

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA MAESTRÍA DE DISEÑO MECÁNICO

Alternativa para la construcción de Autopartes Vehicular por medio de la Ingeniería Inversa e Impresión 3D. Caso de estudio tapa de distribución inferior del Chevrolet Spark 2015

UISEK



25 AÑOS

Autor: Ing. Carlos Villarreal

Director: Ing. Edilberto Llanes, Ph.D.

Codirector: Ing. Diana Belén Peralta Zurita, M.Sc.

Quito, Marzo 2019

INTRODUCCIÓN

Diseño automotriz

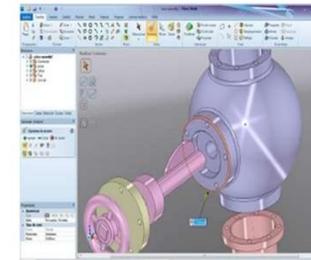
Diseño del Automóvil



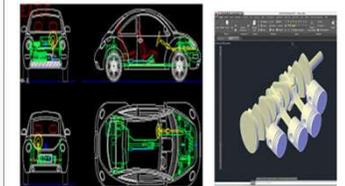
1.Necesidad: Especificaciones



2.Definición de la Arquitectura

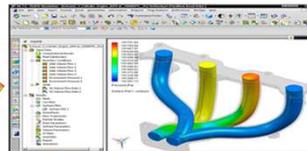
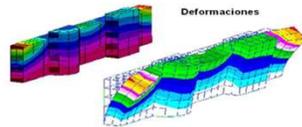


3.Diseño de detalles: geometría, materiales y tolerancias



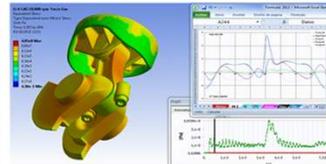
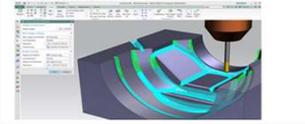
4.Análisis, prueba y refinamiento

Análisis CAE



Análisis CAE

Análisis CAM



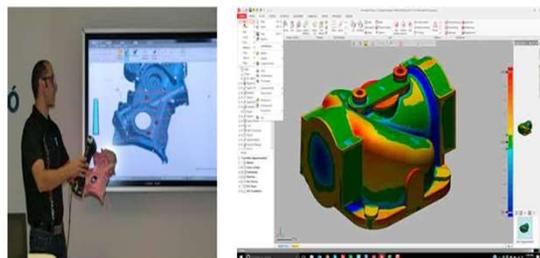
5.Prototipado, manufactura y control dimensional



INTRODUCCIÓN

Ingeniería Inversa e Impresión 3D

1. Ingeniería Inversa



W Geomagic Wrap

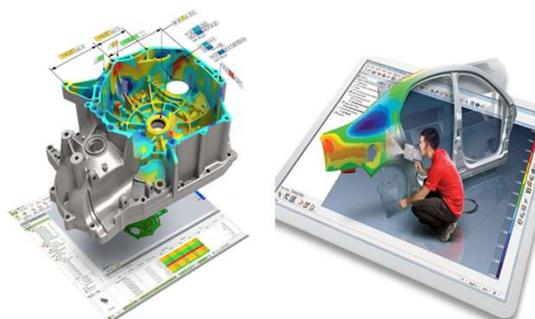
Dx Geomagic Design X

Gs Geomagic for

SOLIDWORKS



2. Inspección Dimensional

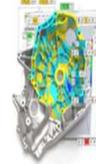
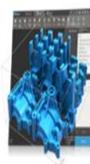


Sp 3D Sprint

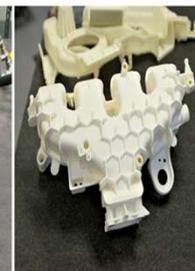
Xp 3DXpert

PolyWorks Inspector

Cx Geomagic Control X



3. Impresión 3D



OBJETIVOS

Objetivo general:

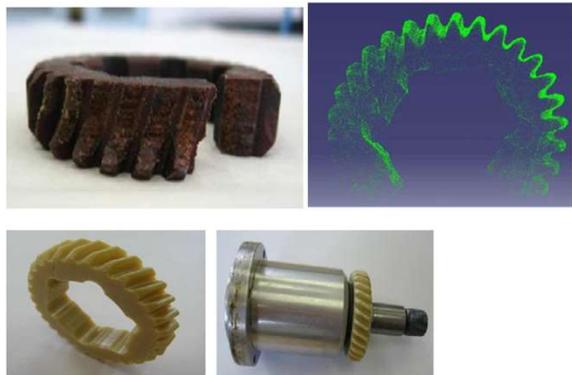
- Evaluar la fabricación de autopartes automotrices a partir de la ingeniería inversa e impresión 3D, como solución en el remplazo de elementos automotrices.

Objetivos específicos:

- Realizar el modelado de la autoparte seleccionada como caso de estudio mediante la ingeniería inversa.
- Aplicar el proceso de manufactura por impresión 3D mediante la técnica de "fused deposition modeling" (FDM).
- Evaluar las propiedades mecánicas de la tapa de distribución del Chevrolet Spark 2015 impresa en 3D, mediante la norma ASTM 638 y 790.

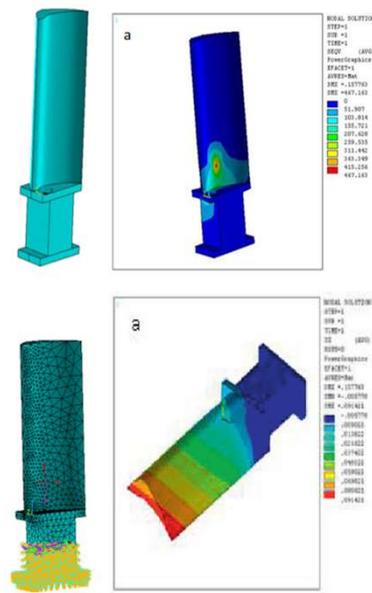
Estudios relacionados

1.Reconstrucción de componentes



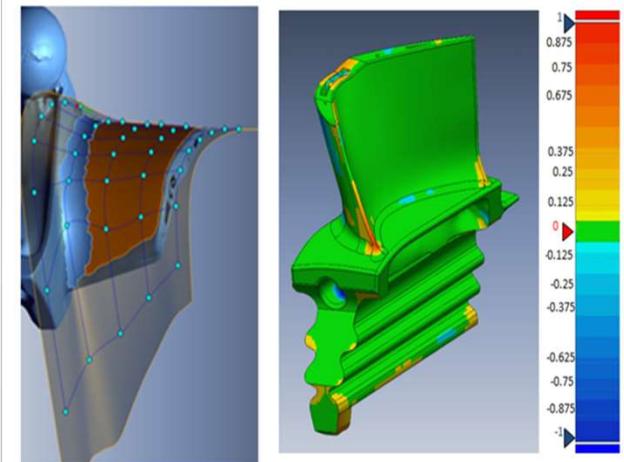
(Dúbravčík & Kender, 2012).

2.Análisis de optimización de material



(Chintala & Gudimetla, 2014).

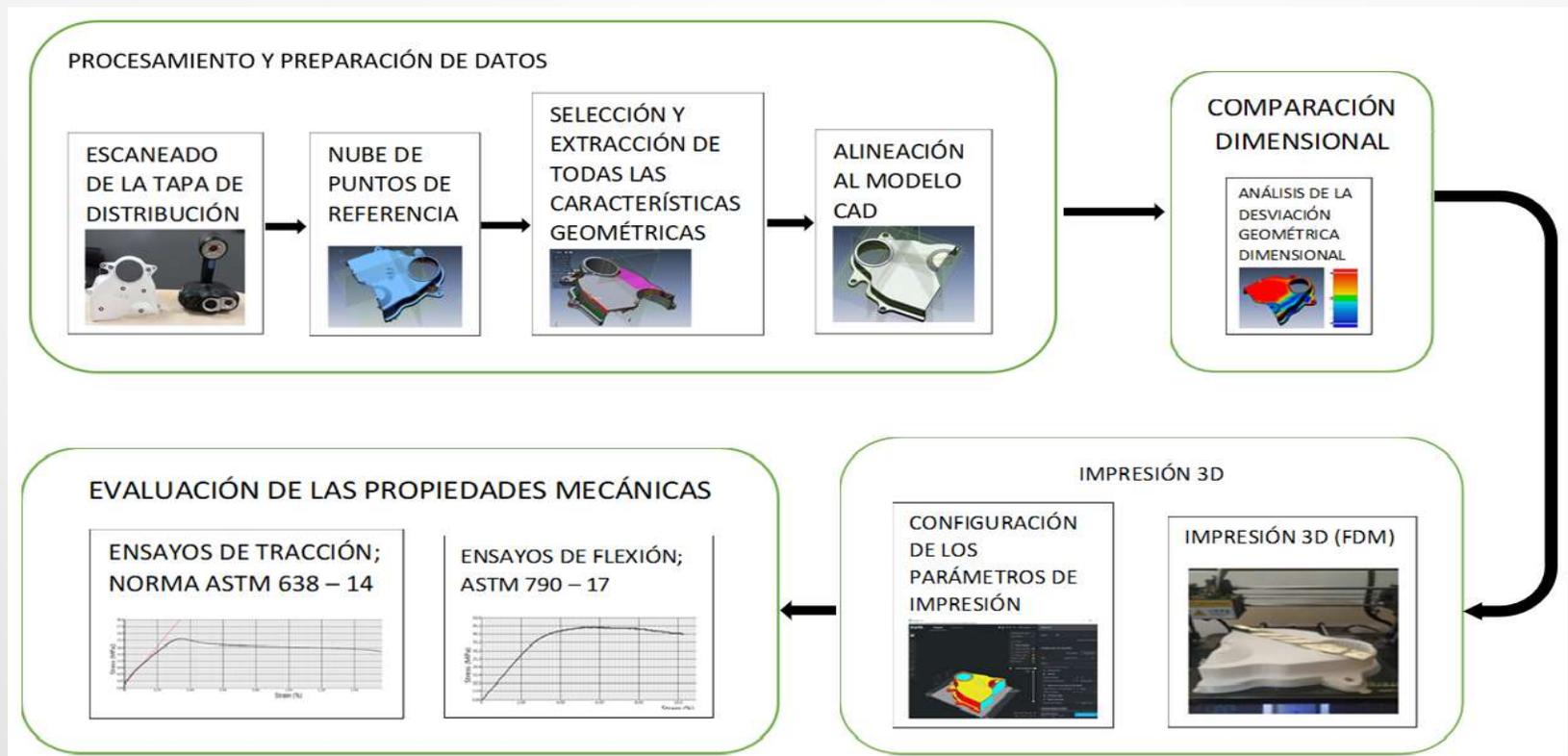
3.Reconstrucción dimensional



(Gamerros, De Chiffre, Siller, Hiller, & Genta, 2015)

MÉTODO

Proceso de Ingeniería Inversa e Impresión 3D



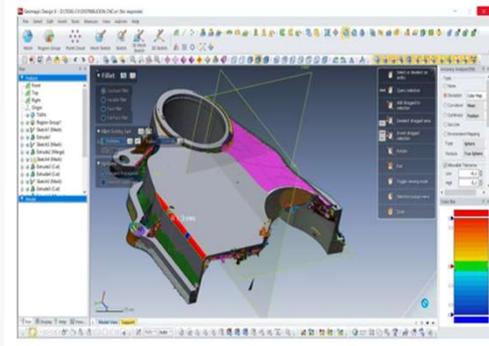
Actividades

1. Preparación y escaneado de la tapa de distribución

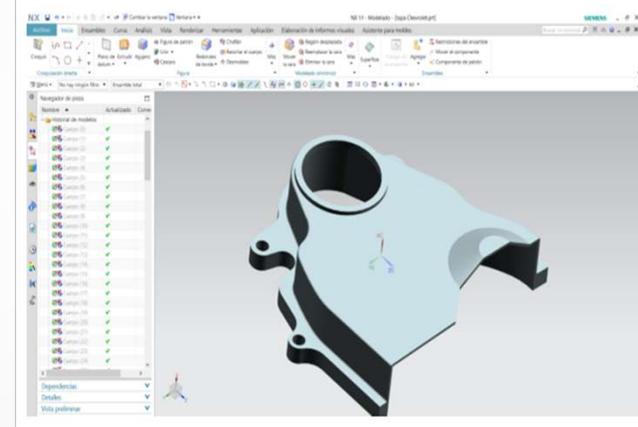


MÉTODO

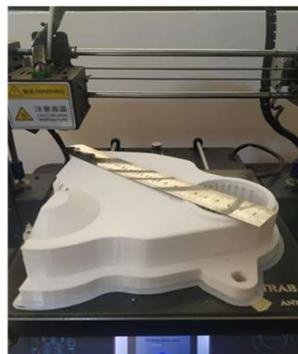
2. Procesamiento y reconstrucción geométrica



3. Modelo CAD importado mediante Software “Geomagic Design Direct”, al software “NX de Siemens”



4. Impresión 3D



5. Validación (ensayos a flexión y tracción). Máquina Universal “Tinius Olsen H25KS”.



MÉTODO

Importancia de las variables de escaneado en los escáner 3D

Prioridad	Variables de escaneado		
Muy importante	Exactitud	Resolución	
Importante	Área de escaneado	Portabilidad	Tiempo de preparación
Poco importantes	Tiempo de escaneado	Fase de operación	Versatilidad

MÉTODO

Características del escáner utilizado

Características	Go! SCAN 50™
Velocidad de medición	550000 [mediciones/s]
Área de escaneado	380x380 [mm]
Resolución	0.500 [mm]
Precisión	Hasta 0,100 [mm]
Exactitud volumétrica	0.300 [mm/m]
Distancia de seguridad	400 [mm]
Alcance del tamaño de las partes	0.3 – 3m
Software	VXelements
Formato de salida	dae, fbx, ma, obj, ply, stl, txt, wri, x3d, x3dz, zpr
Software compatible	3D Systems (Geomagic Solutions), Innov Metric Software (Poliworks), Dassault systemes (CATIA V5 y Solid Works), Simens (NX y Solid Edge), Autodesk (Inventor)

MÉTODO

Parámetros de impresión

Parámetros	
Velocidad de deposición	40 [mm/s]
Tamaño de la punta de la boquilla	0.4 [mm]
Diámetro del filamento	1.75 [mm]
Temperatura de extrusión	240 [°C]
Densidad de relleno	100%
Patrón de relleno	+45°/-45°
Número de capas	Variable

MÉTODO

Propiedades mecánicas del ABS

Propiedad	Valor
Temperatura de impresión	240 [°C]
Densidad	1.5 [g/cm ³]
Diámetro del filamento	1.75 [mm]
Temperatura de fusión	240-260 [°C]
Alargamiento a la rotura	45%
Coeficiente de fricción dinámico	0.5
Módulo de tracción	2.1-2.4 [GPa]
Resistencia a la tracción	41-45[MPa]
Resistencia al impacto Izod	200-400 [J/m]
Absorción de agua	0.3-0.7% a las 24h
Resistencia a UV	Pobre

MÉTODO

Variables de proceso considerados para la validación de las propiedades mecánicas de la Tapa de Distribución

Variables independientes		Variables dependientes		
Propiedades mecánicas	Esfuerzo a la tracción	Deformación	Esfuerzo de flexión	Deflexión
Material		ABS		

MÉTODO

Ensayo de tracción: Norma ASTM 638 -14

Parámetros de iniciales del ensayo	Probeta Tipo IV
Velocidad de ensayo	2[mm/min]
Distancia calibrada	25[mm]
Muestras por grupo de ensayo	5 probetas

MÉTODO

Ensayo de flexión: Norma ASTM 790 -17

Parámetros de iniciales del ensayo	Probeta: 190,5x12,7x2,6([mm])
Velocidad inicial de ensayo	11[mm/min]
Velocidad de deformación de la fibra exterior	0.1 [mm/mm/min]
Relación entre la distancia entre apoyos y espesor	1:16 (41,6[mm])
Muestras por grupo de ensayo	5 probetas

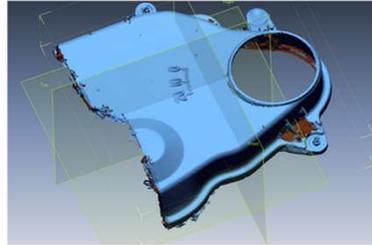
RESULTADOS

Ingeniería Inversa

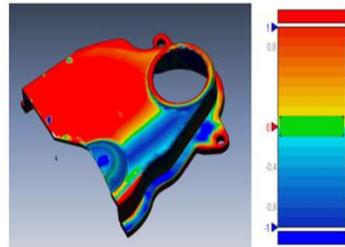
1. Elemento seleccionado



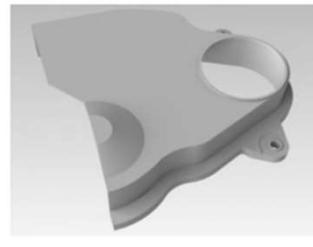
2. Malla obtenida mediante Escáner Go! SCAN 3D



3. Desviación geométrica obtenida respecto al modelo.



3. Modelo CAD obtenido



Impresión 3D



RESULTADOS

Resultados en la validación; norma ASTM 638 - 14

Probeta	Resistencia última a la tracción (MPa)	Deformación a la fluencia (%)	Módulo de elasticidad (MPa)	Esfuerzo a la fluencia (MPa)	Deformación a la rotura (%)
01	18.19	0.25	8965.81	18.19	-
02	19.51	0.29	7333.27	19.51	0.81
03	21.69	0.34	8448.14	21.69	1.57
04	16.83	0.26	7108.19	16.83	1.20
05	20.9	0.30	7657.24	20.9	-
Promedio	19.42	0.29	7902.53	19.42	1.19
Desviación estándar	1.97	0.04	781.58	1.97	0.38
Coefficiente de variación	0.1016	0.1237	0.0989	0.1016	0.3185

RESULTADOS

Resultados en la validación, norma ASTM 790- 17

Probeta	Fuerza última de Flexión (N)	Resistencia al 5% de deformación (MPa)	Resistencia última a la flexión (MPa)	Deformación última a la flexión (%)	Módulo elástico a flexión (MPa)
01	60.83	43.68	44.29	5.09	1373.51
02	58.33	41.14	42.35	5.71	1298.45
03	61.67	45.20	45.82	5.69	1435.88
04	61.67	44.63	45.24	4.86	1421.20
05	60.83	44.52	44.52	4.78	1473.62
Promedio	60.67	43.83	44.44	5.23	1400.53
Desviación estándar	1.37	1.60	1.32	0.45	67.40
Coficiente de variación	0.0226	0.0365	0.0296	0.0856	0.0481

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Proceso de Ingeniería Inversa

Investigación	Desviación alcanzada
Tapa de Distribución, Caso de estudio	± 0.5 [mm]
Alabes de Turbina, Gameros (2015)	± 0.85 [mm]
Palas de hélices en turbinas de embarcaciones, Haimov, (2013)	$\pm 0,05$ [mm]
Piezas mecánicas desgastadas Li, Li, Tang, y Du (2017)	Partes desgastadas, 0.47[mm] a 3.79[mm] Zonas no desgastadas, 0.04[mm] a 0.09[mm].

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Proceso de Impresión 3D

Investigación	Desviación alcanzada
Tapa de Distribución, Caso de estudio Sokół y Cekus (2017)	0.0034, 0.0104, 0.0080, y 0.0055 [mm] 0.05 [mm]
Núñez et al., (2015)	0.000175 [mm] y 0.000262 [mm]
Ferro et al., (2016)	0.05[mm] y 0.1[mm]

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Validación, ensayos a tracción

Investigación	Resistencia última a la tracción (MPa)	Deformación unitaria (%)	Módulo de elasticidad (MPa)
Caso de estudio; (+45°/-45°), 100%	21.69	0.34	8448.14
Ziemian (2012); (+45°/-45°), 74.09%	19.36		
Guamantario (2016); (+45°/-45°), 100%	29.5	0.0233	1739
Tymrak, Kreiger, y Pearce (2014); (+45°/-45°), 100%	29.5	0.233	1739

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Validación, ensayos a flexión

Investigación	Resistencia última a la flexión (MPa)	Módulo de elástico a la flexión (MPa)
Caso de estudio; (+45°/-45°), 100%	44.29	1373.51
Ziemian (2012); (+45°/-45°), 74.09%	32.2	1438.6

CONCLUSIONES

- En el modelado de la Tapa de distribución del Spark 2015, se tuvo una variación geométrica de ± 0.5 [mm].
- La impresión 3D "FDM " de la tapa de distribución presenta propiedades mecánicas y variaciones dimensionales, que no afectan en su funcionalidad.
- Las propiedades mecánicas del prototipo de la tapa de distribución disminuyen en comparación con el original sin afectar su funcionalidad.

RECOMENDACIONES

- La ingeniería inversa es aplicable en el campo automotriz cuando las tolerancias dimensionales y las propiedades mecánicas del elemento no influyen en los requerimientos de su funcionalidad.
- La impresión 3D es un método muy importante en el prototipado rápido, diseño y reingeniería de elementos mecánicos en el campo automotriz.
- Es importante considerar los diferentes procesos de manufactura en el campo de la fabricación de autopartes, ya que la ingeniería inversa e impresión 3D presenta dificultades cuando se requiere de la fabricación de elementos que estarán sometidos a grandes esfuerzos.

