Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Estudio para el modelado e impresión 3D de autopartes

Benjamín Josué Cedeño Alvarado

Director: Mg. Wernher Tellez Gómez

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Mg. Wernher Tellez Gómez

CERTIFICA

Que el trabajo **"ESTUDIO PARA EL MODELADO E IMPRESIÓN 3D DE AUTOPARTES"** realizado por el estudiante: Benjamín Josué Cedeño Alvarado ha sido guiado y revisado periódicamente, cumpliendo las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el reglamento de estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. Este trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: Benjamín Josué Cedeño Alvarado que lo entregue a la biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos

Guayaquil, septiembre de 2018

Mg. Wernher Tellez

Director de proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Benjamín Josué Cedeño Alvarado,

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada **"ESTUDIO PARA EL MODELADO E IMPRESIÓN 3D DE AUTOPARTES"** ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyado en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, septiembre de 2018

Benjamín Josué Cedeño Alvarado

C.I. 0950796102

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico primeramente a Dios por darme su espíritu el que a su vez me ha dado fuerza de voluntad para poder día a día superar los obstáculos que se me han presentado a lo largo de esta carrera.

A mis padres Guillermo Cedeño y Letty Alvarado que han sido los pilares fundamentales en mi vida familiar y académica, también se lo dedico a mis hermanos y a todos los integrantes de mi familia que de una u otra forma me han dado su apoyo tanto moral como económico para poder cumplir con éxito este objetivo.

A mis amigos y hermanos que de varias maneras también me han dado su apoyo con palabras de aliento, pero haciéndome ver que sobre todas las cosas lo principal es Dios.

Benjamín Cedeño Alvarado

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Jehová que me ha dado las fuerzas para poder cumplir con esta meta que me plantee y haber logrado este objetivo, siempre recordando que ningún reconocimiento académico es más importante que el reconocimiento de Dios y que a pesar de haber logrado este objetivo esto no es motivo para tener una actitud superior a los demás sino más bien siempre el mantener una actitud de respeto y humildad hacia los demás, recordando también que aparte de ser mi Dios es mi amigo y mi padre y que ante cualquier situación adversa siempre he acudido a Él mediante oración.

A mis padres Guillermo Cedeño y Letty Alvarado, también quiero agradecer a toda mi familia que sin duda alguna me ha dado su apoyo de diversas maneras tanto económico, emocional y moral dándome palabras de aliento cuando me he encontrado ante desafíos que quisieron truncar esta meta planteada, a mis amigos que me han brindado su apoyo de distintas maneras cuando he afrontado dificultades.

También quiero agradecer a cada docente de la Facultad de Mecánica Automotriz de la UIDE que me han compartido sus experiencias y conocimientos para posteriormente poderlos poner en práctica, que además han sido mi inspiración para superar límites de conocimiento.

Benjamín Cedeño Alvarado

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO ii

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD iii

AGRADECIMIENTO v

ÍNDICE GENERAL vi

ÍNDICE DE TABLAS ix

ÍNDICE DE FIGURAS x

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

CAPÍTULO I 1

ANTECEDENTES 1

1.1 Situación actual del mercado de autopartes en el Ecuador 1

1.1.1 Realidad del mercado automotriz nacional 1

1.1.2 Cifras relevantes en el mercado automotriz del Ecuador 2

1.1.3 Producción nacional de vehículos en el Ecuador 3

1.3 Objetivos 5

1.3.1 Objetivo general 5

1.3.2 Objetivos específicos 5

1.4. Fortalezas de la industria nacional de autopartes 5

1.5 Debilidades de la industria nacional de autopartes 6

1.6 Nuevas tecnologías para la fabricación de autopartes. 8

CAPÍTULO II 9

MARCO TEÓRICO 9

2.1 La impresión 3D 9

2.2 Tipos de impresión 3D 9

2.2.1 Impresión 3D por FDM 10

2.2.1.1 Proceso para la impresión 3D mediante FDM 11

2.2.2 Impresión 3D por SLA 15

2.2.2.1 Proceso para la impresión 3D mediante SLA 17

2.2.3 Impresión 3D Multi Jet Fusión 21

2.2.3.1 Proceso para la impresión 3D mediante Multi Jet Fusion 22

2.2.4 Impresión 3D en metal 25

2.2.4.1 Proceso para la impresión 3D en metal 26

2.3 Aspectos importantes de la tecnología 3D 30

2.4 Modelado e impresión 3D 31

2.4.1 Ingeniería mecánica aplicada al diseño 37

2.4.2 Fases del proceso de diseño 38

2.4.3 Aspectos a tener en cuenta en el diseño mecánico 41

2.4.4 Esfuerzo y resistencia del diseño mecánico 42

2.4.5 Selección del material para la fabricación de una pieza mecánica 44

2.4.6 Uso de termoplásticos para la fabricación de piezas mecánicas 46

2.4.7 Usos relevantes de la impresión en 3D en la industria automotriz 47

2.4.8 Diseño y modelado mecánico de autopartes 49

2.4.5 Uso de Autodesk Inventor Como herramienta de modelado de autopartes 52

CAPÍTULO III 53

RECOLECCIÓN DE DATOS 53

3.1 Impresión 3D de una autoparte utilizando la impresora Rostock Max V3 53

3.1.1 Proceso para la impresión 3D mediante la impresora Rostock Max V3 56

3.1.1.1 Diseño y modelado de autoparte utilizando Autodesk Inventor. 56

3.1.1.2 Inicio de la impresión de la autoparte. 58

3.1.1.3 Extrusión y materialización del modelado en la impresora 3D Rostock Max V3 60

3.1.1.5 Finalización del proceso de impresión y acabado final 62

CAPÍTULO IV 63

ANÁLISIS DE RESULTADOS 63

CAPÍTULO V 66

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 66

5.1 Conclusiones 66

5.2 Recomendaciones 67

BIBLIOGRAFÍA 68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Venta de vehículos 2010-2017 2

Tabla 2. Características a tomar en cuenta en el diseño mecánico 42

Tabla 3. Materiales más comunes en la fabricación de autopartes 45

Tabla 4. Lista de termoplásticos y sus características relevantes 47

Tabla 5. Comparación de precios de tecnología regular vs impresión 3D 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción anual de vehículos en el Ecuador 4

Figura 2. Autoparte de fabricación ecuatoriana 7

Figura 3. Impresora 3D por FDM 10

Figura 4. El modelado 3D para impresión por FDM 12

Figura 5. Inicio de fundición del material 13

Figura 6. Extrusión del material y proceso de fundición 14

Figura 7. Remoción final de la pieza. 14

Figura 8. Finalización de la pieza 15

Figura 9. Impresora 3D con tecnología SLA 17

Figura 10. El modelado en 3d en SLA 18

Figura 11. Curación del líquido por ultravioleta 18

Figura 12. Formación de la pieza por endurecimiento del material 19

Figura 13. Polimerización y remoción de la pieza 20

Figura 14. Acabado de la pieza por SLA 21

Figura 15. Impresora 3D Multi Jet Fusion 22

Figura 16. El modelado en 3d en SLA 23

Figura 17. Inyección de agentes fusor y de detalle 23

Figura 18. Calentamiento de la pieza 24

Figura 19. Limpieza de la pieza 24

Figura 20. Pieza terminada 25

Figura 21. Impresora 3D en metal RENISHAW 25

Figura 22. Modelado de 3D para impresión en metal 27

Figura 23. Inicio de proceso de impresión en metal 28
Figura 24. Construcción de la pieza en metal 28
Figura 25. Retiro del exceso de polvo 29
Figura 26. Tratamiento térmico de la pieza final 29
Figura 27. Pieza finalizada impresa en metal 30
Figura 28. Impresora 3D realizando figuras complejas 31
Figura 29. Fabricación de pieza de moto en software de modelado 3D 33
Figura 30. Modelado en Autokesk Inventor 35
Figura 31. Esfera solida creada en Solidworks 2014 36
Figura 32. Esfera poligonal (malla) creada en Modo 901 37
Figura 33. Fases del proceso de diseño 39
Figura 34. Fórmulas para cálculo de fuerzas y torsión 44
Figura 35. Impresora 3D utilizada en la planta de Ford en Kentucky 49
Figura 36. Motor modelado en software CAD 51
Figura 37. Entorno de trabajo de Autodesk Inventor 52
Figura 38. Impresora Rostock Max V3 53
Figura 39. Extrusor de impresora Rostock Max V3 54
Figura 40. Cable de poder de impresora Rostock Max V3 54
Figura 41. Cable de datos para impresora Rostock Max V3 55
Figura 42. Pantalla de impresora Rostock Max V3 55
Figura 43. Diseño de brazo de biela en Autodesk Inventor 56
Figura 44. Vista inferior de brazo de biela en Autodesk Inventor 57
Figura 45. Vista superior de brazo de biela en Autodesk Inventor 57

Figura 46. Rollo de material PLA o ácido poliláctico 58
Figura 47. Preparación de cama de impresora Rostock Max V3..... 59
Figura 48. Software para iniciar la impresión del modelado terminado..... 59
Figura 49. Inicio de la impresión del modelado en 3D..... 60
Figura 50. Brazo de biela a escala impreso en 3D..... 60
Figura 51. Cabeza de biela a escala impreso en 3D..... 61
Figura 52. Remoción de la pieza terminada..... 61
Figura 53. Brazo y cabeza de biela impresos en 3D..... 62
Figura 54. Cabeza de biela impresa en 3D para uso didáctico 64

RESUMEN

Actualmente el mercado autopartista del Ecuador presenta grandes desafíos para su progreso y desarrollo debido a que existen muchas limitaciones que frenan el desenvolvimiento de esta industria como por ejemplo mercados externos que presentan una mayor competitividad además, existen diversos factores que impiden que este crezca uno de ellos es la falta de recursos económicos pero también tecnológicos por ende el montar una fábrica para la fabricación de piezas automotrices se limita solamente a partes de fácil fabricación como por ejemplo piezas metalmecánicas, neumáticos, vidrios, pintura, partes electrónicas como radios y parlantes, asientos y en su minoría partes plásticas.

Resulta muy difícil ir más allá e involúcranos en la construcción de piezas más complejas del automóvil, para ello se abre la posibilidad de utilizar nuevas tecnologías para producir autopartes como por ejemplo programas de diseño y modelado y su posterior materialización mediante impresoras 3D que nos permiten realizar la fabricación de las partes y piezas a un menor costo, a través de este estudio se demostró que la posibilidad de realizar autopartes a través de herramientas 3D es factible pero también debemos tomar en cuenta las limitantes que esta presenta como por ejemplo los materiales que podemos utilizar y el tiempo que demanda la construcción de una pieza sin embargo, queda demostrado que se debe tomar en cuenta esta opción como una de las primeras tanto así que actualmente grandes empresas de la industria automotriz ya lo están realizando.

ABSTRACT

Currently, the autoparts market in Ecuador presents great challenges for its progress and development due to the fact that there are many limitations that hinder the development of this industry, such as external markets that present greater competitiveness, and there are several factors that prevent it from growing one of them It is the lack of economic resources but also technological, therefore the setting up of a factory for the manufacture of automotive parts is limited only to easily manufactured parts such as metalworking parts, tires, glass, paint, electronic parts such as radios and speakers, seats and in its minority plastic parts.

It is very difficult to go further and involve us in the construction of more complex parts of the car, for this opens the possibility of using new technologies to produce auto parts such as design and modeling programs and subsequent materialization using 3D printers that allow us to perform The manufacture of parts and pieces at a lower cost, through this study showed that the possibility of making auto parts through 3D tools is feasible but we must also take into account the limitations that this presents such as materials that we can use and the time required to build a piece however, it is demonstrated that this option should be taken into account as one of the first so much so that currently large companies in the automotive industry are already doing so.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Situación actual del mercado de autopartes en el Ecuador

1.1.1 Realidad del mercado automotriz nacional

La producción de autopartes de origen nacional nunca se termina de concretar, por ejemplo, las autopartes de fabricación nacional de un vehículo ensamblado en Ecuador han oscilado entre 5% en épocas de crisis y han llegado al 20% en las mejores épocas.

Actualmente existen varios problemas que impiden el desarrollo de la industria automotriz en el Ecuador entre las mayores dificultades tenemos: mercados pequeños y dificultades tecnológicas. Adicionalmente los niveles de producción bajos en comparación a otros países de la región no permiten asegurar un nivel óptimo y constante que sea sostenible y rentable.

Aunque en el mundo globalizado la tecnología se esparce rápidamente en áreas como la electrónica no sucede lo mismo con la industria manufacturera ya que se requiere un conjunto de elementos complejos para poder lograr este objetivo enfocándonos en el sector automotriz uno de los mayores problemas que existen son las dificultades tecnológicas ya que tienen relación con la idea de que un vehículo es un conjunto de partes que forman un sistema: sistema: el motor, la caja, la suspensión, los frenos, la electrónica, etc. trabajan como partes de un todo y deben poder interactuar entre ellas. (ESPAE, 2017)

Si un país quiere empezar el desarrollo de una parte mecánica de un vehículo que previamente ha sido desarrollado por una empresa automotriz grande esta necesita información respecto a otras de las piezas que se encuentran en el sistema del vehículo con el fin de que puedan trabajar en conjunto. Esta información es algo que los fabricantes no están dispuestos a compartir con los pequeños productores de autopartes por temor a la competencia. Lo que ha hecho que la competencia local sea baja y se limite solo ha partes y piezas de fácil construcción que no requieren una gran intervención de ingenieros especializados. (ESPAE, 2017)

1.1.2 Cifras relevantes en el mercado automotriz del Ecuador

En Ecuador la industria de fabricación automotriz se desarrolla alrededor de 3 plantas ensambladoras (4 hasta 2015), a las que se suman empresas proveedoras de partes y fabricantes de carrocerías. La industria local registró la venta de 105.077 unidades en el año 2017 de la cual 40.138 unidades corresponden a ensamblaje local equivalente al 38.20% y 64.939 unidades vendidas las cuales fueron importadas correspondientes al 61.80%. Por otro lado, el sector automotriz (incluyendo talleres, comercializadoras y servicios de transporte) generó en 2015 un total de 137,445 empleos (5.5% menos respecto al año previo), lo que significó 1.8% de la PEA del país, destacando además que la remuneración promedio en las industrias ensambladoras es superior en más de 47% al de otras manufactureras. (ESPAE 2017)

Tabla 1. Venta de vehículos 2010-2017

Ventas de vehículos en unidades y porcentaje de participación. 2010-2017					
Año	**Ensamblaje**	**%**	**Importación**	**%**	**Total**
2010	55.683	42.13%	76.489	57.87%	132.172
2011	62.053	44.36%	77.840	55.64%	139.893
2012	56.395	46.44%	65.051	53.56%	121.446
2013	55.509	48.77%	58.303	51.23%	113.812
2014	61.855	51.52%	58.205	48.48%	120.060

2015	43.962	54.07%	37.347	45.93%	81.309
2016	31.775	50.00%	31.780	50.00%	63.555
2017	40.138	38.20%	64.939	61.80%	105.077

Comparando globalmente , Ecuador presenta escasos valores en cuanto a movimiento en el mercado automotriz se refiere es decir en ventas del sector automotriz por habitante, además las regulaciones ambientales siguen siendo considerablemente bajas en contraposición a otros países de la región, pero el precio que se paga por una autoparte o un vehículo es mucho mayor a lo de otros países esto sucede por costos de importación en el caso de vehículos ensamblados en el extranjero y por altos costos tributarios que afectan no solamente a vehículos de origen extranjero sino también a los de producción local

Se proyecta que en la industria automotriz para el año 2020 el mercado global de vehículos supere los 100 millones, lo que aumentara en un 50% las ganancias netas de los fabricantes de equipos originales, lo que ayudara al desarrollo de mercados emergentes. Actualmente se está desarrollando en corto plazo nuevas técnicas para poder reducir aún más el peso, consumo y electrificación de vehículos. Esto permitirá una industria automotriz más global y por ende mercados más competentes. (ESPAE, 2017)

Algunas de las perspectivas para el año 2030 son: mercados cambiantes y fuentes de ingresos (movilidad compartida); cambios en la conducta de movilidad (segmentación por tipo de ciudad); difusión de tecnología avanzada (vehículos eléctricos y autónomos); y nueva competencia y cooperación. (ESPAE, 2017)

1.1.3 Producción nacional de vehículos en el Ecuador

En el Ecuador los mayores consumidores directos de autopartes son las ensambladoras nacionales: GM Ecuador, Maresa y Aymesa, la producción anual de

vehículos en el Ecuador en el 2017 fue de 39.219 unidades aumentando considerablemente en relación al año 2016 la cual fue de 26.786 unidades, pero siendo mucho menor al máximo registrado en el año 2012 la cual alcanzo 81.398 unidades.

La industria automotriz del Ecuador en cuanto a vehículos ensamblados se refiere presenta una leve recuperación en comparación con el año 2016 sin embargo en general va perdiendo mercado considerablemente si tomamos en cuenta la producción nacional de la última década.

Por ejemplo, la participación de vehículos de ensamblaje nacional en el Ecuador disminuyo de 55,7% en enero de 2015 a 34,6% en enero del 2018, lo que representa una disminución de 21 puntos, además entre enero y abril del 2017 el 46,9 de vehículos vendidos fueron ensamblados en el país y el 53,1 % de las ventas correspondió a vehículos importados. En comparación de enero a abril del 2018 los autos importados vendidos en el país correspondieron a 68,1% y la venta de vehículos ensamblados en el Ecuador disminuyo al 31,9%, en la figura 1 se puede observar la producción anual de vehículos desde el 2000. (AEADE 2017)

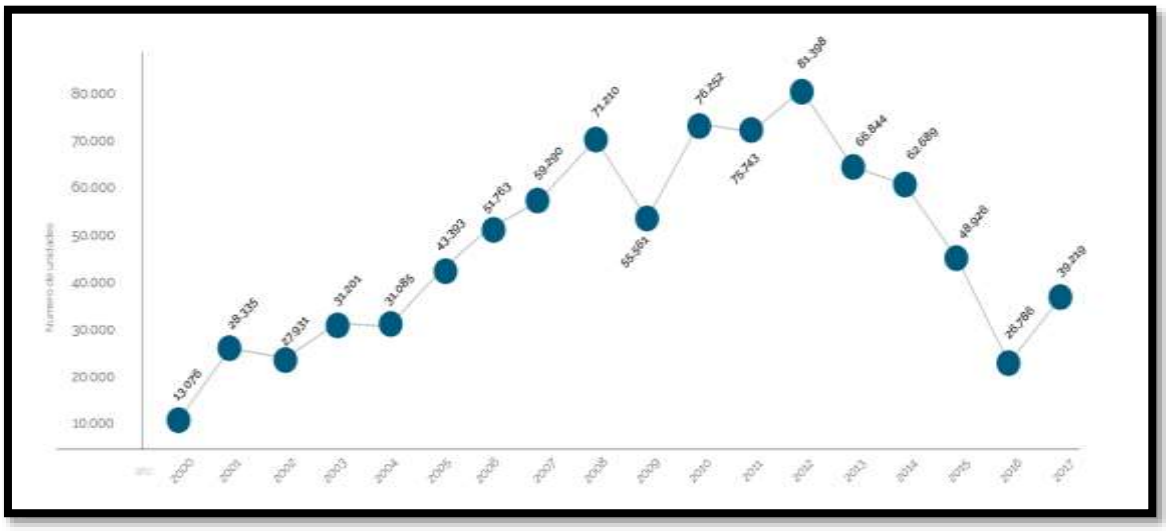

Figura 1. Producción anual de vehículos en el Ecuador
(AEADE, 2017)

Las cifras son una muestra clara de que la producción automotriz nacional no es constante ni estable consecuencia de la ausencia de políticas públicas que permitan tener una regulación fuerte en la industria automotriz, se ha hecho un gran esfuerzo por tomar medidas que regulen el ensamblaje en el país como por ejemplo exigir que las partes fabricadas localmente sea de aproximadamente el 20%.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un estudio el cual nos permita establecer la factibilidad que existe para modelar y construir autopartes utilizando herramientas 3D

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar partes automotrices utilizando software de modelado 3D.
- Construir autopartes utilizando impresión 3D.
- Estudiar que tan optimo es el uso de herramientas de modelado para el diseño y la construcción de autopartes.

1.4. Fortalezas de la industria nacional de autopartes

Debido a la demanda generada por empresas ensambladoras de vehículos y decretos que tratan de impulsar el desarrollo del sector automotriz como el acuerdo ministerial 17131 que suscribió el ministerio de industrias en el 2017 el cual determino que los autos que se ensamblan en el ecuador contengan por lo menos un 19 % de partes de producción nacional, la industria automotriz ha respondido favorablemente en el desarrollo y construcción de partes y piezas para os vehículos de manufactura nacional permitiendo así que estas se abastezcan y se puedan producir automotores con un

porcentaje de autopartes de construcción cien por ciento nacional, el porcentaje ha ido creciendo de un 5 % en épocas de crisis y llegando a bordear el 20 %

El acuerdo que firmó el ministerio de industrias en el 2017 incentivo a los empresarios a invertir en factorías para poder abastecer a las ensambladoras. De acuerdo con la AEADE en el ecuador existen 92 empresas que fabrican partes automotrices principalmente fabrican ejes y partes de transmisión a excepción de cajas de cambios, chasis, baldes y coberturas para camionetas, partes de suspensión entre ellos amortiguadores y ballestas. Entre los tipos de industrias que se vinculan al sector automotriz son las dedicadas a fabricación de piezas metalmecánicas, neumáticos, vidrios, pintura, partes electrónicas como radios y parlantes, asientos y en su minoría partes plásticas. (AEADE, 2017).

1.5 Debilidades de la industria nacional de autopartes

La dificultad que existe dentro del país en cuanto al desarrollo de autopartes lo que nos hace dependientes totalmente del mercado extranjero de partes automotrices, el planteamiento surge ya que uno de los principales obstáculos para el desarrollo de la industria de manufactura de autopartes en el territorio nacional es el diseño de estas partes y piezas y su posterior ejecución de construcción, sin embargo actualmente existen un sinnúmero de herramientas las cuales han hecho posible que este problema encuentre soluciones una de ellas son la gran cantidad de software de modelado que se han ido desarrollando en los últimos años las que orientadas al área automotriz nos pueden dar como resultado proyectos que resulten de gran factibilidad para el desarrollo de autopartes.

Las industrias autopartistas del Ecuador han demostrado que actualmente es posible generar partes y piezas en el país permitiendo así abastecer poco a poco a las

ensambladoras nacionales, el sector automotriz cuenta con varios acuerdos para fomentar la industria sin embargo el desarrollo se encuentra un tanto truncado por la falta de garantías que permitan un desarrollo sostenible y constante en la industria autopartista local esto es producto de que la cantidad de vehículos ensamblados en el Ecuador no es constante y esto afecta directamente a la industria local de autopartes ya que al ensamblarse menos vehículos la demanda de partes también es menor.

Las empresas autopartistas generan alrededor de 5000 plazas de trabajo pero la estabilidad de estos se encuentra en riesgo debido a la inestable producción local de vehículos den no solucionarse los problemas las ensambladoras pueden partir del ecuador hacia países vecinos como Colombia o Perú y desde allá exporta al Ecuador, lo que generaría una masiva salida de personal de este tipo de empresas tomando en cuenta también que por cada empleo directo en una ensambladora esta genera hasta siete puestos de trabajos en empresas autopartistas, en la figura 2 se puede ver una autoparte de fabricación nacional.

Figura 2. Autoparte de fabricación ecuatoriana

(Diario El Heraldo)

Otra de la debilidades con las que cuenta la industria de autopartes del Ecuador es la tecnología lo que impide la creación de partes y piezas en las que se necesita mayor desarrollo tecnológico y que demanden mayor complejidad como por ejemplo computadoras o partes electrónicas en las que se necesita la participación de tecnología de punta lo que ha frenado en gran medida el porcentaje de piezas nacionales incluidas en un vehículo ensamblado en el Ecuador, ha esto se suman los altos costos que generaría la actualización de plantas para producir piezas de alta complejidad lo que por la demanda e inestabilidad de producción nacional no es sustentable y muy arriesgado para los empresarios.

1.6 Nuevas tecnologías para la fabricación de autopartes.

Actualmente existen varios softwares para el modelado y diseño de partes automotrices y también maquinas las cuales permiten realizar replicas incluso de tamaño real como son las impresoras 3D esto es sin duda una herramienta la cual enfocada dentro de este mercado nos puede dar como resultado establecer un sólido inicio dentro del mercado de repuestos automotrices de origen nacional.

El estudio surge para poder determinar la factibilidad que existe de usar herramientas de modelado dentro del mercado nacional de autopartes además de máquinas como son las impresoras 3D que nos permitan ejecutar resultados reales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 La impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, fue desarrollada en la década de 1980 como un proceso utilizado para hacer objetos tridimensionales. La fabricación aditiva crea piezas desde cero, fusionando capas de material. Su contraparte, fabricación sustractiva, comienza con material **y** elimina el exceso hasta que solo quede la forma deseada.

Existen varios métodos de impresión 3D. La más usada se la conoce como Modelado de Deposición Fusionada (FDM). Este método utiliza una cabeza de boquilla única para extruir material fundido, típicamente de plástico, capa por capa sobre una plataforma de construcción de acuerdo a los datos 3D que se han suministrado a la impresora Otros procesos de impresión 3D, como estereolitografía (SLA), mediante este proceso se fusiona el material líquido al curarlo con un láser UV; mientras que Binder Jetting fusiona el material en polvo con un spray de unión hoy en día, estos métodos son aún más caros y especializado que el FDM.

2.2 Tipos de impresión 3D

Actualmente el mundo de la impresión 3D no tiene restricciones el rápido avance de esta tecnología y su costo cada vez menor ha permitido que se puedan utilizar en distintos sitios desde empresas que se dedican a realizar varios tipos de trabajos con el uso de tecnología 3D, pasando por universidades e inclusive en casas para usos variados.

Sin embargo, no todas las impresoras 3D son iguales existen muchos tipos de tecnologías para la Impresión 3D básicamente podemos diferenciar los siguientes tipos:

- Impresión por deposición de material fundido (FDM).
- Impresión por estereolitografía (SLA).
- Impresión Multi Jet Fusión.
- Impresión de metal.

2.2.1 Impresión 3D por FDM

El Modelado de Deposición Fusionada (FDM). Es una tecnología de fabricación aditiva. Este proceso implica el uso de un cabezal de trabajo para derretir un termoplástico suministrado en forma de un cable o filamento y extrudir el termoplástico fundido a través de una pequeña boquilla para depositar el material a lo largo de una ruta planificada con control de computadora.

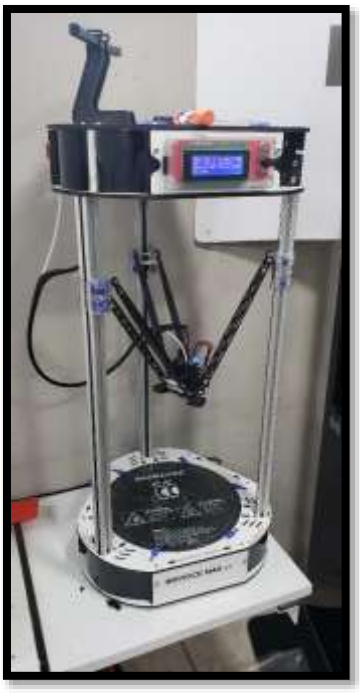

Figura 3. Impresora 3D por FDM
(Benjamín Cedeño Alvarado)

La necesidad de reducir el tiempo de entrega y el costo de fabricación mientras se mantiene o mejora la calidad y la repetitividad es un desafío bien apreciado en la industria. Este desafío es aún más evidente en la fabricación de piezas compuestas, donde muchos fabricantes buscan nuevos métodos para reducir los costos de desarrollo de productos y los tiempos de ciclo.

El Modelado de Deposición Fusionada (FDM). Se ha utilizado ampliamente para la creación de prototipos durante muchos años. Hasta cierto punto, su capacidad para proporcionar una variedad de patrones, moldes y herramientas han demostrado opciones que pueden reducir significativamente los costos y los tiempos de ciclo.

2.2.1.1 Proceso para la impresión 3D mediante FDM

El Modelado de Deposición Fusionada (FDM). Es una tecnología basada en filamentos donde un cabezal con temperatura controlada extruye un material termoplástico capa por capa sobre una plataforma de construcción. Se crea una estructura de soporte cuando es necesario y se construye en un material soluble en agua.

2.2.1.1.1 El Diseño y modelado de la pieza por impresión FDM.

En este paso empezamos por la creación del boceto para su posterior ingreso al programa que utilizaremos para realizar el modelado existen varios programas que se pueden utilizar para proceder a realizar el diseño y modelado en 3D.

Hay dos tipos principales de modelos 3D: modelos de diseño asistido por computadora (CAD) y modelos de malla 3D, que definen la forma y la superficie. Un modelo de CAD se puede considerar más como un conjunto de pasos para crear el objeto, que se puede ajustar a lo largo del camino sin reescribir todo el archivo. Una malla es más una representación de cómo se verá la superficie del objeto, nombrado por su apariencia que se asemeja a la malla envuelta alrededor de un objeto.

Figura 4. El modelado 3D para impresión por FDM (www.materialise.com)

2.2.1.1.2 Inicio de la impresión 3D.

En el segundo paso se inicia la impresión en 3D y conlleva también la selección del material que vamos a utilizar entre la variedad que podemos elegir están los plásticos de alta y baja resistencia, plásticos rígidos y flexibles además algunos presenta acabados que se parecen a la madera y metales, todos estos vienen en la forma de hilo de plásticos llamadas filamentos en impresoras 3D FDM se usan diámetros de 3mm o 1.75 mm, cada impresora usa solamente uno de los 2 diámetros para saber cual corresponde debemos de examinar el manual del fabricante para cerciorarnos que el que vayamos a utilizar sea el correcto.

Una vez que hemos puesto el material en la impresora previamente a su calibración esta empieza a calentar la temperatura dependerá del material que estemos utilizando ya que los diversos filamentos presentan temperaturas variables de fundición por ejemplo si utilizamos filamentos tipo ABS la temperatura aproximada es de 230 °C.

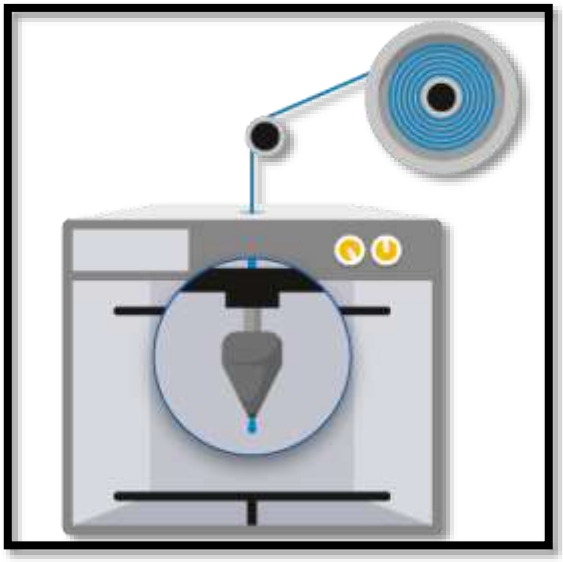

Figura 5. Inicio de fundición del material
(www.materialise.com)

2.2.1.1.3 Extrusión y materialización del diseño

Las impresoras funcionan dividiendo el objeto en varias capas las cuales se van creando a través del proceso de extrusión del material, extrudir quiere decir dar forma a un material en casi todos los casos plásticos con el fin de hacerla salir por un orificio, el material que sale por el orificio del extrusor en forma circular termina en forma de hilo, cuando el material que ha pasado por el extrusor se derrite y para por el orificio se calienta, pero cuando se enfría se vuelve a endurecer.

Las impresoras permiten calentar el plástico por medio del extrusor que sale en forma de filamento, el extrusor por lo general se mueve para ir formando capaz que permitan crear el elemento tridimensional.

Posteriormente el modelo que hemos enviado a imprimir mediante el respectivo software se materializa depende de la forma que le hallamos dado el proceso puede tardar desde unos minutos y puede extenderse hasta varias horas o días dependiendo de la forma el tamaño y la cantidad de material que utilicemos

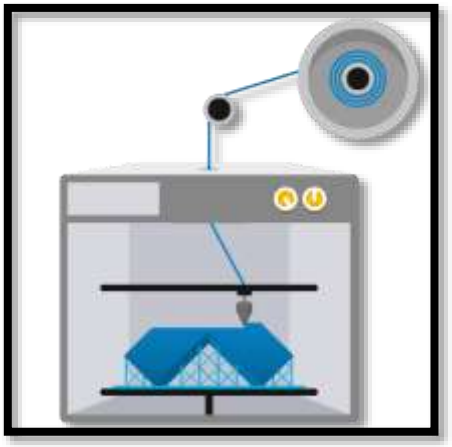

Figura 6. Extrusión del material y proceso de fundición
(www.materialise.com)

2.2.1.1.4 Remoción de la pieza impresa

Una vez que hemos terminado de realizar la impresión 3D debemos dejar pasar aproximadamente 15 minutos antes de proceder a retirar la parte de la base y utilizarla para que se enfríe lo suficiente, si procedemos a separar la pieza antes que se enfríe esta puede tender a deformarse y por ende perderá calidad de acabado, para proceder a separar la pieza podemos ayudarnos de alguna herramienta como una espátula, debemos recordar que antes de proceder a realizar la impresión debemos colocar un material que permita la adhesión de la pieza desde gomas pasando por lacas hasta materiales especializados para este proceso.

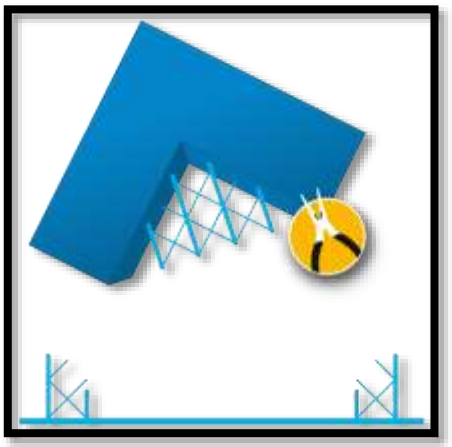

Figura 7. Remoción final de la pieza.
(www.materialise.com)

2.2.1.1.5 Finalización del proceso en FDM.

Para piezas que necesiten un acabado superficial de calidad es necesario la aplicación de distintas técnicas de acabado como por ejemplo resinas de recubrimientos, acetonas o vapor además de pulidos para optimizar el acabado de la pieza esto depende del uso que le vallamos a dar a la pieza.

Figura 8. Finalización de la pieza
(www.materialise.com)

2.2.2 Impresión 3D por SLA

La impresión 3D por estereolitografía (SLA) es una tecnología de fabricación aditiva, que convierte los materiales líquidos en partes sólidas, capa por capa, curándolos selectivamente utilizando una fuente de luz en un proceso llamado fotopolimerización. La estereolitografía (SLA) se utiliza ampliamente para crear modelos, prototipos, patrones y piezas de producción para una amplia gama de industrias, desde la ingeniería y el diseño de productos hasta la fabricación, la odontología, la joyería, la fabricación de modelos y la educación.

En una impresora 3D por SLA el láser UV apunta a dos galvanómetros de espejo, que dirigen la luz a las coordenadas correctas en una serie de espejos, enfocando la luz

hacia arriba a través del fondo de la tina y curando una capa de resina de fotopolímero contra el fondo del tanque. Una combinación de la plataforma de construcción vertical y el movimiento horizontal del tanque separa la capa curada del fondo del tanque y la plataforma de construcción se mueve hacia arriba para permitir que la resina fluya por debajo. El proceso se repite hasta que se completa la impresión. En los sistemas más avanzados, el tanque se calienta para proporcionar un entorno controlado, y un limpiador pasa a través del tanque entre las capas para hacer circular la resina y eliminar los racimos de resina semicurada.

Una ventaja de este enfoque al revés es que el volumen de construcción puede exceder sustancialmente el volumen del tanque, ya que la máquina solo requiere suficiente material para mantener la parte inferior de la cuba de construcción continuamente cubierta de líquido. Esto hace que en general sea más fácil mantener, limpiar, intercambiar materiales, y también permite un tamaño de máquina mucho más pequeño y menor costo, lo que hace posible llevar SLA al escritorio.

La tecnología 3D por SLA viene con su propio conjunto de limitaciones. Debido a las fuerzas de pelado que afectan a la impresión cuando se separa de la superficie del tanque, el volumen de construcción es limitado, y se requieren estructuras de soporte más grandes para mantener la pieza unida a la plataforma de construcción. Las fuerzas de desprendimiento también limitan el uso de materiales más flexibles.

Figura 9. Impresora 3D con tecnología SLA
(www.3dnatives.com)

2.2.2.1 Proceso para la impresión 3D mediante SLA

En la impresión 3D por SLA se diferencia de la FDM en que mediante la estereolitografía utiliza un material líquido para realizar la impresión de la pieza sin embargo la FDA comienza con un material solido que posteriormente es derretido mediante extrusión

2.2.2.1.1 El Diseño y modelado de la pieza por impresión SLA

Al igual que en la impresión por FDM en la estereolitografía se empieza creando la pieza esto se lo realiza mediante software de diseño y modelado que pueden ser asistidos por computadora (CAD) o modelos de malla 3D lo que permiten crear la forma final de la pieza.

Figura 10. El modelado en 3d en SLA
(www.materialise.com)

2.2.2.1.2 Inicio de la impresión 3D por SLA

En este paso el rayo láser UV escanea la superficie de la resina y procede a endurecer el líquido de curación por ultravioleta.

Figura 11. Curación del líquido por ultravioleta
(www.materialise.com)

2.2.2.1.3 Formación de la pieza por endurecimiento selectivo

En este paso la cama o plataforma va bajando gradualmente a medida que el láser selectivamente procede a endurecer el material así poco a poco se va formando la pieza y a la vez su soporte.

Figura 12. Formación de la pieza por endurecimiento del material (www.materialise.com)

2.2.2.1.4 Finalización de impresión y remoción de la pieza en una impresora SLA

Después de completarse la impresión, la pieza debe permanecer en la plataforma ya que se encuentran verdes es decir aún no se le ha realizado la polimerización lo que hace que sus propiedades mecánicas, físicas y térmicas no estén completas, por lo general una impresora SLA contiene una cámara de post-curado que nos ayudan a terminar el proceso de impresión este permite que se establezcan las propiedades antes mencionadas y por ende se alcance mayor resistencia y esta se vuelva más estable, este paso es sumamente importante para que la pieza pueda ser funcional para el uso que se le determine posteriormente.

Figura 13. Polimerización y remoción de la pieza
(www.materialise.com)

2.2.2.1.5 Acabados finales en piezas impresas por SLA

Muchas de las impresoras que trabajan mediante el proceso de estereolitografía adicionalmente constan de una cámara de post-curado al proceso de polimerización esto permite que sus propiedades mecánicas se estabilicen además que alcancen mayor resistencia y se vuelvan más estables.

Las resinas utilizadas en este tipo de impresora brindan características superiores a la FDM por ejemplo una mayor resolución y un acabado de superficie uniforme después de terminar el proceso, si bien se recomienda el post-curado no siempre es necesario según la aplicación que le vayamos a dar.

Figura 14. Acabado de la pieza por SLA
(www.materialise.com)

2.2.3 Impresión 3D Multi Jet Fusión

Multi Jet Fusion es una tecnología de impresión 3D industrial que produce prototipos de nylon funcionales y piezas de producción de uso final. Las piezas finales exhiben acabados superficiales de calidad, resolución fina de características y propiedades mecánicas más consistentes en comparación con procesos como la sinterización láser selectiva.

Este tipo de impresoras utilizan una matriz de chorro de tinta para aplicar selectivamente agentes de fusión y detallado a través de una capa de polvo de nylon, que luego se fusionan mediante elementos de calentamiento en una capa sólida. Después de cada capa, el polvo se distribuye en la parte superior de la cama y el proceso se repite hasta que la pieza se completa.

Cuando finaliza la construcción, todo el lecho de polvo con las partes encapsuladas se traslada a una estación de procesamiento donde la mayoría del polvo suelto se elimina mediante una aspiradora integrada. A continuación, las piezas se limpian

con chorro de bolas para eliminar el polvo residual restante antes de llegar al departamento de acabado donde se tiñen de negro para mejorar la apariencia cosmética.

Figura 15. Impresora 3D Multi Jet Fusion
Fuente: (www8.hp.com)

2.2.3.1 Proceso para la impresión 3D mediante Multi Jet Fusion

La impresión 3D utilizando la tecnología Multi Jet Fusion se diferencia en que esta no utiliza láser, el polvo o material que utiliza se calienta de forma uniforme para proceder a salir. Existe un agente fusor que se pulveriza en los puntos en los que las partículas deben fundirse mediante un proceso selectivo. Además, se proyecta sobre el contorno de la pieza un agente que ayuda a aumentar la resolución de la pieza, el material que se proyecta va aumentando su temperatura y se distribuye uniformemente.

2.2.3.1.1 El Diseño y modelado de la pieza por Multi Jet Fusion

De igual manera para realizar un diseño y modelado por Multi Jet Fusion se crea la pieza lo podemos realizar mediante software de diseño y modelado que pueden ser asistidos por computadora (CAD) o modelos de malla 3D lo que permiten crear la forma final de la pieza.

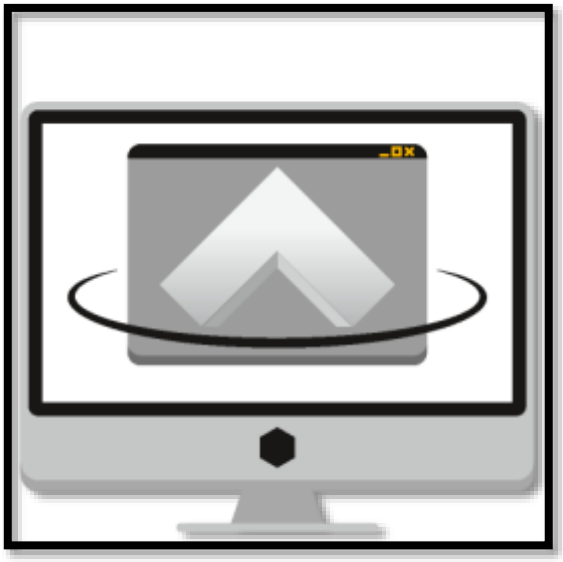

Figura 16. El modelado en 3d en SLA
(www.materialise.com)

2.2.3.1.2 Inicio de la impresión 3D por SLA

Para iniciar el proceso se debe inyectar un agente fusor y además un agente de detalle que permite realizar la fundición selectiva de las partículas de polvo y mejorar la resolución.

Figura 17. Inyección de agentes fusor y de detalle
(www.materialise.com)

2.2.3.1.3 Calentamiento de la pieza

En esta etapa existen unas lámparas de calor que pasan constantemente por la superficie, el material recepta el calor que se distribuye uniformemente por la pieza.

Figura 18. Calentamiento de la pieza
(www.materialise.com)

2.2.2.1.4 Eliminación del material restante

Las piezas impresas por este método suelen tener una superficie lisa por lo que basta con utilizar una escobilla o una brocha para eliminar partículas de material que puedan existir.

Figura 19. Limpieza de la pieza
(www.materialise.com)

2.2.2.1.5 Acabado final de una pieza impresa por Multi Jet Fusion

Debido a que la superficie se presenta lisa no es necesario aplicar ningún tipo de trato especial basta con pulirse con arena si se lo desea, pero generalmente están listas para colorearse o impregnarse.

Figura 20. Pieza terminada
(www.materialise.com)

2.2.4 Impresión 3D en metal

Existen 2 tipos de impresión de piezas en metal ambas son procesos de fabricación de aditivos metálicos pertenecientes a la familia de impresión en polvo de fusión en 3D estos son Selective Laser Melting (SLM) y Direct Metal Laser Sintering (DMLS). Las dos tecnologías tienen muchas similitudes: ambas usan un láser para escanear y fusionar (o fundir) selectivamente las partículas de polvo de metal, unirlas y construir una parte capa por capa. Además, los materiales utilizados en ambos procesos son metales que vienen en forma granular.

Figura 21. Impresora 3D en metal RENISHAW
(www.3dnatives.com).

Las diferencias entre SLM y DMLS se reducen a los fundamentos del proceso de unión de partículas (y también a patentes): SLM usa polvos de metal con una sola temperatura de fusión y funde completamente las partículas, mientras que en DMLS el polvo está compuesto de materiales con puntos de fusión variables ese fusible a nivel molecular a temperaturas elevadas.

SLM produce partes de un solo metal, mientras que DMLS produce partes de aleaciones de metal.

Tanto SLM como DMLS se usan en aplicaciones industriales para crear productos de ingeniería de uso final. En este artículo, usamos el término impresión 3D de metal para referirnos a ambos procesos en general y describimos los mecanismos básicos del proceso de fabricación que son necesarios para que los ingenieros y diseñadores comprendan los beneficios y las limitaciones de la tecnología.

2.2.4.1 Proceso para la impresión 3D en metal

El proceso básico de fabricación para SLM y DMLS es muy similar. Así es como funciona:

La cámara de construcción se llena primero con gas inerte (por ejemplo, argón) para minimizar la oxidación del polvo metálico y luego se calienta a la temperatura de construcción óptima.

Una delgada capa de polvo de metal se extiende sobre la plataforma de construcción y un láser de alta potencia escanea la sección transversal del componente, fundiendo (o fusionando) las partículas de metal y creando la siguiente capa. Se escanea toda el área del modelo, por lo que la pieza se construye completamente sólida.

Cuando se completa el proceso de escaneo, la plataforma de construcción se mueve hacia abajo en un grosor de capa y la recapadora extiende otra fina capa de polvo de metal. El proceso se repite hasta que se completa la parte completa.

2.2.4.1.1 El Diseño y modelado 3D para una pieza impresa en Metal

Debido a que esta tecnología nos permite darle un uso directo a las piezas y permitirnos dar usos finales, es necesario que a la hora de diseñar se tomen en cuenta las fuerzas a las cual va a estar sometida la pieza por eso es necesario conocer las propiedades del material pero al igual que en los procesos anteriormente descritos se puede realizar la pieza mediante software de diseño y modelado que pueden ser asistidos por computadora (CAD) o modelos de malla 3D lo que permiten crear la forma final de la pieza.

Figura 22. Modelado de 3D para impresión en metal (www.materialise.com)

2.2.4.1.2 Inicio de la impresión 3D en metal

El láser empieza fundiendo las partículas del polvo metálico para proceder a unirlas.

Figura 23. Inicio de proceso de impresión en metal
(www.materialise.com)

2.2.4.1.3 Fusión de las capas de polvo metálico

Las capas de polvo van fusionándose sucesivamente una sobre otra, esto es posible por el láser que une selectivamente las partículas para proceder a construir la pieza y su respectivo soporte.

Figura 24. Construcción de la pieza en metal
(www.materialise.com)

2.2.4.1.4 Retiro del polvo sobrante

Una vez que la pieza se encuentra terminada se procede a retirar el polvo sobrante esto se lo realiza con la ayuda de una escobilla o brocha.

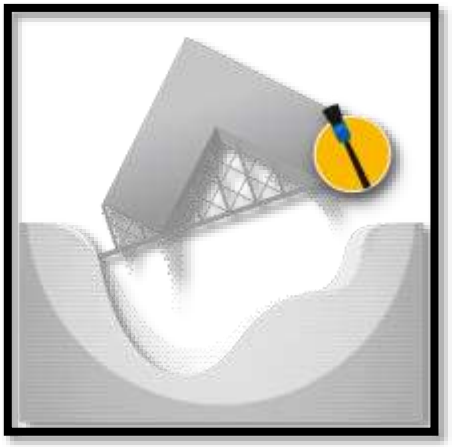

Figura 25. Retiro del exceso de polvo
(www.materialise.com)

2.2.4.1.5 Tratamiento térmico de la pieza

Se procede a realizar el tratamiento térmico esto es necesario para que esta gane mayor resistencia este proceso puede variar y queda a criterio del fabricante.

Figura 26. Tratamiento térmico de la pieza final
(www.materialise.com)

2.2.4.1.6 Finalización de la pieza impresa en metal

Se proceden a retirar los soportes con ayuda de una pinza recordando que esta es metálica posteriormente se las limpia y de ser necesario se las pule de acuerdo a las necesidades del usuario y a la finalidad de esta.

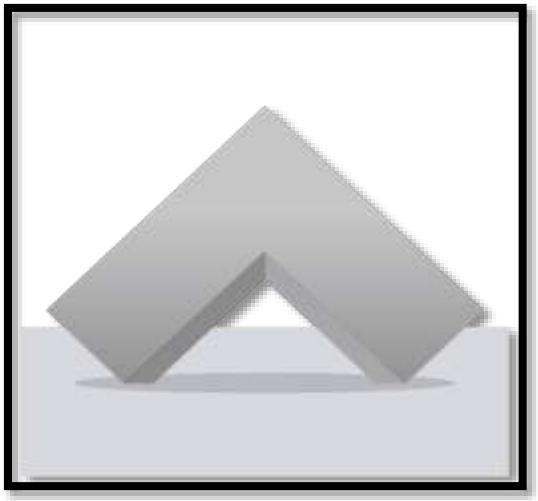

Figura 27. Pieza finalizada impresa en metal
(www.materialise.com)

2.3 Aspectos importantes de la tecnología 3D

Una impresora 3D no diferencia la complejidad de un objeto, el esfuerzo de fabricar un objeto simple como por ejemplo un prisma de varias caras hasta algo mucho más complejo desde el punto de vista humano como por ejemplo una réplica de una pieza u obra de arte, este tipo de creación no presenta antecedentes ya que hasta el momento para fabricar objetos siempre hemos dependido de las limitaciones que imponen el uso de herramientas de fabricación como por ejemplo fresadoras.

La impresora 3D no solo puede reproducir formas complejas, puede realizar objetos dentro de otros, por ejemplo, un silbato con la bola adentro. Es decir, se pueden construir objetos terminados que no requieren un posterior ensamble.

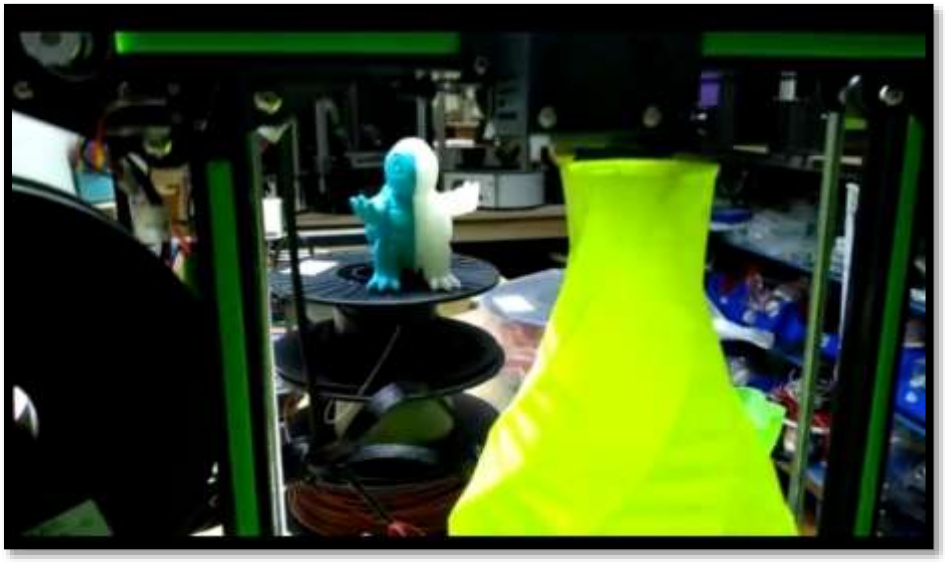

Figura 28. Impresora 3D realizando figuras complejas
(Benjamín Cedeño Alvarado)

El mundo de los gráficos en 3D es un campo complejo que alimenta a las industrias, desde los juegos y el cine hasta la arquitectura y la ingeniería. Los artistas y diseñadores 3D utilizan técnicas y procesos específicos, como el diseño gráfico en 3D, el renderizado, la visualización y la animación para dar vida a una visión en pantalla. Pero cuando se trata de tomar esas imágenes 3D y convertirlas en objetos físicos, específicamente con la impresión 3D, la ciencia detrás de esto se llama modelado 3D.

2.4 Modelado e impresión 3D

De la misma manera que la fotografía o las comunicaciones se han digitalizado en las últimas décadas, la versatilidad y programabilidad del mundo digital se está trasladando al mundo de lo físico y, más concretamente, al mundo de la manufactura. En este sentido la fabricación digital no es una herramienta concreta, sino que se define más específicamente por un conjunto de herramientas. (Jorquera, 2016)

El modelado 3D se trata mucho más de logística que otros aspectos del diseño en 3D porque su resultado no es un producto final, como la visualización de un objeto 3D.

En cambio, es una representación matemática de ese objeto, que explica cómo se arma ese objeto. (Jorquera, 2016)

El modelado 3D es a partes iguales de matemáticas, geometría y diseño. Utilizando software especializado, el modelado 3D genera archivos que son esencialmente instrucciones para impresoras 3D. Al igual que un escultor, arquitecto o constructor, el modelado demuestra cómo se construirá un objeto o edificio. Si un plano es una representación 2D de un edificio, un modelo es su representación 3D, que proporciona una descripción matemática de la superficie de ese objeto. (Jorquera, 2016)

El modelado 3D ha abierto un mundo de posibilidades, dando la capacidad de prototipos de objetos 3D de forma rápida y asequible. El resultado que normalmente obtiene del modelado 3D puede ser cualquiera de los siguientes:

- Modelos 3D impresos con una impresora 3D
- Imágenes 2D creadas a través de renderizado 3D
- Simulaciones 3D de un objeto o edificio

Los modelos 3D se utilizan en una variedad de industrias, que van desde el arte y el entretenimiento, como los juegos, el cine y la animación, hasta la ingeniería, la fabricación, los dispositivos médicos, la arquitectura y desde luego la industria automotriz, piezas que se pueden usar como prototipos o funcionales como se observa en la figura 29. (Jorquera, 2016)

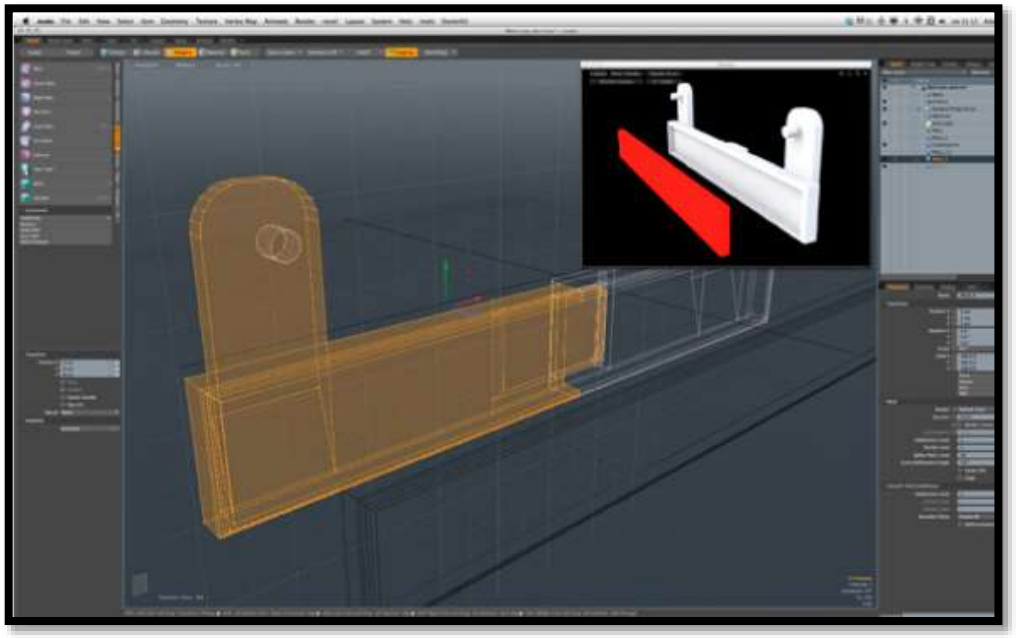

Figura 29. Fabricación de pieza de moto en software de modelado 3D
(Jorquera, 2016)

La fabricación digital incluye los siguientes sistemas y tecnologías:

- Sistemas integrados - un sistema integrado es un hardware electrónico diseñado específicamente para llevar a cabo una o unas pocas tareas predefinidas. La mayoría de los electrodomésticos a nuestro alrededor llevan sistemas integrados, son similares a un ordenador doméstico, pero con funcionalidad reducida. Un ejemplo podría ser una impresora de papel. (Jorquera, 2016)

- Sistemas CNC (Computer Numeric Control - control numérico computarizado) - el control numérico es un sistema de automatización que se utiliza para controlar diferentes máquinas herramienta; máquinas que dan forma a un material bruto

generalmente por sustracción Este sistema de automatización de máquinas ha revolucionado la industria gracias a la simplificación del software de diseño en conjunto con los lenguajes de programación como el gcode. (Jorquera, 2016)

- Software CAD (Computer Aided Design - diseño asistido por ordenador) - un sistema CAD es esencialmente un programa de ordenador que sirve para la creación, edición, análisis y visualización de modelos tridimensionales. Estos programas no solamente sirven para hacer visualizaciones en tres dimensiones de los objetos a fabricar, sino que además son capaces de hacer simulaciones. Estas pueden ser de estrés mecánico o aerodinámico, pero también del propio proceso de fabricación como puede ser visualizar una simulación del orden de corte y velocidad de una fresa CNC. (Jorquera, 2016)

Ejemplos de herramientas de fabricación digital de control numérico CNC:

- Cortadora láser para ensamblar estructuras 3D a partir de piezas planas (2D)
- Fresadora para hacer piezas medianas de muebles
- Cortadora de vinilo para fabricar circuitos flexibles, antenas o rótulos
- Fresadora de precisión para fabricar moldes y troqueles tridimensionales
- Tornos para crear piezas mecanizadas de sección redonda
- Impresoras 3D para la creación de prototipos físicos

Con programas como Autodesk Inventor, los diseñadores 3D pueden crear archivos que representan puntos en el espacio, con una gran cantidad de geometría como triángulos, polígonos y curvas para unir los puntos en un objeto tridimensional, es posible también realizar el diseño de piezas automotrices como se ve en la figura 30. (Jorquera, 2016)

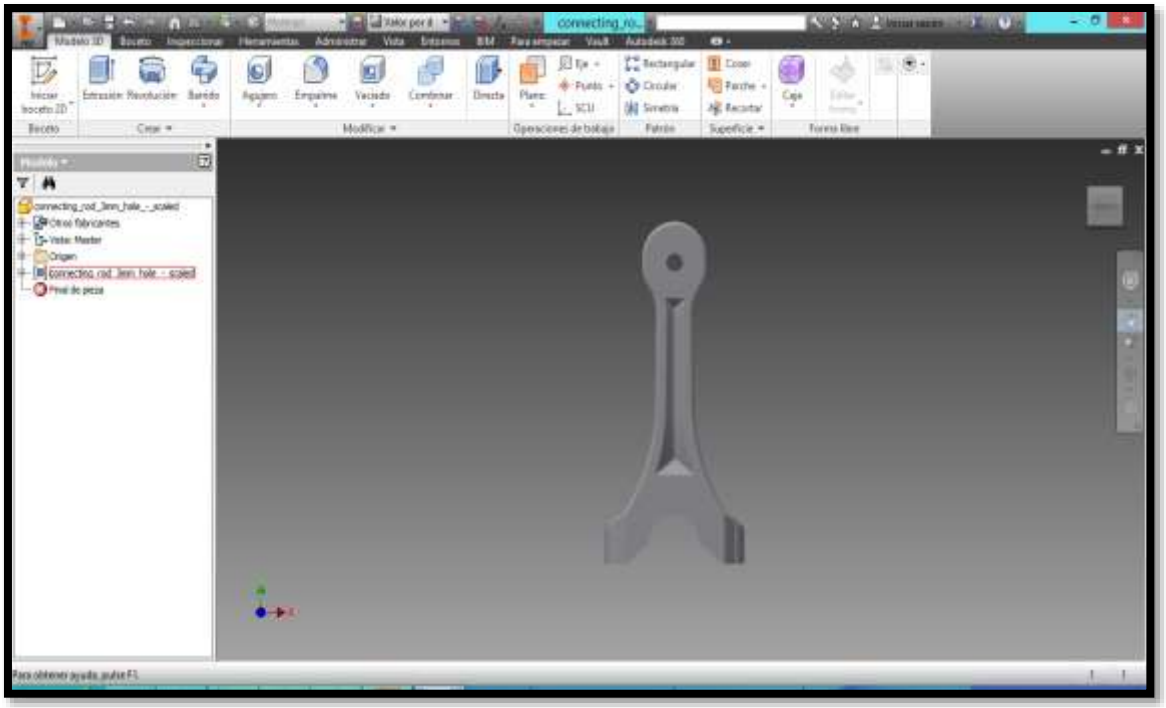

Figura 30. Modelado en Autokesk Inventor
(Benjamín Cedeño Alvarado)

El software para el diseño asistido por computadora (CAD) permite el desarrollo de diseños tridimensionales (3D) a partir de los cuales pueden producirse vistas ortográficas convencionales en dos dimensiones con dimensionamiento automático. Las trayectorias de las herramientas pueden generarse a partir de los modelos 3D y, en algunos casos, las partes pueden crearse directamente desde una base de datos 3D mediante el uso de un método para la creación rápida de prototipos y manufactura (estereolitografía): ¡manufactura sin papeles! Otra ventaja de este tipo de base de datos es que permite cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como la masa, la localización del centro de gravedad y los momentos de inercia de masa. Del mismo modo, pueden obtenerse con

facilidad otras propiedades como áreas y distancias entre puntos. Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como Aries, AutoCAD, CadKey, I-Deas, Unigraphics, Solid Works y ProEngineer, sólo por mencionar algunos.

Un software CAD, también conocido como software de modelado 3D, nos permite representar objetos en tres dimensiones. Más específicamente, modelar es el proceso de creación de una representación matemática de superficies utilizando geometría. El resultado generado se conoce como un modelo 3D, este se puede representar de dos maneras: en pantalla como una imagen bidimensional a través de un proceso conocido como 3D rendering o bien como objeto físico, a través de una impresora 3D o herramienta fabricación por control numérico. (Jorquera, 2016)

Casi todos los modelos 3D pueden ser divididos en dos categorías principales; modelos sólidos como se observa en la figura 31 y modelos poligonales como se ve en la figura 32. (Jorquera, 2016)

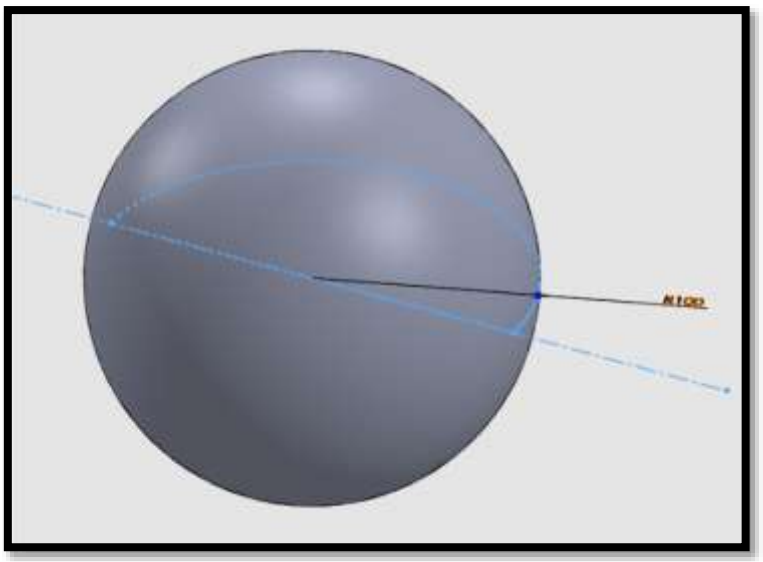

Figura 31. Esfera solida creada en Solidworks 2014
(Jorquera, 2016)

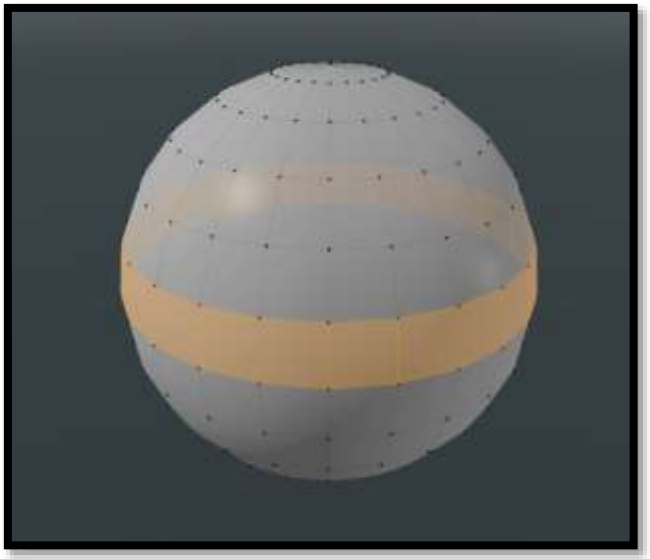

Figura 32. Esfera poligonal (malla) creada en Modo 901 (Jorquera, 2016)

2.4.1 Ingeniería mecánica aplicada al diseño

Los ingenieros mecánicos se relacionan con la generación de energía y con el suministro de canales que permitan la producción, además de técnicas de automatización Los pilares de su ingenio y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. (Budynas & Nisbett, 2008)

El diseño en la ingeniería mecánica toma en cuenta todas las áreas que componen esta área. Los desafíos actuales se encuentran en el enfoque en subáreas. Una simple pieza como un elemento que involucre flujo de fluidos, transferencia de calor, fricción, transporte de energía, selección de materiales, tratamientos termomecánicos, descripciones estadísticas, etc. (Budynas & Nisbett, 2008)

La creación de piezas debe respetar el medio ambiente. Se debe tomar en cuenta por ejemplo elementos como la temperatura de acondicionamiento del aire que sean lo suficientemente enfocadas que algunos hablan del diseño de los elementos de

climatización, ventilación del aire como si estuvieran separados y fueran distintos del diseño en la ingeniería mecánica. De igual manera, en ocasiones de elementos del motor y sus partes además de motores de distintos tipos se consideran prudentes. (Budynas & Nisbett, 2008)

La serie de adjetivos que siguen a la palabra diseño sólo es una ayuda para describir el producto. De manera similar, hay frases como diseño de máquinas, diseño de elementos de máquinas, diseño de componentes de máquinas, diseño de sistemas y diseño de potencia hidráulica. Todas ellas son ejemplos un poco más enfocados del diseño en la ingeniería mecánica. Se basan en las mismas fuentes de conocimiento, se organizan en forma similar y requieren habilidades semejantes. (Budynas & Nisbett, 2008)

2.4.2 Fases del proceso de diseño

El proceso completo, de principio a fin comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacer la necesidad. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases de éste pueden repetirse durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación. (Budynas & Nisbett, 2008)

Por lo general, el proceso de diseño de una pieza mecánica empieza con la identificación de un problema. Muy a menudo, cuesta trabajo el reconocer la verdadera necesidad a resolver, porque esta quizás solo sea una pequeña inconformidad, algo que solo desde el punto de vista del usuario puede ser una falla. Casi siempre el problema no es evidente a todos; el reconocimiento se acciona por una circunstancia adversa particular o por un conjunto de circunstancias aleatorias que se originan casi de manera simultánea. Por ejemplo, puede surgir la necesidad de trucar o modificar una máquina que realice una obra especifica porque esta puede empezar a generar algún tipo de problema pero siempre

y cuando esta sea visible a todos los usuarios por ejemplo variación de sonido, forma o si realiza un trabajo que presente muchos errores. (Budynas & Nisbett, 2008)

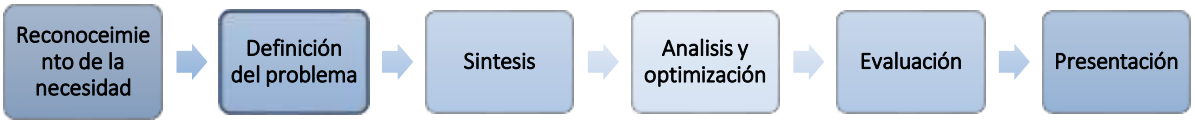

Figura 33. Fases del proceso de diseño
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Existe una distinción eminente entre el anuncio de la necesidad y la identificación del problema. El significado del problema es más particular y debe incorporar cada uno de los detalles de la pregunta que se compone. Los detalles son los montos de información y rendimiento, los atributos y las medidas del espacio que debe involucrar la pregunta y cada una de las restricciones sobre estos montos. La pregunta está planificada ya que se puede considerar algo dentro de una caja negra. Para esta situación, se deben determinar las fuentes de datos y los rendimientos de la caja, junto con sus cualidades y confinamientos. Las determinaciones caracterizan el costo, la cantidad a realizar, la vida normal, el tiempo intermedio, la temperatura de trabajo y la confiabilidad. (Budynas & Nisbett, 2008)

El enfoque innegable se centra en la determinación de los ritmos, los avances, los confinamientos de la temperatura, los cambios medidos en los factores, los impedimentos dimensionales y de peso, etcétera. (Budynas y Nisbett, 2008)

Hay numerosas determinaciones incluidas que el resultado de la condición específica del creador o la idea del problema en sí. Los formularios de reunión accesibles, junto con las oficinas de una planta específica, constituyen confinamientos a la oportunidad de bosquejo y en consecuencia son una parte de las determinaciones incluidas. Quizás una pequeña planta, por ejemplo, no la tiene. Máquina de trabajo frío.

Como se conoce esta condición, el diseñador elige diferentes estrategias para el manejo del metal que se pueden realizar en la planta. (Budynas & Nisbett, 2008)

Las aptitudes de actividad accesibles y la circunstancia agresiva también se entienden confinamientos. Cualquier cosa que limite la flexibilidad de la decisión del autor implica una limitación. Por ejemplo, numerosos materiales y tamaños se incorporan en los índices del proveedor, sin embargo, no todos pueden ser experimentados fácilmente y sin esfuerzo y los efectos nocivos de las deficiencias. Además, tenga en cuenta los aspectos financieros de que un productor tenga una cantidad básica de materiales y tamaños en existencia. (Budynas y Nisbett, 2008)

Puede observar, y debe tenerse en cuenta, que el esquema es un procedimiento iterativo en el que puede continuar en algunas etapas, evaluar los resultados y, después de eso, llegar a un período subyacente del sistema. En esta línea, es concebible combinar algunos segmentos de un marco, investigar y mejorar y volver a la combinación para percibir lo que es en el resto de las partes del marco. Por ejemplo, el plan de un marco para transmitir control requiere que se concentre en el contorno y la elección de los componentes más pequeños que lo involucran (por ejemplo, engranajes, rumbo, eje). (Budynas y Nisbett, 2008)

No obstante, como ocurre a menudo en el esquema, estos segmentos no son gratuitos. Para delinear el pivote para el esfuerzo y la desviación, es importante conocer los poderes conectados. En el caso de que se transmitan a través de aparatos, es importante conocer los detalles de estos para decidir los poderes que se transmitirán al polo. En cualquier caso, los aparatos en existencia están en el mercado con tamaños específicos de medición interna, lo que requiere un aprendizaje de los anchos. Obviamente, se deben realizar evaluaciones generales para impulsar el procedimiento, refinando y repitiendo hasta el punto en que se obtenga un último plan que sea aceptable para cada segmento

individual, y adicionalmente para las determinaciones generales del esquema. (Budynas y Nisbett, 2008)

La correspondencia de los resultados con otros es el último y crucial avance de la introducción del procedimiento del plan. Sin lugar a dudas, numerosos planes increíbles, desarrollos y trabajos inventivos se han perdido para los sucesores simplemente porque sus creadores no estaban listos para llevar a cabo sus propios logros particulares. La introducción es un trabajo de negocios. El diseñador, cuando muestra otra respuesta para la fuerza laboral reguladora, administrativa o de supervisión, se esfuerza por ofrecer o demostrar que el acuerdo que se propone es el mejor. Excepto si lo anterior fuera posible de una manera fructífera, el tiempo y el esfuerzo utilizados para adquirir el arreglo se habrán desperdiciado en gran medida. En el momento en que los diseñadores ofrecen otra idea, también se ofrecen a sí mismos. (Budynas y Nisbett, 2008)

2.4.3 Aspectos a tener en cuenta en el diseño mecánico

Algunas veces, la obstrucción requerida por un componente de un marco implica un factor crítico para decidir su geometría y medidas. En esa circunstancia se dice que la obstrucción es un pensamiento de plan esencial. (Budynas y Nisbett, 2008)

En el momento en que se utiliza la declaración de configuración, es en la forma indirecta que incluye la marca que es el esquema del componente o el marco completo. Regularmente debes tener un gran número de esas cualidades en una circunstancia de bosquejo dada. (Budynas y Nisbett, 2008)

Algunas de estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema. Algunas características pueden estar interrelacionadas, lo que afecta la configuración del sistema total es de suma importancia que se verifiquen y se diseñe las piezas tomando en

cuenta la responsabilidad que esto conlleva ya que de esto depende incluso el funcionamiento y si no se lo realiza conscientemente incluso la vida entre las características más importantes se pueden mencionar las presentes en la siguiente tabla.

Tabla 2. Características a tomar en cuenta en el diseño mecánico

1. Funcionalidad	**14.** Ruido
2. Resistencia	**15.** Estilo
3. Distorsión	**16.** Forma
4. Desgaste	**17.** Tamaño
5. Corrosión	**18.** Control
6. Seguridad	**19.** Propiedades térmicas
7. Confiabilidad	**20.** Superficie
8. Manufacturabilidad	**21.** Lubricación
9. Utilidad	**22.** Comercialización
10. Costo	**23.** Mantenimiento
11. Fricción	**24.** Volumen
12. Peso	**25.** Responsabilidad legal
13. Vida	**26.** Posibilidad de reciclado

2.4.4 Esfuerzo y resistencia del diseño mecánico

La supervivencia de muchos productos depende de la forma en que el diseñador ajusta el esfuerzo inducido por la carga para que sea menor que la resistencia en un punto de interés. En resumen, debe permitir que la resistencia exceda al esfuerzo por un margen suficiente, de manera que, a pesar de las incertidumbres, la falla no sea frecuente. (Budynas & Nisbett, 2008)

Al centrar la correlación de obstrucción de presión en un punto básico (controlado), se busca con regularidad "oposición en la geometría y estado de utilización". Las protecciones son una extensión de preocupación en la que hay algo de intriga, por ejemplo, en la medida de lo posible, el 0,2% de arrastre desalojado, o la ruptura. En general, estas ocasiones hablan del nivel de esfuerzo al que ocurre la pérdida de capacidad. La oposición es una propiedad de un material o un componente mecánico. La obstrucción de un componente se basa en la decisión, el tratamiento y la manipulación del material. Considere, por ejemplo, un envío de resortes. Una oposición puede estar relacionada con una primavera en particular. En el momento en que el resorte se fusiona en una máquina, se conecta al desprendimiento que causa los montones provocados en el resorte, las extensiones de las cuales dependen de su geometría y están libres del material y su manejo. En caso de que la primavera haya sido expulsada de la máquina sin daños, la preocupación por las potencias externas se reduce a cero, su incentivo antes de unirse, sin embargo, la obstrucción permanece como una de las propiedades principales. (Budynas y Nisbett, 2008)

Hay que recordar, entonces, que la resistencia es una propiedad inherente de una parte, una propiedad construida en la parte debido al empleo de un material y de un proceso particular. Varios procesos de trabajo en metales y tratamiento térmico, como el forjado, el laminado y el formado en frío, causan variaciones en la resistencia de punto a punto en toda la parte. (Budynas & Nisbett, 2008)

Es muy probable que por ejemplo una espiral tiene una resistencia en el exterior de las espiras diferente a su resistencia en el interior, puesto que el resorte se ha formado mediante un proceso de enrollado en frío y los dos lados quizá no se hayan deformado en la misma medida. Por lo tanto, también tenemos que recordar que un valor de la

resistencia dado para una parte se aplica sólo a un punto particular o a un conjunto de puntos en la parte. (Budynas & Nisbett, 2008)

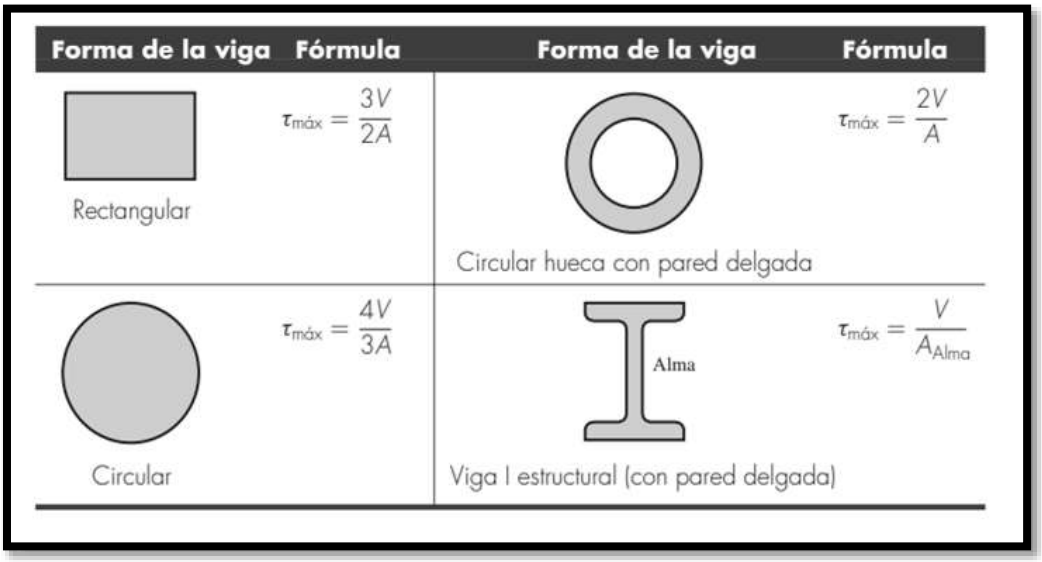

Figura 34. Fórmulas para cálculo de fuerzas y torsión
(Budynas & Nisbett, 2008)

Si el sistema que vamos a diseñar no va a estar en movimiento o su velocidad siempre va a ser constante podemos decir que tienen aceleración cero por lo que está en equilibrio. Bajo esta condición se dice que el sistema está en equilibrio. La frase equilibrio estático también se usa para implicar que el sistema está en reposo. En caso de equilibrio, las fuerzas y los momentos que actúan sobre el sistema se balancean es decir la suma de todas las fuerzas y la suma de todos los momentos es cero.

2.4.5 Selección del material para la fabricación de una pieza mecánica

La determinación de un material para fabricar una pieza de la máquina o un componente auxiliar es una de las opciones más importantes que el planificador debe tomar. Hasta ahora, la sección ha examinado regularmente las propiedades más críticas de los materiales, o los atributos del funcionamiento de los materiales de construcción del molino y los formularios de creación de materiales distintivos, o el procedimiento de elección puede ser tan confuso y abrumador como cualquier problema general con la

evaluación de los números parámetros físicos, monetarios y de manejo de materiales. (Budynas y Nisbett, 2008)

Hay formas precisas e importantes para tratar como seleccionar el material. Dentro de un sistema esencial es enumerar todas las propiedades imperativas de los materiales con el plan, por ejemplo, la calidad, la naturaleza inflexible y el costo. (Budynas & Nisbett, 2008)

Tabla 3. Materiales más comunes en la fabricación de autopartes

Familia	**Clases**
Metales(Metales y aleaciones de ingeniería)	Aleaciones de aluminio Aleaciones de cobre Aleaciones de Aleaciones de plomo Aleaciones de magnesio Aleaciones de níquel Aleaciones de carbono Aceros inoxidables Aleaciones de estaño Aleaciones de titanio Aleaciones de tungsteno Aleaciones de plomo Aleaciones de zinc
Cristales	Cristal de carbonato Cristal de borosilicato Cristal de sílice Cerámica de cristal
Polímeros	Acrilonitrilo butadieno estiereno (ABS) Polímeros de celulosa Ionómeros Epóxicos Fenólicos Poliamidas Poliésteres Polietereterkeyton Polietileno Polioximetileno Polipropileno Poliestireno Polietrafluoretileno Polivinilcloruro

2.4.6 Uso de termoplásticos para la fabricación de piezas mecánicas

El término termoplástico se usa para indicar cualquier plástico que fluye o que se puede moldear cuando se le aplica calor; algunas veces también se aplica a los que se moldean bajo presión y que se pueden volver a moldear de nuevo cuando se calientan. (Budynas & Nisbett, 2008)

Un termofijo es un plástico cuyo proceso de polimerización termina en una prensa de moldeo en caliente, donde el plástico se licua bajo presión. Los plásticos termofijos no pueden volverse a moldear. Entre los principales termoplásticos usados en la construcción de partes y piezas en una impresora 3D por FDM encontramos los siguientes:

- Ácido Poliláctico (PLA)
- Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
- PoliAmida (PA)
- Poliestireno de Alto Impacto (HIPS)
- Elastómero termoplástico (TPE)

Además, existe una diversidad un mayor de termoplásticos y termofijos usados mediante otros procesos.

Tabla 4. Lista de termoplásticos y sus características relevantes

Nombre	S_u, kpsi	E, Mpsi	Dureza Rockwell	Elongación %	Estabilidad dimensional	Resistencia térmica	Resistencia química	Procesamiento
Grupo ABS	2-8	0.10-0.37	60-110R	3-50	Buena	*	Aceptable	EMST
Grupo acetal	8-10	0.41-0.52	80-94M	40-60	Excelente	Buena	Alta	M
Acrílico	5-10	0.20-0.47	92-110M	3-75	Alta	*	Aceptable	EMS
Grupo fluoroplástico	0.50-7	. . .	50-80D	100-300	Alta	Excelente	Excelente	MPR†
Nailon	8-14	0.18-0.45	112-120R	10-200	Pobre	Pobre	Buena	CEM
Óxido de fenileno	7-18	0.35-0.92	115R, 106L	5-60	Excelente	Buena	Aceptable	EFM
Policarbonato	8-16	0.34-0.86	62-91M	10-125	Excelente	Excelente	Aceptable	EMS
Poliéster	8-18	0.28-1.6	65-90M	1-300	Excelente	Pobre	Excelente	CLMR
Poliimida	6-50	. . .	88-120M	Muy baja	Excelente	Excelente	Excelente†	CLMP
Sulfuro de polifenileno	14-19	0.11	122R	1.0	Buena	Excelente	Excelente	M
Grupo poliestireno	1.5-12	0.14-0.60	10-90M	0.5-60	. . .	Pobre	Pobre	EM
Polisulfone	10	0.36	120R	50-100	Excelente	Excelente	Excelente†	EFM
Cloruro de polivinilo	1.5-7.5	0.35-0.60	65-85D	40-450	. . .	Pobre	Pobre	EFM

*Grados resistentes al calor disponibles.
†Con excepciones.
C Recubrimientos L Laminados R Resinas E Extrusiones M Moldeados S Hojas F Espumas P Métodos de prensado y sinterizado T Tubos

2.4.7 Usos relevantes de la impresión en 3D en la industria automotriz

La impresión 3D se puede utilizar en la línea de ensamblaje automotriz para fabricar piezas, componentes y prototipos que son más livianos y tienen plazos de entrega más rápidos, así como también la producción de repuestos y repuestos. Varios anuncios de hoy destacan los grandes esfuerzos que los fabricantes de automóviles están empleando para incorporar la fabricación aditiva en sus flujos de trabajo.

Ford Motor Company, con sede en Michigan, es una gran entusiasta de la impresión 3D e incluso ha pilotado la impresora 3D Infinite Build de Stratasys. Con el fin de satisfacer la demanda de los nuevos modelos de SUV Lincoln Navigator y Ford Expedition, la compañía está aumentando la producción de los vehículos en un 25% y utilizando tecnologías de fabricación avanzadas, incluida la impresión 3D para hacerlo.

Ford está aumentando la inversión total en su planta de camiones de Kentucky a $ 925 millones, lo que aumentará la velocidad de la línea de fabricación de los SUV, que son dos de los vehículos de mayor precio que vende Ford.

Los márgenes de ganancias automotrices de la compañía se redujeron a 3.7% en el cuarto trimestre de 2017, por debajo del 5.7% del año pasado, por lo que la compañía también está trabajando para calmar a los inversores y seguir compitiendo con sus rivales General Motors y Fiat Chrysler Automobiles.

La impresión 3D se puede usar también para habilitar la fabricación de herramientas diseñadas especialmente para impulsar la producción de la fábrica. Un estudio de Deloitte señala que BMW lo hace de manera efectiva con la creación de herramientas de mano que se usan en pruebas y ensamblaje. BMW reportó que estas herramientas han ayudado a ahorrar un 58% de los costos totales y redujeron el tiempo del proyecto en un 92%.

Audi también usa la impresión 3D para producir partes de repuesto como un esfuerzo para mejorar su cadena de distribución. Aunque todavía tiene que implementar la impresión 3D en todo su catálogo de autopartes, Audi ha usado la impresión 3D para producir una bomba de agua de metal para su auto de carreras DTM. Al colocar impresoras 3D alrededor del mundo, es capaz de imprimir algunas autopartes bajo demanda. Este proceso beneficia a los consumidores y elimina la sobre producción.

El uso de la impresión 3D en la industria automotriz no empieza y termina con la autoparte impresa. Como fabricantes, al integrar marcas de registro y sensores en los productos, se podrá registrar cada paso del ciclo de vida desde la exploración inicial del objeto en 3D hasta el diseño, el proceso de producción, la medición de la calidad, la

entrega y su uso en el mundo real. Con esta información del ciclo de vida, los fabricantes podrán mejorar el diseño y la fabricación de autopartes en el futuro.

El uso de la impresión 3D para la fabricación automotriz conduce a nuevos niveles de innovación. Con su potencial para la personalización y conveniencia, la impresión 3D pondrá a los clientes en el asiento del conductor.

Figura 35. Impresora 3D utilizada en la planta de Ford en Kentucky
(Reuters, Nick Carey)

2.4.8 Diseño y modelado mecánico de autopartes

Un modelo es una abstracción o representación de algo real. Puede tomar muchas diferentes formas. Por ejemplo, un modelo matemático de la economía de un país puede consistir en un conjunto de ecuaciones diferenciales, mientras que un modelo de la forma exterior de un automóvil nuevo puede ser esculpido en arcilla. Los ingenieros construyen modelos a lo largo del proceso de realización del producto para obtener respuestas a preguntas. A veces se requieren respuestas cualitativas; en el caso del cuerpo del coche el modelo de arcilla se usa para evaluar el aspecto general y el atractivo de la forma del cuerpo.

Otras aplicaciones, un análisis estructural de la carrocería del automóvil, por ejemplo, pueden requerir resultados numéricos y exigen el uso de algún otro tipo de modelo.

Dada la gran diversidad de diferentes tipos de consultas que surgen, por ejemplo, en el diseño y la planificación para la fabricación de un nuevo vehículo es inconcebible que cualquier modelo puede servir para todos los propósitos.

El diseño efectivo es crucial para el éxito de cualquier organización de fabricación, ya que la fracción (hasta 70%) del costo total del ciclo de vida de un producto se compromete mediante decisiones hecho en las primeras etapas de diseño (Ullman 1992)

Los objetivos del proceso de diseño son la consecución de un corto tiempo de desarrollo con alta calidad de producto y baja producción costo. El uso de modelos informáticos puede ayudar significativamente a lograr estos objetivos. (Pahl y Beitz 1984)

Las actividades realizadas en el proceso de diseño varían considerablemente según la naturaleza del producto y el compromiso de una empresa con el uso de ayudas informáticas. Cuando a las familias de productos esencialmente similares y comparativamente simples les concierne a veces es posible encapsular los principios básicos de diseño utilizados en algunas ecuaciones o reglas de diseño. Estos pueden ser utilizados para conducir el proceso de diseño de detalles en modo que el diseñador solo debe ingresar valores de algunas dimensiones clave u otros parámetros para habilitar el sistema de diseño para generar una especificación completa del producto. El logro de esta situación requiere un trabajo preliminar considerable en el desarrollo de nuevos sistemas de software o la configuración de las existentes para las aplicaciones especializadas previstas.

En la industria automotriz para el diseño y desarrollo de prototipos y piezas automotrices presenta una gran diferencia de otras industrias ya que la ingeniería automotriz requiere información de fabricación y respuestas rápidas sin que estas afecten los estándares de calidad y los costos.

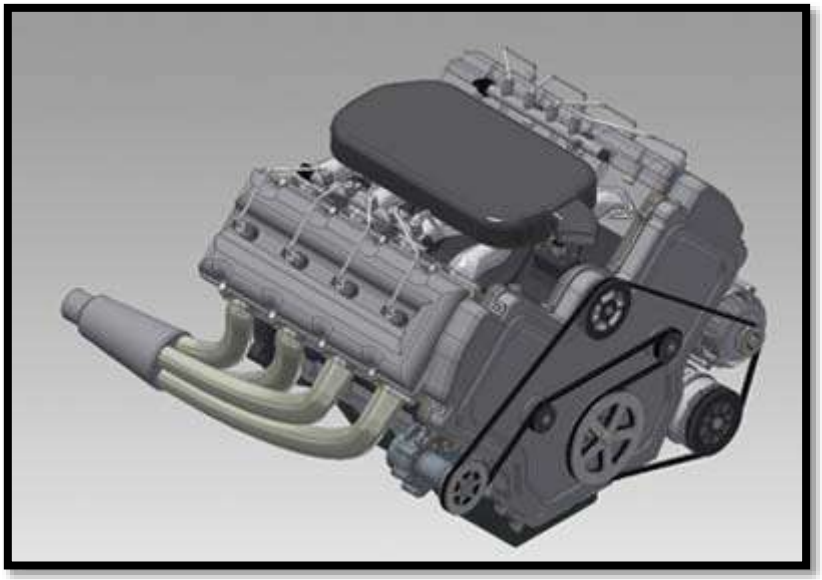

Figura 36. Motor modelado en software CAD
Fuente: (mechanical3dmodelling.com)

El tiempo pasa cuando se pueden hacer cosas, cuando hay requisitos previos, en la cantidad requerida y con los ajustes o personalizaciones que son fundamentales. Enviar objetos como una conexión en un correo electrónico es actualmente una realidad. Constantemente eso sucede, la separación entre la energía creativa y la verdad se reduce. Las impresoras 3D, junto con las etapas, por ejemplo, Arduino3, se convierten en la extensión completa entre nuestra imaginación y el mundo. (Jorquera, 2016)

2.4.5 Uso de Autodesk Inventor Como herramienta de modelado de autopartes

Autodesk es un software que nos permite la creación de partes, piezas y conjuntos mecánicos y diversos usos adicionales, también nos permite realizar planos de despiece y simular el movimiento, montaje y desmontaje de los mismos.

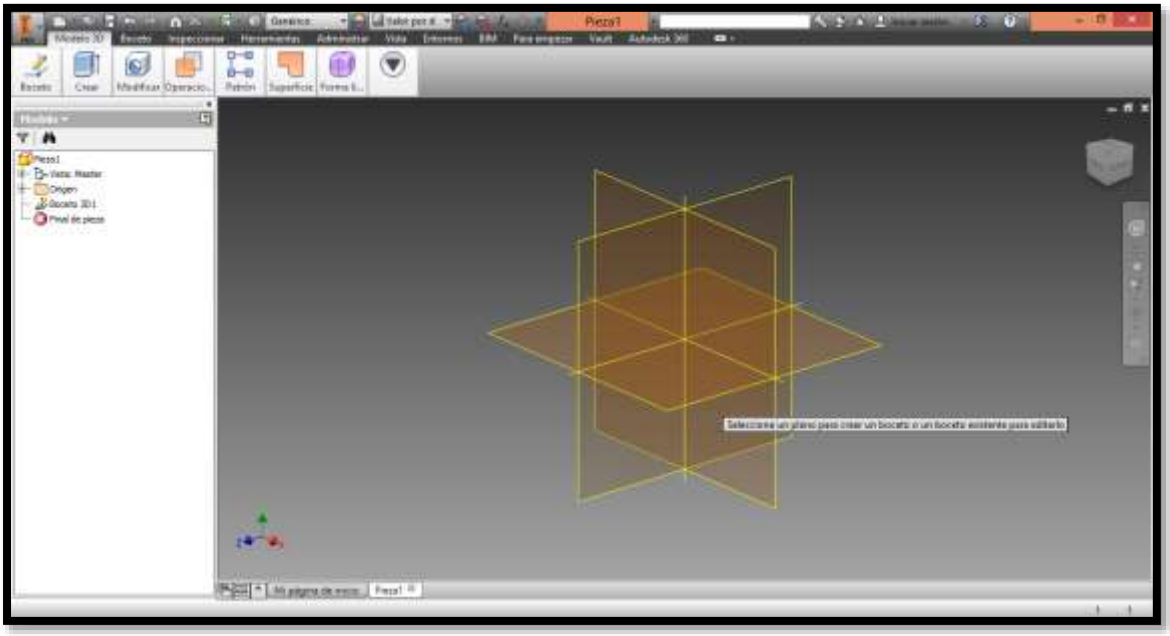

Figura 37. Entorno de trabajo de Autodesk Inventor
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Cuando realizamos el diseño de la pieza nos permite acceder a bibliotecas de piezas normalizadas, para poder utilizarlas en nuestros diseños, además del uso de diversos materiales, una de las mayores ventajas de Autodesk Inventor es que tiene la opción de analizar las fuerzas en las diferentes partes de nuestro diseño además de mostrar los puntos débiles de nuestra pieza y sus posibles puntos críticos de fractura. Esto nos permite establecer que material vamos a utilizar para que la pieza o el conjunto de estas tengan un coeficiente de seguridad suficiente.

CAPÍTULO III

RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1 Impresión 3D de una autoparte utilizando la impresora Rostock Max V3

La impresora Rostock Max V3 que se visualiza en la figura 38 actualmente es una de las más usadas para realizar impresiones por FDM esto debido a su versatilidad y rapidez a la hora de materializar trabajos además nos permite obtener trabajos de alta resolución.

Figura 38. Impresora Rostock Max V3
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Entre las partes de las cuales consta una impresora 3D tenemos el extrusor que es uno de los componentes principales de la impresora por el cual el termoplástico sale para proceder a materializar el proyecto que realicemos este componente se encuentra a una alta temperatura cuando empieza a funcionar por lo que su mantenimiento debe ser tomado en cuenta, además, es necesario verificar que no presente obstrucciones.

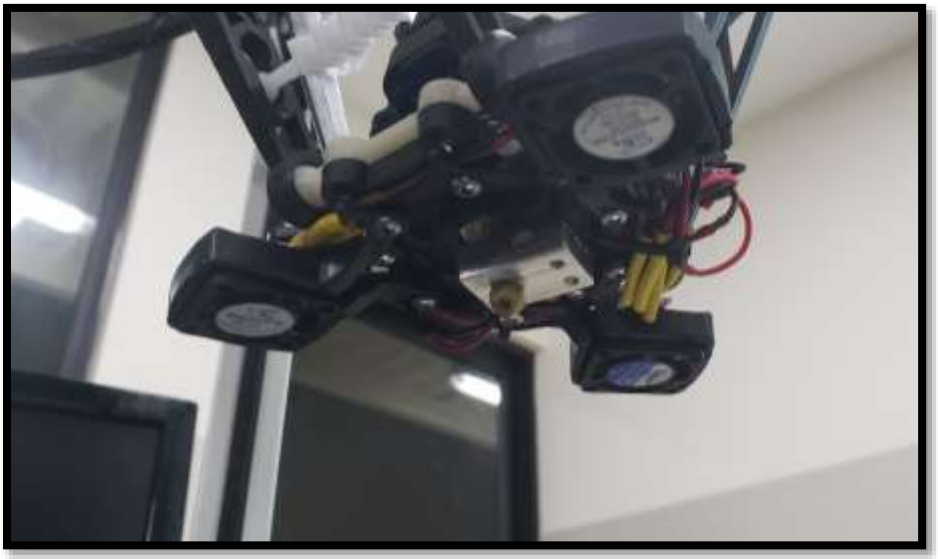

Figura 39. Extrusor de impresora Rostock Max V3
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Una impresora 3D consta también de su cable de poder y de datos para conectarlo a la computadora como se muestra en las figuras 38 y 39.

Figura 40. Cable de poder de impresora Rostock Max V3
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Figura 41. Cable de datos para impresora Rostock Max V3
(Benjamín Cedeño Alvarado)

En la figura 40 podemos observar la pantalla de configuración de la impresora Rostock Max V3 en esta podemos ajustar la temperatura del material además nos presenta distintos menús de mucha utilidad para poder realizar la calibración inicial de la impresora 3D además presenta una ranura para colocar tarjetas SD e imprimir directamente.

Figura 42. Pantalla de impresora Rostock Max V3
(Benjamín Cedeño Alvarado)

3.1.1 Proceso para la impresión 3D mediante la impresora Rostock Max V3

Al realizar una impresión en 3D es necesario que sigamos los pasos que se presentan a continuación en este caso procederemos a realizar el modelado de una biela y su respectiva cabeza y después la imprimiremos a escala.

3.1.1.1 Diseño y modelado de autoparte utilizando Autodesk Inventor.

Para realizar el diseño se procede a utilizar un software como Autodesk Inventor figura 43, el cual es muy completo ya que nos permite realizar modelado en 3D y simular varios tipos de materiales además nos da la facilidad de simular fuerzas para encontrar posibles puntos débiles en la pieza.

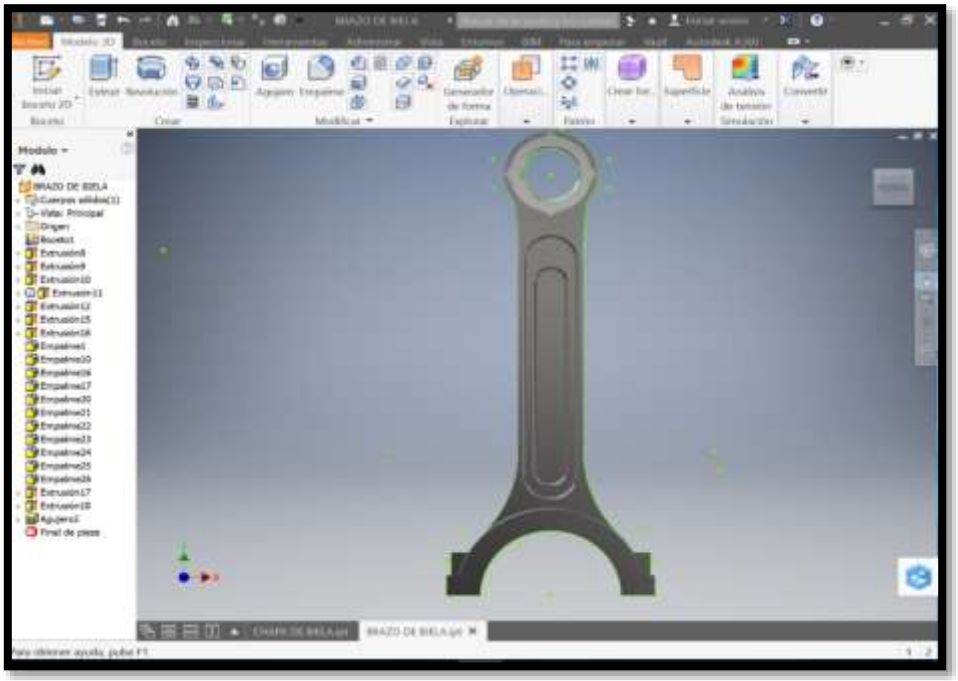

Figura 43. Diseño de brazo de biela en Autodesk Inventor
(Benjamín Cedeño Alvarado)

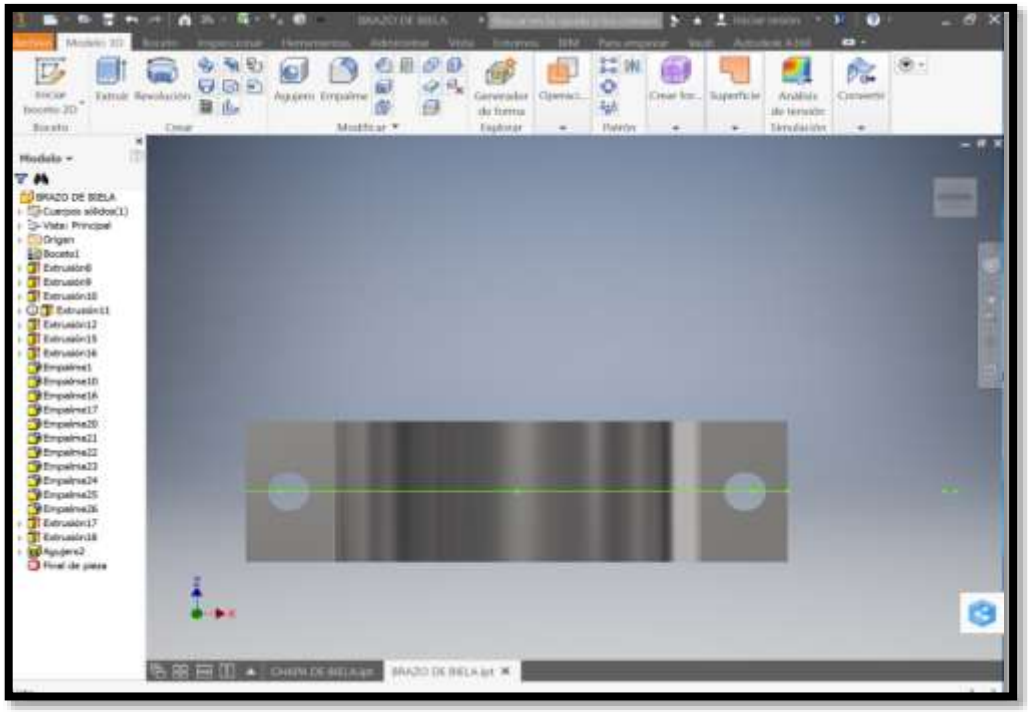

Figura 44. Vista inferior de brazo de biela en Autodesk Inventor
(Benjamín Cedeño Alvarado)

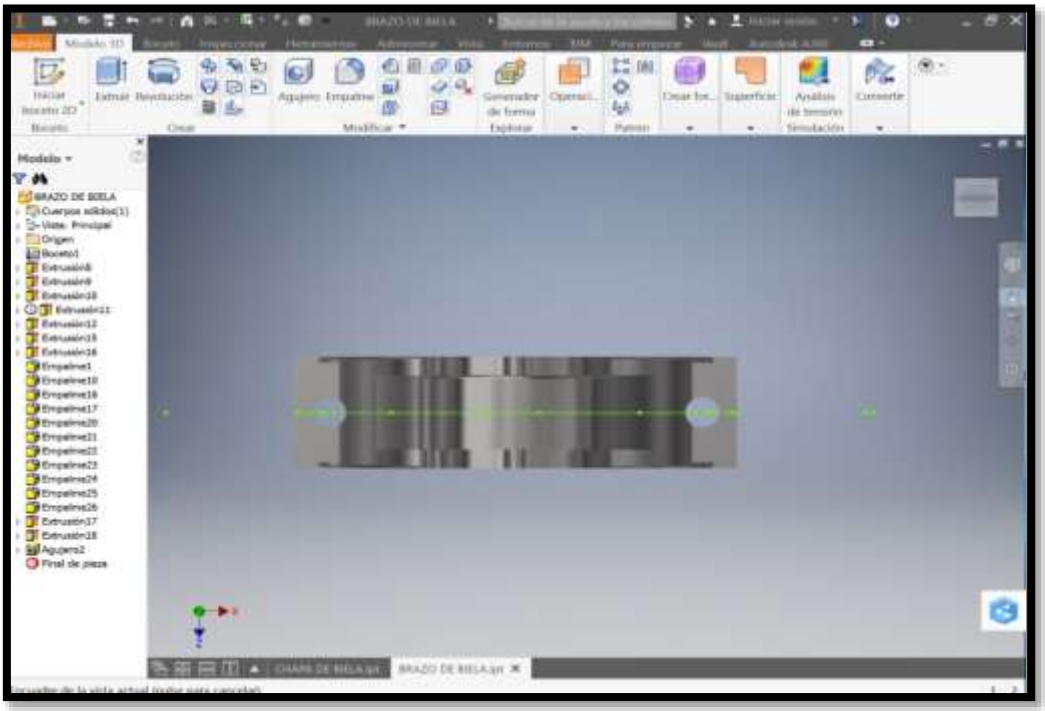

Figura 45. Vista superior de brazo de biela en Autodesk Inventor
(Benjamín Cedeño Alvarado)

3.1.1.2 Inicio de la impresión de la autoparte.

Para proceder a iniciar la impresión debemos de tomar en cuenta el material que vamos a utilizar de acuerdo al uso que le demos a nuestra pieza ya que si lo vamos a realizar con fines didácticos o prototipo es necesario utilizarlo de mayor o menor resistencia uno de los más usados es el PLA o filamento de ácido poliláctico como se observa en la figura 46.

Figura 46. Rollo de material PLA o ácido poliláctico
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Una vez que elegimos el material procedemos a ajustar la temperatura a la cual va a trabajar el extrusor de la impresora este viene indicado en la funda o caja de material en el caso del PLA esta entre 195 y 230 °C después, colocando algún tipo de material que nos permite que la pieza no se mueva de la cama de la impresora puede ser algún tipo de barniz o pegamento en barra tal como se ve en la figura 47.

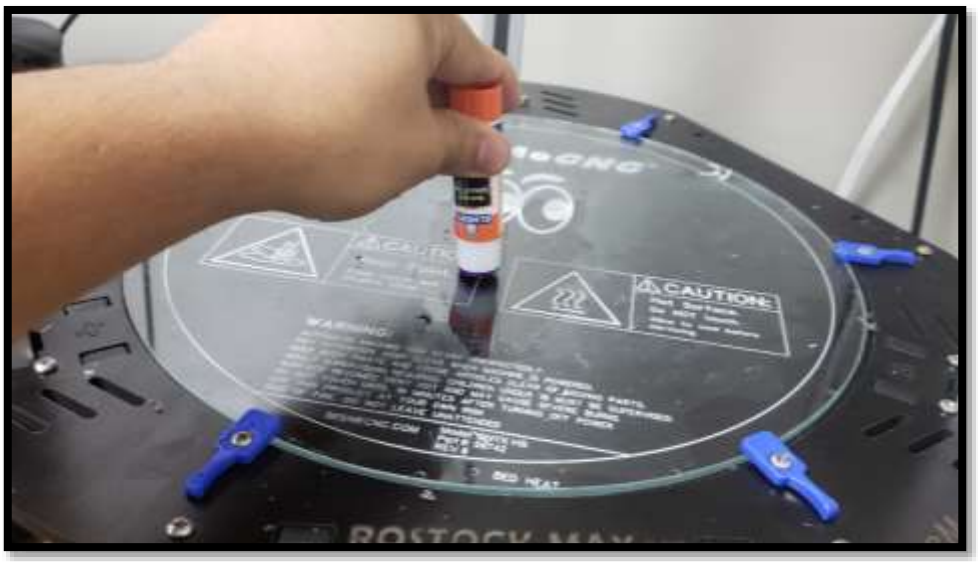

Figura 47. Preparación de cama de impresora Rostock Max V3
(Benjamín Cedeño Alvarado)

A continuación, debemos convertir el archivo a una extensión compatible con el programa de impresión de la maquina existen una variedad de estos a disposición colocamos el archivo del diseño modelado y procedemos a empezar la impresión, figura 48.

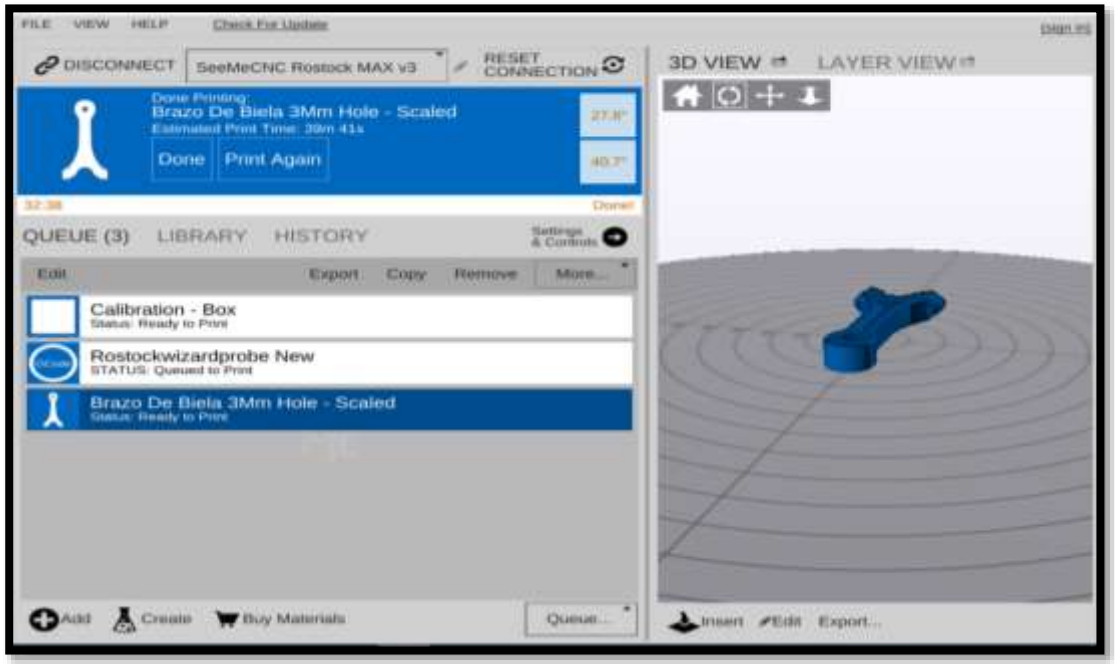

Figura 48. Software para iniciar la impresión del modelado terminado
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Verificamos que la impresora alcance la temperatura correcta y el material se encuentre saliendo del extrusor sin problemas.

Figura 49. Inicio de la impresión del modelado en 3D
(Benjamín Cedeño Alvarado)

3.1.1.3 Extrusión y materialización del modelado en la impresora 3D Rostock Max V3

Verificamos que las piezas se encuentren terminadas el proceso puede tardar desde unos pocos minutos a varias horas dependiendo del tamaño de la pieza y de la complejidad.

Figura 50. Brazo de biela a escala impreso en 3D
(Benjamín Cedeño Alvarado)

Figura 51. Cabeza de biela a escala impreso en 3D
(Benjamín Cedeño Alvarado)

3.1.1.4 Remoción de la autoparte finalizada en la impresora 3D Rostock Max V3

Una vez que hemos terminado de realizar la impresión 3D debemos dejar pasar aproximadamente 15 minutos para proceder a sacar la pieza ya lista de la impresora como se ve en la figura 52, esto es sumamente importante ya que si lo hacemos antes la pieza se puede deformar debido al movimiento que realizamos para sacarlo podemos sacar la pieza con la ayuda de una pinza o espátula.

Figura 52. Remoción de la pieza terminada
(Benjamín Cedeño Alvarado)

3.1.1.5 Finalización del proceso de impresión y acabado final

De ser necesario procedemos a pulir o lijar la pieza para que presente un mejor acabado y resulte agradable a la vista caso contrario finalizamos la impresión sin olvidarnos de limpiar la cama caliente o base de la impresora.

Figura 53. Brazo y cabeza de biela impresos en 3D
(Benjamín Cedeño Alvarado)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el proceso pudimos observar que la tecnología 3D nos da un campo de posibilidades para poder trabajar tanto así que actualmente podemos realizar un diseño en cualquier programa de uso común como lo es autores e inventor y posteriormente materializar nuestra pieza gracias a estos programas de modelado podemos crear estimaciones muy reales de cómo será finalmente la pieza.

Además, nos permite materializar piezas sin la necesidad de tener que crear o construir moldes es de gran utilidad ya que los moldes muchas veces llegan a tener un elevado precio, por ende, nos permite poder ahorrar hasta el 50% de recursos económicos actualmente una impresora 3D está al alcance de todo el mundo para para dar el uso que se le desea desde juguetes y formas hasta un gran numero departes y piezas de gran utilidad.

Tabla 5. Comparación de precios de tecnología regular vs impresión 3D

COMPARACIÓN DE PRECIOS TECNOLOGIA REGULAR VS IMPRESIÓN 3D	
Prótesis mio-eléctrica	**Prótesis impresa en 3D**
$45000	$120

En comparación con años atrás las impresoras 3D han reducido enormemente su precio por lo que no se considera el precio como un obstáculo, esto también va a depender del tamaño de la impresora que necesitemos adquirir además del uso que le demos finalmente los precios de las impresoras pueden variar enormemente depende de la tecnología que usen entre las más económicas tenemos las que usan termoplásticos como material y entre las más costosas a las que usan polvos metálicos.

En la industria automotriz actualmente ya se están utilizando impresoras 3D para la fabricación de piezas entre las principales compañías están Ford y Audi que ya cuentan con este tipo de tecnologías.

Antes de realizar la impresión debemos tener en muy claro si el uso que le vamos a dar va a ser didáctico o como prototipo ya que el material que utilicemos limita el uso por ejemplo si utilizamos un termoplástico este al estar sometido a gran cantidad de fricción o calor puede llegar a deformarse, sin embargo si podemos utilizar termoplásticos en varias piezas del vehículo incluso este cuenta con piñones plásticos de pequeño tamaño además, se pueden utilizar para reparar piezas desgastadas o reemplazar piezas que muchas veces son imposibles de encontrar.

Figura 54. Cabeza de biela impresa en 3D para uso didáctico
(Benjamín Cedeño Alvarado)

La tecnología 3D actualmente no presenta barreras considerables puesto que está prácticamente al alcance de todos el precio comparado con la construcción por medio de otras tecnologías es menor, en el Ecuador la industria se ve comprometida por cuanto es muy difícil y costoso montar una gran fábrica con tecnología de punta y robots lo que a su vez ha mermado considerablemente el progreso de la industria autopartista por lo que es necesario la inclusión de nuevas tecnologías que estén al alcance del país.

La industria autopartista del Ecuador debe tomar decisiones rápidas para que no afecte sus ingresos y la de sus trabajadores y deben considerar el inicio de trabajos con impresoras 3D de acuerdo a las partes que vallan a fabricar existe una gama de posibilidades para empezar este proceso y el alcance a estos no es difícil por lo que la factibilidad para realizar esto es alta por lo que el mercado autopartista debe de seguir el camino que ya han trazado grandes empresas automotrices del mundo como Ford y Audi que por ejemplo han utilizado impresoras 3D de polvo de metal para fabricar bombas de agua.

El desarrollo actual de la tecnología y el mundo globalizado nos permiten realizar grandes avances y estar a la par la industria automotriz no es la excepción y el uso de tecnologías nuevas como las impresoras 3D nos permiten estar a la vanguardia en este sentido además de realizar progresos tecnológicos nos permiten también crecer económicamente.

Mediante este estudio queda demostrado la alta factibilidad que existe para poder realizar partes y piezas automotrices con el uso de tecnología 3D como son programas de modelado e impresoras 3D permitiendo así estar a la vanguardia mundial tanto en tecnología como en crecimiento económico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Una vez que hemos realizado el estudio para verificar la factibilidad que existe actualmente para poder modelar y diseñar autopartes con el uso de herramientas en impresoras 3D podemos llegar a la conclusión que la factibilidad es muy alta y presenta una gran viabilidad para quien lo desee aplicar este tipo de tecnología en la industria autopartista del Ecuador.
- Es posible realizar el diseño y modelado de autopartes utilizando software para este fin el cual nos permite alcanzar altos estándares de diseño e incluso nos permite simular esfuerzos y efectos a los cuales puede estar sometida la pieza.
- Es posible realizar modelado de autopartes usando softwares de modelado uno de estos es Autodesk Inventor el cual nos permite crear partes mecánicas, pero además simular fuerzas para identificas posibles puntos críticos como por ejemplo debilidades de la pieza, este programa es muy fácil de utilizar además presenta grandes posibilidades en distintas áreas.
- Existen varias alternativas que pueden sustituir a opciones de construcción de autopartes convencionales que son usadas comúnmente en la industria automotriz como los moldes y métodos parecidos una de esas alternativas es la fabricación de elementos automotrices por medio de tecnología 3D es decir impresoras en 3D que pueden utilizar varios materiales desde termoplásticos hasta metales.
- Los resultados una vez que se realizó la impresión 3D de la autoparte son óptimos y nos permite obtener resultados reales respecto a cómo nos quedara una pieza una vez fabricada.

5.2 Recomendaciones

- Realizar una investigación previa a construirla pieza parar determinar el uso que se le dará a está tomando en cuenta que los materiales presentan limitantes en el caso de termoplásticos pueden deformarse por altas temperaturas o fracturarse si se somete a fuerzas que sobrepasen la resistencia del material.
- Se debe contar con un software que nos permita utilizar la impresora ya que posteriormente al modelado se lo debe pasar a una extensión correspondiente que nos permita usar el programa que inicia la impresión de la pieza.
- Tener una metodología clara para realizar el proceso de diseño para imprimir esto es necesario para que en el trayecto del modelado e impresión en 3D saber cómo reaccionar en caso de surgir problemas, se recomienda seguir la metodología planteada en este trabajo.
- Se recomienda recibir una capacitación previa para el modelado de la pieza, esto nos permitirá que al final los resultados sean los más óptimos, además, es necesario saber cómo trabajan las impresoras en 3D ya que tanto la instalación como su puesta en marcha demandan seguir las pasos recomendados por el fabricante tomar en cuenta que a la hora de retirar la pieza de la impresora esta se puede adherir fuertemente a la base o cama por lo que debemos de esperar el tiempo recomendado para hacerlo.

BIBLIOGRAFÍA

- *Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. Pearson Educación Mexico.*
- *Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett. (2008). diseño en ingeniería mecánica de shigley. méxico: mcgraw-hill/.*
- *Srinivasan, S. (2008). Automotive Mechanics. New Dheli: Tata McGraw-Hill Education.*
- *Adam, Jorquera O. (2016). Fabricación Digital: Introducción al modelado e impresión 3D. Aula Mentor. España.*
- *Deloitte. (2013). Disruptive Manufacturing. The effects of 3D printing. Earls, A.y Baya, V. 2014.*
- *Bohne, R. (2013). Machines for personal fabrication en Walter-Herrmann, J.y Buching, C. Fablab. Of machines, makers and inventors*
- *The future of 3-D printing: Moving beyond prototyping to finished products en Technology Forecast, 68. PwC. Faris, S.2015.*
- *Gartner. (2014).Gartner Says Worldwide Shipments of 3D Printers to Reach More Than 217,000 in 2015*
- *Industrial, L. d. M.-I. D. (2013). Se está haciendo impresión 3D para planemiento quirúrgico.*
- *Mins, C. (2013). 3D printing will explode in 2014, thanks to the expiration of key patents en Quartz.*
- *Molitch-Hou, M. 2015. Autodesk Teams with Mattel en 3D Printing Industry.*
- *Arias, F. (2008). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Caracas: Editorial Texto, C.A.*
- *Fracica, G. (1988). Modelo de simulación en muestreo. Bogotá: Universidad de la Sabana.*
- *Srinivasan, S. (2008). Automotive Mechanics . New Dheli: Tata McGraw-Hill Education.*