1 se muestran dichos valores.

Tabla 3. 1: Determinación de valores porcentuales en materiales utilizados.

VALORES PORCENTUALES DE MATERIALES			
Equipo anterior	(%)	Equipo Lean	(%)
Fibra de carbono($1m^2$)	50	Fibra de carbono ($1m^2$)	50
Plástico ($1m^2$)	100	Plástico ($1m^2$)	50
Algodón ($1m^2$)	50	Algodón ($1m^2$)	45
Tela ($1m^2$)	50	Tela($1m^2$)	45
Alcohol Poli vinílico (1lt)	5	Alcohol Poli vinílico (1lt)	5
Cera Desmoldante (100gr)	2	Cera Desmoldante (100gr)	2
Cinta selladora (10m)	25	Cinta selladora (10m)	20
Honeycomb ($1m^2$)	10	Honeycomb ($1m^2$)	10
TOTAL	36.5	TOTAL	28.38

Fuente: Autores

En la tabla de valores porcentuales 3.1 se observan los valores de acuerdo a la utilización de cada material. En si también refleja una comparación entre los dos equipos de trabajo. Cada material está especificado en relación a una cantidad unitaria o específica. Por ejemplo; para el alcohol poli vinílico se usa solamente una cantidad del 5% del total de la cantidad expresada, en este caso 1lt. De la misma manera se manejan los demás materiales.

Los costos del material utilizado se aprecian en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2: Determinación de costos de materiales utilizados.

COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS			
Material	Costos Total \$	Material	Costo Utilizado \$
Fibra de carbono(1m²)	175.95	Fibra de carbono (1m²)	87.975
Plástico (1m²)	9.95	Plástico (1m²)	9.95
Algodón (1m²)	3.05	Algodón (1m²)	1.525
Tela (1m²)	14.45	Tela(1m²)	7.225
Alcohol Poli vinílico (1lt)	7.00	Alcohol Poli vinílico (1lt)	0.35
Cera Desmoldante (100gr)	20.00	Cera Desmoldante (100gr)	0.40
Cinta selladora (10m)	7.95	Cinta selladora (10m)	1.9875
Honeycomb (1m²)	119.95	Honeycomb (1m²)	11.995
TOTAL	358.3	TOTAL	121.35

Fuente: Autores

El costo total de materiales utilizados muestra un valor de \$121.35, es decir el 36.5 % expresado en la tabla 3.2. Teniendo en cuenta que el valor representa solo el costo de producción en relación al material utilizado.

Al comienzo del capítulo 3, en el diagrama 3.1 un VSM muestra los tiempos de producción del proceso del equipo anterior. El tiempo total del proceso por parte del equipo anterior fue de 13.88h. Si tomamos como referencia un total de 14 horas de producción (100%), se puede establecer en porcentaje el costo de producción del tablero. Además, no se tomará en cuenta los costos por mano de obra, pues no existe remuneración.

Entonces:

Tabla 3. 3: Costos de producción del equipo anterior expresados en porcentajes

COSTOS DE PRODUCCION DEL EQUIPO ANTERIOR		
	Horas	(%)
Tiempo total	13.88	99.14
Materiales	-----	36.5
TOTAL		135.64

Fuente: Autores

Como se lo puede observar en la tabla 3.3, el total de costos expresado en porcentaje es del 135.64%, es decir expresa un despilfarro que puede tomarse como sobreproducción del más del 35% de su límite, además, de que el valor expresado está incluido en tiempo y recursos. Esto puede provocarse por el uso excesivo de materiales y correcciones. Además, un aspecto muy importante para que se del problema, es el mal uso de las instalaciones del espacio de trabajo.

Para el análisis de costos del equipo lean se realizará de igual manera con un VSM actual del laboratorio, luego de haber aplicado herramientas Lean. En resumen, el proceso de producción del tablero se lo realizo de manera más sencilla y en menor tiempo. De la misma manera los análisis de costos por parte del equipo lean se lo realizará en el siguiente capítulo.

CAPITULO IV

4. Validación de la metodología de producción propuesta.

La filosofía Lean busca siempre la mejora continua en un sistema de producción. Además, trata de dar al cliente productos de calidad; pero para lograr con lo dicho anteriormente se había mencionado que se debe cumplir con un proceso de establecimiento Lean, en donde para obtener resultados, se lo debe seguir de forma correcta. Para el caso del laboratorio de materiales se realizó una hoja de ruta de cómo funcionaba anteriormente, y así establecer una nueva hoja con un orden preestablecido para cada proceso.

Una de las condiciones para que se pueda establecer Lean, es la aplicación de 5s. La estructura que entrega esta condición mejora el ambiente de trabajo. Se puede decir que, en un ambiente de orden y limpieza, el personal mejora sus capacidades laborales. Por esta misma razón si no existe la aplicación correcta de 5s, de ninguna manera se puede aplicar Lean.

Lean establece una filosofía de trabajo, lo mismo que fue aplicado al laboratorio de materiales. En el caso de esta propuesta, se lo aplicó para la fabricación del tablero de fibra de carbono, en donde se estableció un orden específico. Esto permitió que se eliminaran tiempos de traslado de materiales de una zona a otra, garantizando el comportamiento y educación de los operarios. Además, se logra un control de calidad, es decir en la fabricación del tablero, si un componente en alguna zona presenta problemas, no se garantiza el traslado de la pieza a la siguiente zona. Esto se logra con la aplicación del Kanban.

Con las mejoras establecidas se logró llegar a un nuevo VSM, el cual puede seguirse mejorando aún más. En el diagrama 4.1, se muestra el nuevo formato de la cadena de valor (VSM).

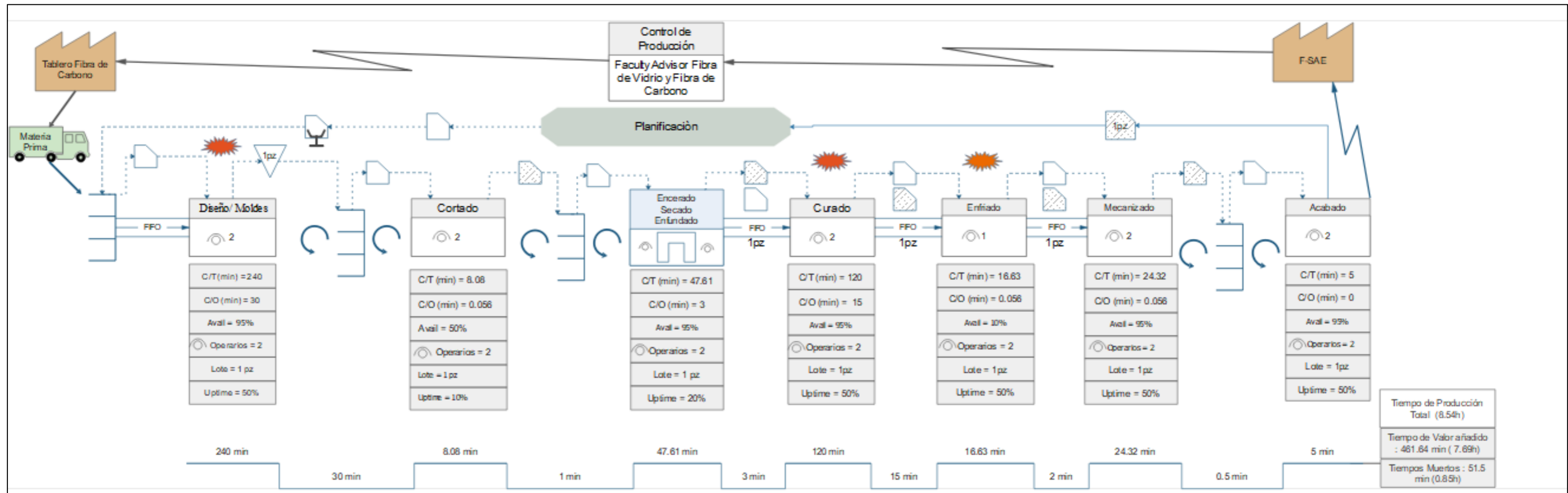


Diagrama 4. 1: Cadena de Valor (VSM) Actual del Laboratorio de Materiales.

Fuente: Autores

4.1. Análisis comparativo de tiempos del equipo lean con el equipo anterior

Una vez realizada la fabricación del tablero de fibra de carbono con la implantación de herramientas Lean en el laboratorio se procede a ejecutar un estudio de desperdicios en donde se detectó como desperdicio principal al tiempo de fabricación.

Se mencionará como equipo anterior al que fabricó el primer prototipo del tablero y el equipo Lean al grupo que realizó la fabricación con las herramientas establecidas en el apartado 2.

De acuerdo con lo establecido por el equipo anterior en el ANEXO1, el tiempo total de producción fue aproximadamente de 14 horas.

4.1.1. Análisis de tiempos en la Zona (A) Corte

En la siguiente tabla 4.1 se pueden observar los valores obtenidos por el equipo lean vs los valores del equipo anterior en la Zona de Corte (A).

Tabla 4. 1: Valores de tiempo aplicados en la zona A.

ZONA DE TRAZADO Y CORTE (A)			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
Proceso de corte	Tiempo (seg)	Proceso de corte	Tiempo (seg)
Fibra de carbono	900	Fibra de carbono	253.8
Algodón	180	Algodón	52.6
Tela	180	Tela	63.6
Plástico	240	Plástico	57.68
Honeycomb	300	Honeycomb	56.91
Tiempo muerto	600	Tiempo muerto	60
TOTAL	2400	TOTAL	487.95

Fuente: Autores

Relacionando los valores obtenidos en la tabla 4.1, se puede hacer una comparación. En relación con los tiempos de cada sub proceso en la zona de corte (A). Como se lo observa en el diagrama 4.2.

Con estos resultados desde el inicio se puede observar que existe una significativa diferencia de tiempos en procesos.

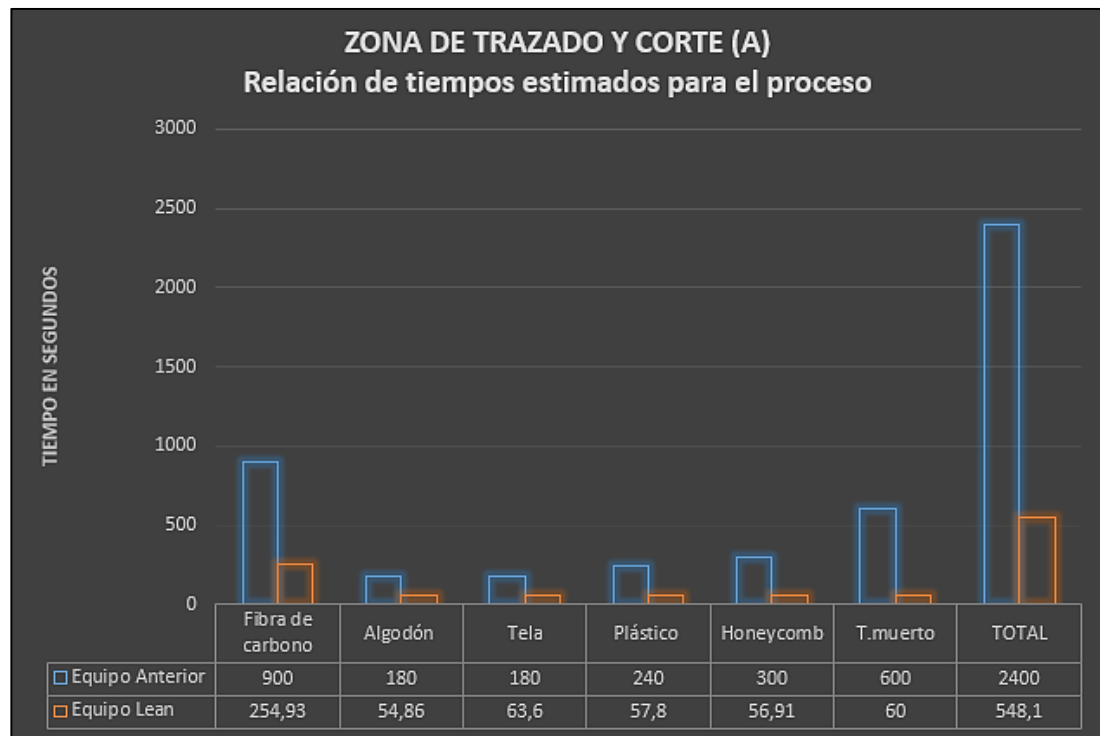


Diagrama 4. 2: Valores de tiempo aplicados en la zona A.

Fuente: Autores

El tiempo del proceso final en la zona (A), establecido por el primer grupo tiene como resultado un total de 2400 seg. Por otra parte, el equipo lean, logro un tiempo de 548.1seg. La diferencia existente entre los dos tiempos es de 1851.9 seg, (30.87 min).

Una vez terminado el proceso de corte, se coloca el Kanban de producción en la zona verde del Kanban de movimiento. Así las partes cortadas están listas para ser transportadas a la siguiente zona.

4.1.2. Análisis de tiempos en la zona (B) Vaciado

Tabla 4. 2: Valores de tiempo aplicados en la zona B.

ZONA DE VACIADO (B)			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
Tipo de proceso	Tiempo (seg)	Tipo de proceso	Tiempo (seg)
Aplicación cera desmoldante	900	Aplicación cera desmoldante	202.2
Colocación de Alcohol poli vinílico en el molde	600	Colocación de Alcohol poli vinílico en el molde	127.2
Secado del Alcohol en el horno	2100	Secado del Alcohol en el horno	1800
Enfriamiento del alcohol	900	Enfriamiento del alcohol	225
Preparación de la Resinas	0	Preparación de Resinas	62
Enfundado	900	Enfundado	318.5
Vaciado del elemento	300	Vaciado del elemento	121.7
Tiempos muertos	1800	Tiempo muerto	180
TOTAL	7500	TOTAL	3036.6

Fuente: Autores

En la tabla 4.2 el tiempo en el proceso final de la Zona (B), establecido por el primer equipo fue de 7500 seg. Por otra parte, el equipo Lean optimizo el tiempo a 3036.6seg. Existiendo una diferencia de tiempos de 4463.4seg (74.39 minutos). Teniendo en cuenta que los tiempos muertos del primer equipo se da por no tener orden y accesibilidad en los insumos y herramientas.

Para un mejor entendimiento de los tiempos de subprocesos se muestra en el diagrama 4.3 la diferencia que existen.

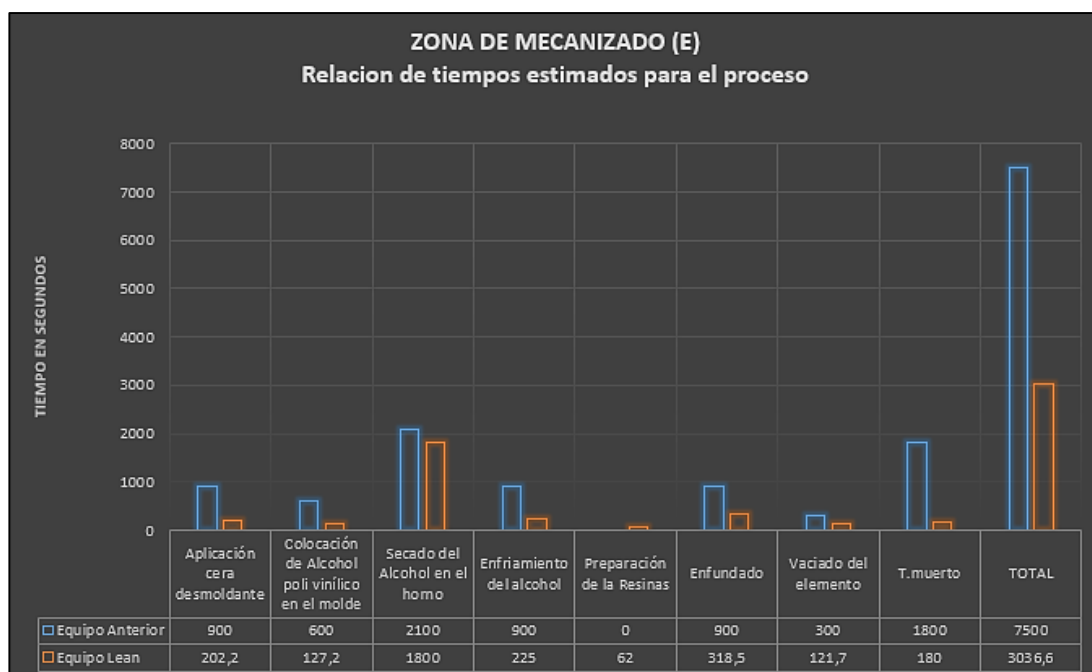


Diagrama 4. 3: Valores de tiempo aplicados en la zona B

Fuente: Autores

4.1.3. Análisis de tiempos en la zona (C) Curado

Tabla 4. 3. Valores de Tiempo aplicados en la zona C

ZONA DE CURADO (C)			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
Tipo de proceso	Tiempo (seg)	Tipo de proceso	Tiempo (seg)
Curado de la Fibra	10800	Curado de la fibra	7200
Tiempo muerto	1200	Tiempo muerto	900
TOTAL	12000	TOTAL	8100

Fuente: Autores

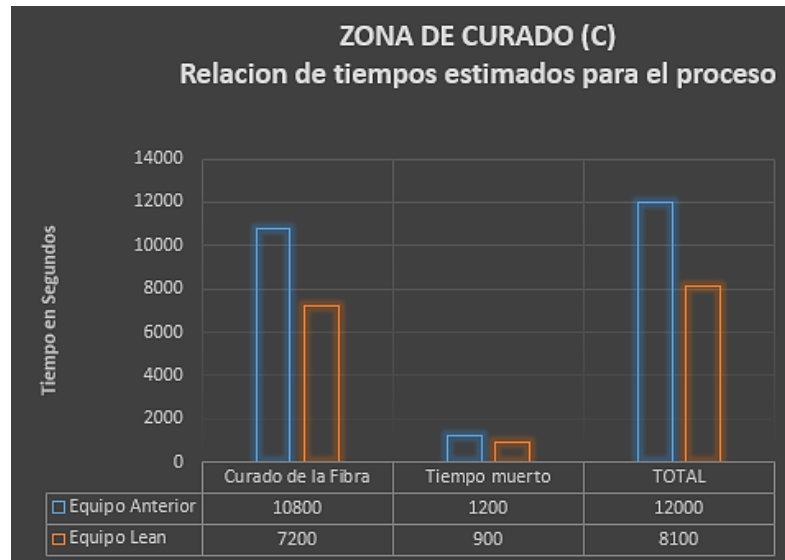


Diagrama 4. 4: Valores de Tiempo aplicados en la Zona B.

Fuente: Autores

El tiempo que se estimó es de 6000seg (1 hora 40 min), existiendo un margen de 20 minutos adicionales dependiendo la preparación del horno para alcanzar la temperatura. Esto proporciona un tiempo estimado de 7200seg (2 horas). El equipo anterior en cambio tenía su tiempo especificado de 7200seg (dos horas) más el tiempo de preparación del horno de 1hora 3600seg, dando como resultado 10800seg, (3h).

4.1.4. Análisis de tiempos en la zona (D) enfriamiento

Tabla 4. 4: Valores de tiempo aplicados en la zona D

ZONA DE ENFRIAMIENTO (D)			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
Tipo de proceso	Tiempo (seg)	Tipo de proceso	Tiempo (seg)
Enfriamiento	1800	Enfriamiento	900
Desenfundado	420	Desenfundado	98.3
Tiempo muerto	180	Tiempo muerto	120
TOTAL	2400	TOTAL	1001.66

Fuente: Autores

El análisis de resultados en esta zona respecta a tiempos de demora en el proceso. Existe una diferencia de la mitad del tiempo en el enfriamiento. Esto se debe a que hay que respetar los tiempos de enfriamiento de la pieza. Es posible acelerar el enfriamiento con la ayuda de algún dispositivo externo que proporcione corriente de aire frío.

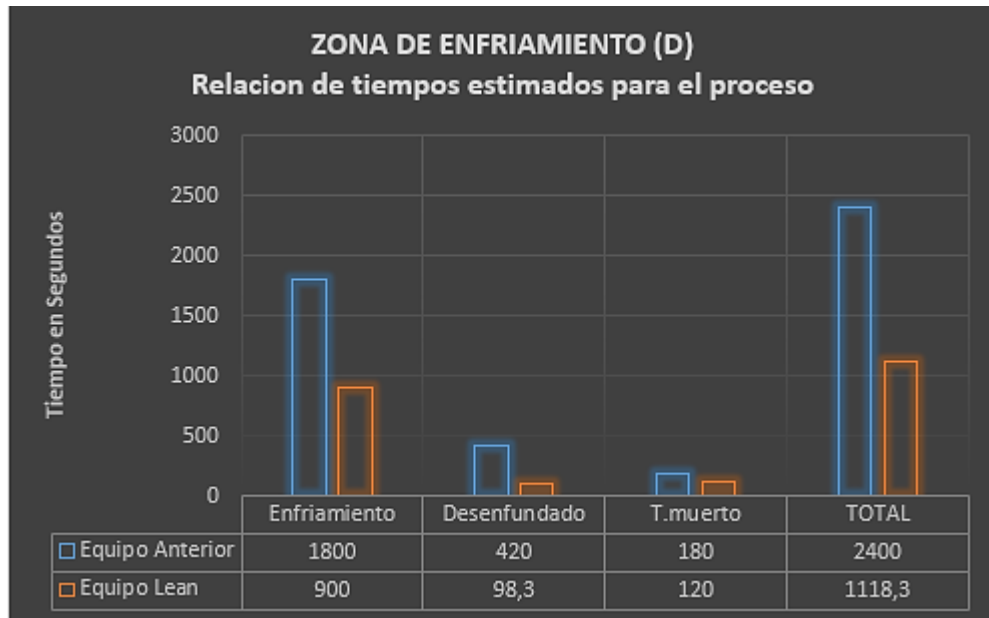


Diagrama 4. 5: Valores de tiempo aplicados en la zona D.

Fuente: Autores

Los tiempos de enfriamiento están dados de forma que la pieza luego de salir del horno alcance la temperatura ambiente, para el caso del equipo anterior, se dejaba la pieza en el horno hasta que alcanzara una temperatura de 60 grados Celsius. Es por esa razón que se alcanza un tiempo de 1800seg. El equipo lean logro un alcance de 900seg, esto fue posible al adelantar el proceso de calentado del horno antes del curado, así la temperatura de 60 grados Celsius se alcanzaría en un mismo tiempo, pero el proceso como fue adelantado el tiempo de finalización disminuye.

4.1.5. Análisis de tiempos en la zona (E) mecanizado

En esta propuesta lo que se pretende alcanzar es eliminar desperdicios con herramientas Lean. En esta zona para eliminar tiempos muertos, se colocaron las herramientas de mecanizado en un espacio de bodega, lo que facilita el acceso a los

equipos sin perder tiempo buscándolos. Los tiempos de cada subproceso se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4. 5: Valores de tiempo aplicados en la zona E

ZONA DE MECANIZADO (E)			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
Tipo de Proceso	Tiempo (seg)	Tipo de Proceso	Tiempo (seg)
Limado	2700	Limado	990
Taladrado	2700	Taladrado	258
Medición	600	Medición	0.90
Refinado	2400	Refinado	210
Tiempo muerto	60	Tiempo muerto	30
TOTAL	8460	TOTAL	1462.26

Fuente: Autores

Según la tabla 4.5, los tiempos de los subprocesos, en relación con el primer equipo da un total de 8460seg, (141 min). En comparación con el equipo lean, se obtiene un tiempo total de 1462.26seg, (24.37 min), realizando una diferencia entre los dos tiempos se obtiene un total de 6997.74seg, (116.63min). Este último dato relaciona a un desperdicio de tiempos en la zona de mecanizado, es decir se logró optimizar dicho tiempo, gracias a las mejoras de las herramientas Lean aplicadas.

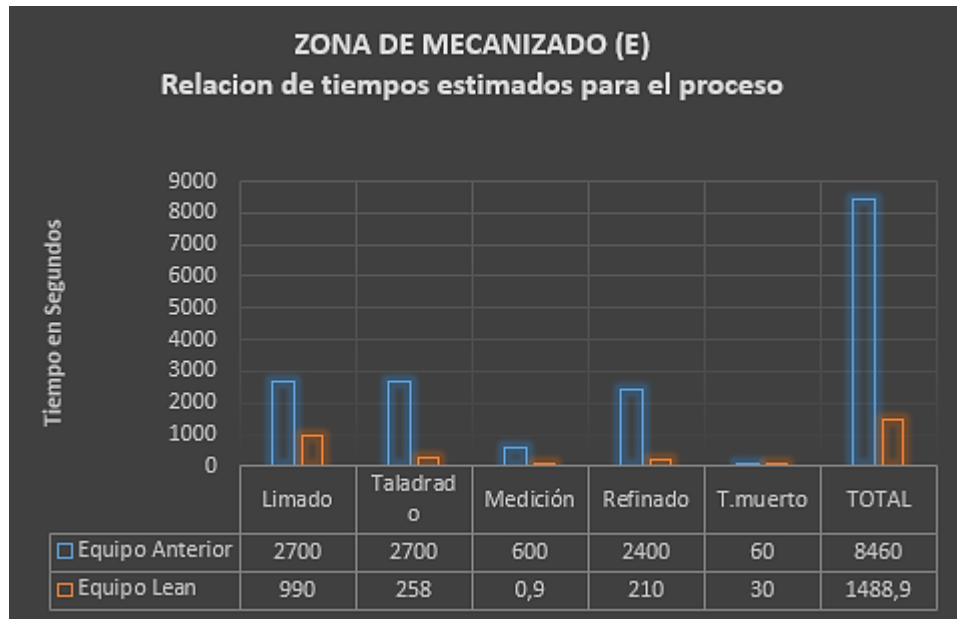


Diagrama 4. 6: Valores de tiempo aplicados en la zona E.

Fuente: Autores

4.1.6. Análisis de tiempos en la zona (F) terminado

El terminado de la pieza depende mucho de los componentes que se vayan a utilizar. En este caso resultan ser botones pequeños y luces testigo. La tabla 4.6 muestra la relación de tiempo entre los dos equipos.

Tabla 4. 6: Valores de tiempo aplicados en la zona (F)

ZONA DE TERMINADO (F)			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
Tipo de Proceso	Tiempo(s)	Tipo de Proceso	Tiempo(s)
Fijación de elementos	900	Fijación de elementos	300
TOTAL	900	TOTAL	300

Fuente: Autores

En el diagrama 4.7 se muestra de mejor manera la comparación de tiempos entre los dos equipos.

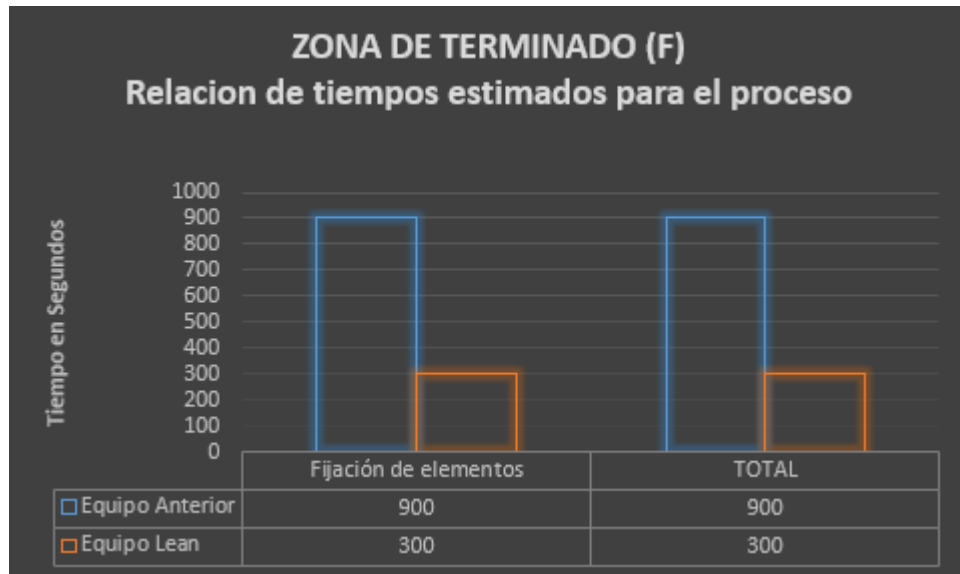


Diagrama 4. 7: Valores de tiempo aplicados en la zona F

Fuente: Autores

4.2.Resultados finales del proceso

El resultado de todos los procesos se lo expresa en la tabla 4.7, y se la puede analizar en el diagrama 4.8.

Tabla 4. 7: Resultados totales del proceso de producción

RESULTADOS TOTALES DE TODO EL PROCESO			
Equipo Anterior		Equipo Lean	
ZONA	Tiempo Final (seg)	ZONA	Tiempo Total (seg)
A	2400	A	548.1
B	7500	B	3036.6
C	12000	C	8100
D	2400	D	1118.3
E	8460	E	1488.9
F	900	F	300
TOTAL	17235 seg	TOTAL	13210.1 seg

Fuente: Autores

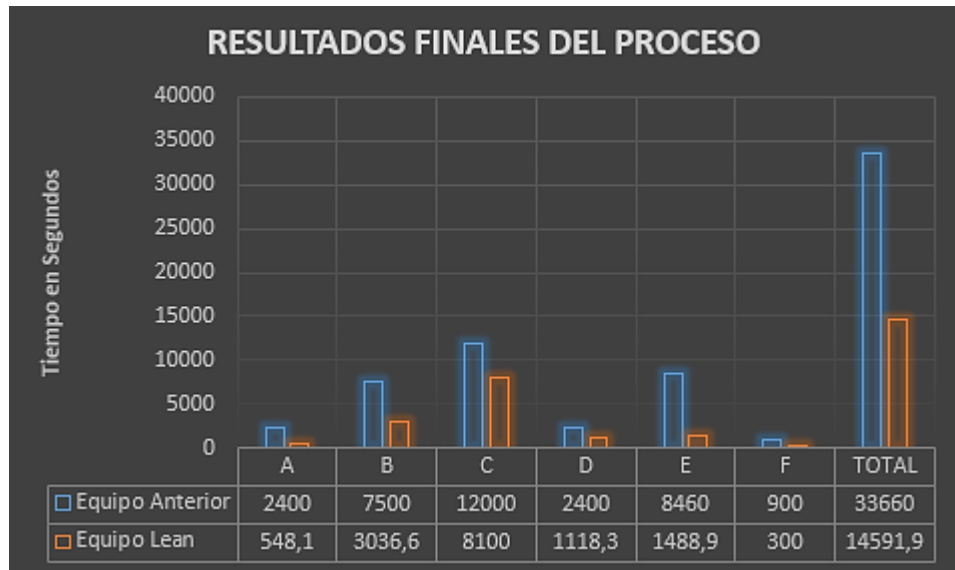


Diagrama 4. 8: Resultados Totales del Proceso.

Fuente: Autores

El proceso de producción del tablero de fibra de carbono se ha concluido con los siguientes tiempos:

El equipo anterior obtuvo un total de 33660seg (9.35h) sin contar el tiempo empleado de diseño.

El equipo Lean obtuvo un total de 14591.9seg (4.05h) sin contar el tiempo de diseño.

Ahora los tiempos de diseño en ambos equipos son los mismos (16200seg), esto podría variar si se aplicaran las mejoras continuas (Kaizen) mostradas en el comienzo del capítulo en el diagrama 4.1.

Entonces para el primer equipo:

$$t_{Total} = 33660 + 16200 = 49860s \quad (1)$$

$$t_{Total} = \frac{49860s}{3600s} = 13.85h \quad (2)$$

Ahora para el equipo Lean:

$$t_{Total} = 14591.91 + 16200 = 30791.91s \quad (3)$$

$$t_{Total} = \frac{30791.91s}{3600s} = 8.55h \quad (4)$$

Los resultados parciales que se manifestaron en el capítulo 3 en el diagrama 3.1, se aproximan al valor encontrado en la ecuación 2, de la misma manera en el capítulo 4 se muestra un nuevo modelo de VSM que se puede mejorar aún más, en él se encuentran los valores de tiempo del proceso del equipo actual. Los mismos son similares al encontrado en la ecuación 4.

4.3.Determinación de costos en porcentajes del proceso de producción final.

Como se estableció en el capítulo 3, en la tabla 3.3 denominada valores porcentuales de los materiales, se puede encontrar una comparación entre los dos equipos. El valor obtenido por el equipo anterior fue de 36.5%, (\$121.35) y del equipo Lean fue de 28.38%, (\$69.76). El valor obtenido por el equipo Lean representa una baja aproximada del 42%, con respecto al valor del equipo anterior. Dicha baja se refiere a que el valor del metro cuadrado de la fibra de carbono utilizada fue de \$85.15, en comparación con el precio anterior de \$175.95, esto se lo puede observar en la tabla 4.7. Para el caso de que se hubiera utilizado la fibra de carbono de mismo proveedor el costo de disminución de la producción sería del 5% (\$6.19).

Los costos de materiales utilizados se pueden observar en la tabla 4.8.

Tabla 4. 8 Costos de materiales utilizados.

COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS			
Material	Costos Total \$	Material	Costo Utilizado \$
Fibra de carbono(1m²)	85.15	Fibra de carbono (1m²)	42.575
Plástico (1m²)	9.95	Plástico (1m²)	4.975
Algodón (1m²)	3.05	Algodón (1m²)	1.3725
Tela (1m²)	14.45	Tela(1m²)	6.5025
Alcohol Poli vinílico (1lt)	7.00	Alcohol Poli vinílico (1lt)	0.35
Cera Desmoldante (100gr)	20.00	Cera Desmoldante (100gr)	0.40
Cinta selladora (10m)	7.95	Cinta selladora (10m)	1.59
Honeycomb (1m²)	119.95	Honeycomb (1m²)	11.995
TOTAL	267.5	TOTAL	69.76

Fuente: Autores

Ahora con respecto al costo del equipo Lean se toma en cuenta la cantidad de materiales utilizados de la misma manera en porcentaje. Por cuestiones de estudios no es necesario considerar el trabajo por mano de obra.

Tabla 4. 9: Costos de producción del equipo Lean en referencia a horas y porcentajes.

COSTOS DE PRODUCCION DEL EQUIPO LEAN		
	Horas	(%)
Tiempo total	8.49	60.64
Materiales	-----	28.38
TOTAL		89.02

Fuente: Autores

El proyecto de propuesta termina con la optimización del proceso de producción utilizando herramientas Lean Manufacturing. La tabla 4.9, indica el valor de porcentaje del costo de producción obtenido por el equipo Lean. Además, Se lo

puede comparar en la tabla 4.9, con el equipo anterior y sacar una relación entre los dos costos de producción.

Tabla 4. 10: Comparación de Costos de Producción en porcentajes.

COSTOS DE PRODUCCION EN PORCENTAJE DEL EQUIPO ANTERIOR VS EQUIPO LEAN		
	Horas	Costo (%)
Equipo anterior	13.88	135.64
Equipo Lean	8.49	89.02
VARIACION	5.39	46.62

Fuente: Autores

La tabla 4.10, muestra la variación o discrepancia existente. El equipo lean logro optimizar el tiempo de 13.88h a un tiempo de 8.49h, logrando una diferencia de 5.39h. Los costos de producción para el primer equipo llegan al 135%, dando a conocer un despilfarro de Lean conocido como sobreproducción y se lo puede relacionar también con inventarios excesivos.

Por otro lado, el equipo Lean logro alcanzar un valor del 89.02%, dando a conocer que un 46.62% se desperdició en todo el proceso de producción dado anteriormente por el primer equipo, es decir, los valores encontrados están referenciados respecto al tiempo mas no a valores reales de precios.

Se puede optimizar aún más costos, tiempos y materiales. En el diagrama 4.1, muestra el VSM con el que trabajo el equipo Lean, ahí se puede observar el icono de KAISEN, que significa mejora continua. Si se lo toma en cuenta y se realizan las mejorar respectivas el proceso de producción puede bajar aún más en relación a tiempos y costos.

En fin, la filosofía de la Manufactura Esbelta puede aplicarse en varios campos de trabajo e inclusive hasta en el hogar. Los resultados no siempre se ven a corto plazo, pues la implementación de herramientas Lean puede tomar un tanto de tiempo dependiendo del lugar en el que se lo aplique.

CONCLUSIONES

Las herramientas Lean Manufacturing permitieron establecer una organización adecuada en el laboratorio de materiales de acuerdo al proceso de producción. Además, ayudó a enfocar de manera más clara cuán importante es una distribución correcta en un proceso, permitiendo así eliminar todo tipo de desperdicios que no agregan valor al producto.

Es obligatorio el uso de equipo de seguridad como traje, guantes y mascarilla respiradora debido a que trabajar con materiales compuestos puede ser dañino para la salud.

La herramienta de Lean Manufacturing (SMED), permitió identificar en donde se puede mejorar el tiempo de producción realizando cambios rápidos. En la zona (A), los materiales fueron colocados de forma que su manipulación sea más accesibles, sencilla y rápida, pues ayudo a mejorar en un 25% en los tiempos de trazado y corte.

Con la implementación de las 5s y Kanban se consiguió eliminar el desperdicio de inventarios excesivos debido que cada zona tiene la herramienta e insumos al momento necesario en el tiempo necesario aplicando el just in time.

La herramienta fabrica visual ayuda a los movimientos de la línea de fabricación en el laboratorio debido a la rápida comprensión de donde están las cosas o cómo se hacen, esto se refiere a la señalización que a su vez mejora la accesibilidad en el tablero de herramientas.

Las señales luminosas ayudan a la seguridad del laboratorio debido a que indican cuando el proceso de curado empieza el laboratorio debe ser desocupado hasta que se complete el proceso debido a que respirar el aire que emana el horno puede ser perjudicial para la salud.

Una de las técnicas de Lean, el VSM, proporcionó una mejora en la distribución de espacios y cuantificación de tiempos, de la misma manera con esta técnica se analizaron los problemas existentes. Desde un comienzo se mostraba una mala organización y movimientos entres espacios de trabajo lo que al final de la cadena de valor mostraba un valor de 13.88h de trabajo con el primer equipo, el VSM actual luego de aplicar herramientas Lean se logró un tiempo total de 8.49h, logrando reducir un tiempo de producción del 40%.

El personal que ingrese al laboratorio para el proceso de producción en fibra de carbono debe ser capacitado en el entendimiento y aplicación estricta del proceso ya que el laboratorio cuenta con el proceso de producción estandarizado que puede servir para cualquier elemento en fibra de carbono que quiera hacerse por el método de laminado y curado.

Las mejoras continuas (KAIZEN), pueden establecerse como adecuaciones extras que optimicen el proceso, en el caso del laboratorio de materiales para una mejora en la zona de curado se necesita una mejor experticia y conocimientos avanzados que logren optimizar el tiempo de curado de la fibra de carbono.

El valor obtenido por el equipo anterior fue de 36.5%, (\$121.35) y del equipo Lean fue de 28.38%, (\$69.76). El valor obtenido por el equipo Lean representa una baja aproximada del 42%, con respecto al valor del equipo anterior. Dicha baja se refiere a que el valor del metro cuadrado de la fibra de carbono utilizada fue de \$85.15, en comparación con el precio anterior de \$175.95. Para el caso de que se hubiera utilizado la fibra de carbono de mismo proveedor el costo de disminución de la producción sería del 5% (\$6.19).

La filosofía de la Manufactura Esbelta puede aplicarse en varios campos de trabajo que tengan líneas de producción. Los resultados no siempre se ven a corto plazo, pues la implementación de herramientas Lean depende de la capacitación del personal.

RECOMENDACIONES

- Para mejor seguridad del laboratorio y de los operadores es necesario salidas de emergencia, por la simple razón de que solo existe un área de ingreso y de salida en el laboratorio.

-Es necesario la adecuación de un extractor de olores en el laboratorio debido a que las emanaciones del horno en donde se cura la fibra de carbono son perjudiciales para la salud.

-Se debe hacer énfasis en el uso obligatorio del equipo de protección personal debido a que el trabajo con materiales compuestos es dañino para la salud de los operarios.

Las herramientas implementadas deben estar en mejora continua se debe capacitar al operario que vaya a trabajar en el proceso y hacer uso del laboratorio.

-Se puede reducir tiempos en la zona de enfriamiento con un dispositivo que conduzca aire frío.

-Para mejorar el acabado del elemento en fibra de carbono puede ser necesario herramientas de corte o de maquinado por computadora.

TRABAJOS FUTUROS

Existe la posibilidad de estudio de la creación de un laboratorio con herramientas Lean para el proceso de infusión.

Se puede aplicar otras herramientas Lean que optimicen el proceso y ayuden a eliminar todo tipo de desperdicios.

Existe la posibilidad de la realización de un análisis de costos de la implementación del laboratorio con las herramientas de manufactura esbelta.

BIBLIOGRAFIA

- Bautista, J., Bautista, A., & Rosas, S. (2010). Metodología Para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos para la Mejora Continua. *Metodología Para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos para la Mejora Continua*. Mexico D.F, Mexico.
- Bernal, J. J. (18 de 10 de 2012). *PDCA Home*. Recuperado el 22 de 1 de 2018, de PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>
- Brady Worldwide Inc. (2012). *Visual_Workplace_Handbook_Latin_America.pdf*. Obtenido de Manual de Fábrica Visual: https://d37iyw84027v1q.cloudfront.net/Common/Visual_Workplace_Handbook_Latin_America.pdf
- Butamante. J.P. (14 de febrero de 2012). *wikiequi*. Recuperado el 16 de octubre de 2017, de http://www.eoi.es/wiki/index.php/TRIZ._Teor%C3%ADa_de_la_Resoluci%C3%B3n_Innovativa_de_Problemas_en_Innovaci%C3%B3n_y_creatividad
- Corporation, T. M. (1995 - 2018). *Toyota Global*. Recuperado el 11 de Enero de 2018, de http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/jidoka.html
- Correa, F. G. (2007). MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). *Revista Panorama Administrativo*, 87-88.
- Fernandez Castro, J. (2012). *PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE ASIENTOS PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ*. Lima.
- Galsworth, G. (2017). *Visual Workplace, Visual Thinking*. (A. Navarro, Ed.) Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Gracia Rivas, G. M. (2013). Optimización de Procesos en sistemas aeronauticos mediante herramientas Lean Manufacturing. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Guerrero, J. (09 de Octubre de 2017). *Lean Roots*. Obtenido de leanroots.com/wordpress/2017/10/09/andon/: <http://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/09/andon/>
- International, S. (2018). *Sae International*. Obtenido de [students.sae.org](http://students.sae.org/cds/formulaseries/about/): <http://students.sae.org/cds/formulaseries/about/>
- Isabel, L. (2010). Diseño de un Modelo para la Validacion e Implementacion de una Herramienta del Sistema de Mnufactura Esbelta en la Empresa Multipublicidad LETRNEON CIA.LTDA. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Javier Cobos, J. R. (2016). Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria. Sevilla, España. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70759/fichero/TFM_Javier_Ruiz_Cobos.pdf

- Javier, J. I. (2015). Diseño de Reingeniería de Procesos Para el Área de Servicios Técnicos del Taller Automotriz Dicresa en la Ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Juan Carlos Hernandez Matias, A. V. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos Tecnicas e Implantacion*. Madrid: EIO.
- Leanroots. (2018). *Leanroots*. Obtenido de Leanroots: <http://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/07/Kanban/>
- Lefcovich, M. (18 de Abril de 2008). *GestioPolis*. Recuperado el 5 de Marzo de 2018, de <https://www.gestioPolis.com/5s-produccion-fabrica-visual/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Lorenzo, M., & Santos, P. (2007). Determinación de los valores normales de fuerza muscular de puño y pinza en una población laboral. *ELSEVIER*, 220-227.
- Madariaga, F. (2013). Lean Manufacturing. En F. Madariaga, *Francisco Madariaga* (págs. 4-11). Vickers Sons & Maxim Gun Factory.
- Manuel Rajadell Carreras, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Manufactura Inteligente. (2008). *Manufactura Inteligente*. Recuperado el 24 de 10 de 2017, de <http://www.manufacturainteligente.com/value-stream-mapping-como-realizar-un-vsm-con-tu-equipo/>
- manufacturainteligente 2008-2015. (2008). *Manufactura Inteligente*. Obtenido de Takt Time para Obtener Lean Production: <http://www.manufacturainteligente.com/takt-time-para-obtener-lean-production/>
- Negrón, D. M. (2009). *Administración de Operaciones Enfoque de administración de procesos de negocios*. Cengage Learning Editores.
- Piris, A. (2014). *Dirección a Meta*. Obtenido de <http://direccionameta.com/>
- Plata, J. M. (15 de 11 de 2013). *Administración de la producción - Jidoka*. Obtenido de administracion-produccion-unalmed.blogspot: <http://administracion-produccion-unalmed.blogspot.com/2013/11/>
- Progesa,Lean*. (2017). Recuperado el 15 de OCTUBRE de 2017, de <http://www.progressalean.com/despliegue-de-la-funcion-de-calidad-qfd-para-disenar-o-mejorar-productos/>
- Quora. (2016). *Quora*. Obtenido de How much does a F1 pit crew member earn?: <https://www.quora.com/How-much-does-a-F1-pit-crew-member-earn>
- Rojas, R. (2007). *Sistema de Costos un Proceso para su Implementacion*. Manizales : Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia .
- Shuker, D. T. (2003). *Value Stream Managment for the Lean Office*. New York : Taylor Francis Group.

- Skarin, H. K. (2010). *Kanban y Scrum Obteniendo lo mejor de ambos*. (D. Plesa, Ed.) Estados Unidos.
- Toyota Motor Manufacturing, K. I. (2006 - 2018). *Toyotageorgetown*. Recuperado el 10 de Enero de 2018, de <http://www.toyotageorgetown.com/terms.asp>
- Y. Sugimori, K. K. (2007). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-forhuman system. *International Journal of Production Research* .

ANEXOS

ANEXO 1

-SEGUIMIENTO DEL PROCESO

HOJA DE PROCESOS DE MANUFACTURA POR PIEZA						
FECHA					TEMA	
Nº DE PIEZAS	NOMBRE DE LA PIEZA	PLANOS	TIEMPO MUERTO	TIEMPO REAL	Herramientas e insumos	PIEZA FINAL
1	Fixtures cortados a laser	N-1	4 h	1:30 h	Máquina para cortar a Laser	MDF-N1
1		N-2				MDF-N2
1		N-3				MDF-N3
1	Pieza final	N3	14h secado	2 h	Horno	Tablero F-SAE

CODIGO	INSUMOS	CANTIDAD
I-1	RESINA POLISESTER	
I-2	MONOME ESTIRENO	
I-3	FIBRA DE VIDRIO 375	
I-4	SACOS DE TALCO CHINO	
I-5	PEROXIDO	
I-6	COVALTO	
I-7	ALCOHOL POLIVINILICO	
I-8	MASILLA PLASTICA EVERT COAT	
I-9	FONDO SINTETICO AUTOMOTRIZ	
I-10	PINTURA AUTOMOTRIZ	
I-11	CLEAR AUTOMOTRIZ	
I-12	DISOLVENTE AUTOMOTRIZ	
I-13	DISOLVENTE LACA	
I-14	PLANHAS GRANDES DE CARTON	

	PRENSADO 3mm	
I-15	MAQUINA DE CORTE LASER	
I-16	PLANOS	
15	ESPUMA DE RELLENO	
16	ROLLO DE ALAMBRE FINO	
17	BROCHAS	
18	DISCO DE CORTE	
19	TIJERAS	
20	ESPATULAS PLASTICAS GRANDES	
21	ESPATULAS PLASTICAS PEQUEÑAS	
22	ESPATULAS METALICAS	
23	MARCADORES	
24	REGLON	
25	PULIDORA ROTACIONAL	
26	PISTOLA TERMICA DE SECADO	
27	AMOLADORA PEQUEÑA (DREMER)	
28	GUANTES DE LATEX AZULES	
29	MASCARILLAS BASICAS	
30	GAFAS DE PROTECCION PARA CORTE	
31	MANDIL DE TRABAJO	

Código	Integrante	Fibra de Carbono	Fibra de Vidrio
1-E	Bryan Ismael Guazhambo Loja	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2-E	Luis Darío Granda Morocho		<input checked="" type="checkbox"/>
3-E	Erik Rene Tapia Viña		<input checked="" type="checkbox"/>
4-E	Francisco Alejandro Samaniego Marca		<input checked="" type="checkbox"/>
5-E	Jaime Saúl Guamán Quishpe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6-E	Luis Alfredo Montalvo Cedillo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7-E	Brian David Velesaca Mora	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

8-E	Holger Darío Pereira Ochoa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9-E	Micaela Natali Villa Rosero		<input checked="" type="checkbox"/>
10-E	Carlos Andrés Andrade Vargas		<input checked="" type="checkbox"/>
11-E	Juan Andrés Malla Buestan		<input checked="" type="checkbox"/>

ANEXO 3



High-performance carbon fiber Torayca®

HIGH-PERFORMANCE CARBON FIBER
TORAYCA

Torayca® prepreg



Torayca® prepreg is a sheet made by aligning many high-performance carbon fiber Torayca® yarns horizontally.

It is a sheet-shaped material, or formed material made by impregnating thermosetting resin (matrix resin: primarily epoxy) containing curing agent in Torayca® textile, with the former called "Torayca® unidirectional prepreg (UD prepreg)" and the latter, "Torayca® textile prepreg."

The product type can be selected based on the conditions below, depending on the characteristics, formability, etc., required of the formed product:

- Type of Torayca® yarn used, and fiber weight per unit area
- Type of matrix resin used, and content of resin to prepreg
- Product shape of prepreg, etc.

In addition to Torayca® prepreg, Toray also offers aramid fiber "kevlar" and glass fiber prepreg products, as well as hybrid prepreg products combining different fibers.

1. Features/applications of matrix resins

Resin No.	Resin	Curing temperature (°C)	Features/applications
#2500	Epoxy	130	General purpose, general industry, sporting equipment
#2580-14	Epoxy	130	Self-adhesive, flame retardant
#2510	Epoxy	135	OoA*
#2511	Epoxy	135	OoA* low void content
#2573	Epoxy	130	Impact resistant, general industry, sporting equipment
#2574	Epoxy	130	High compression, general industry, sporting equipment
#2592	Epoxy	130	General purpose, heat-resistant tough resin
#3631-2	Epoxy	180	Heat resistant, aircraft
#3633	Epoxy	180	Heat resistant, quasi impact resistant, aircraft
#3900-2B	Epoxy	180	Heat resistant, impact resistant, aircraft

*OoA: Out-of-autoclave

3. Specifications of Torayca® prepreg products

Standard length	<ul style="list-style-type: none"> ● Unidirectional prepreg: 100 m ● Woven prepreg: 50 or 100 m 		
Packing form	<p>The prepreg is rolled around a paper tube together with a silicon-coated separation paper, and the roll is packed in a sealed polyethylene bag to prevent moisture absorption.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Diameter of paper tube for unidirectional prepreg: 300 mm in inner diameter ● Diameter of paper tube for woven prepreg: 76 or 300 mm in inner diameter 		
Storage life	Storage temperature	130°C curing type	180°C curing type
	-18°C or less	6 months	6 months
	5°C or less	3 months	2 months
	20°C or less	1.5 months	14 days
Product shipment	<p>The 180°C curing type is shipped refrigerated (-18°C or less). The 130°C curing type is shipped on regular trucks unless otherwise requested.</p>		
Handling precautions	<ol style="list-style-type: none"> 1. Store the received prepreg in a freezer or refrigerator without delay. 2. Torayca® prepreg has been adjusted to have the best tackiness at room temperature (24 ± 3°C). 3. Mixing-in of impurities into the prepreg may cause curing problems or defective product. 4. Implement safety measures when handling the prepreg. <ul style="list-style-type: none"> ● Epoxy resin may cause inflammation to some people. ● Ventilate the work room well to prevent resin volatile matter from staying indoors. ● Torayca® is a good conductor. Give consideration to electrical apparatuses. ● Do not incinerate waste carbon fiber materials and carbon fiber induced products, but dispose of them correctly as industrial waste. 		


4. Handling precautions for carbon fiber

- Carbon fiber is conductive. Implement dust-proof measures to prevent electrical equipment from shorting, malfunctioning, etc., due to fibers scattering and flying around in the work area.
- No cases of health problems due to carbon fiber have been reported, but short fibers may attach to the skin or viscous membrane to cause itchiness or inflammation. When handling carbon fiber, wear a mask, gloves and other protective equipment to prevent carbon fiber from being inhaled or attaching to the skin.
- Incinerating waste material of carbon fiber or carbon fiber composite material may cause fibers to scatter and fly around and cause electrical failures. It is appropriate to bury such material as industrial waste.

Cautions

1. This product documentation does not guarantee the result or product safety/compliance achieved by applying the information provided herein. When using the product, confirm its safety/compliance according to the purpose of use.
 2. Our carbon fiber Torayca® products or technologies relating to the design, manufacturing or use thereof may be classified as the goods specified in 1 to 15 of Appended Table 1 of the Export Trade Control Order, or as the technologies specified in 1 to 15 of Appended Table 1 of the Foreign Exchange Order, or as other goods/technologies that may be specified by the government as being subject to export control for national security reasons. When exporting or providing to a non-resident any such Torayca® product or any such technology relating to the design, manufacture or use of Torayca® product, an export permission or service transaction permission must be obtained from the Minister of Economy, Trade and Industry or other necessary procedure must be taken according to the Foreign Exchange and Foreign Trade Act or other relevant law, notice, etc.
- Torayca® is a registered trademark of Toray's high-performance carbon fiber.

ANEXO 4

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ										
A	ZONA DE CORTE MATERIALES E INSUMOS					LABORATORIO DE MATERIALES					
Material (Prov.)			Cant.		ESTADO			Fecha de revisión			
					ALTO						
					MEDIO						
					BAJO						
					ALTO						
					MEDIO						
					BAJO						
					ALTO						
					MEDIO						
					BAJO						
OBSERVACIONES			<p>Para el uso y entendimiento de esta tarjeta de inventario se deben conocer los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- El cuadro azul A con un literal en mayúscula representa la Zona al que pertenecen los materiales o insumos. 2- En la sección de MATERIAL junto a la misma, existe un paréntesis “(Prov.)”; esta es una abreviación de “PROVEEDORES”; junto a cada material descrito se colocarán los códigos de las tarjetas KANBAN de proveedores. Eje, Cintas adhesivas (A1). 3- En la sección de ESTADO existe un rango denominado como ALTO, MEDIO y BAJO; en cada casillero al finalizar la jornada se debe contabilizar el material utilizado y anotarlo en esta tarjeta conjuntamente con la fecha en la que se realizó el trabajo. 								
NOTAS											
NOTAS											
NOTAS											
NOTAS											
NOTAS											