



Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA ESTRUCTURAL COMO MÉTODO PARA MEJORAR EL BRAZO FRONTAL INFERIOR DE SUSPENSIÓN DE UN VEHÍCULO CHEVROLET

Autor:

Ing. Nelson J. Villarroel Herrera.

Director:

Ing. Jaime Molina, M.Sc.

Codirector:

Ing. Diana Peralta, M.Sc.

OPTIMIZACIÓN APLICADA AL DISEÑO DE AUTOPARTES

OBJETIVO GENERAL:

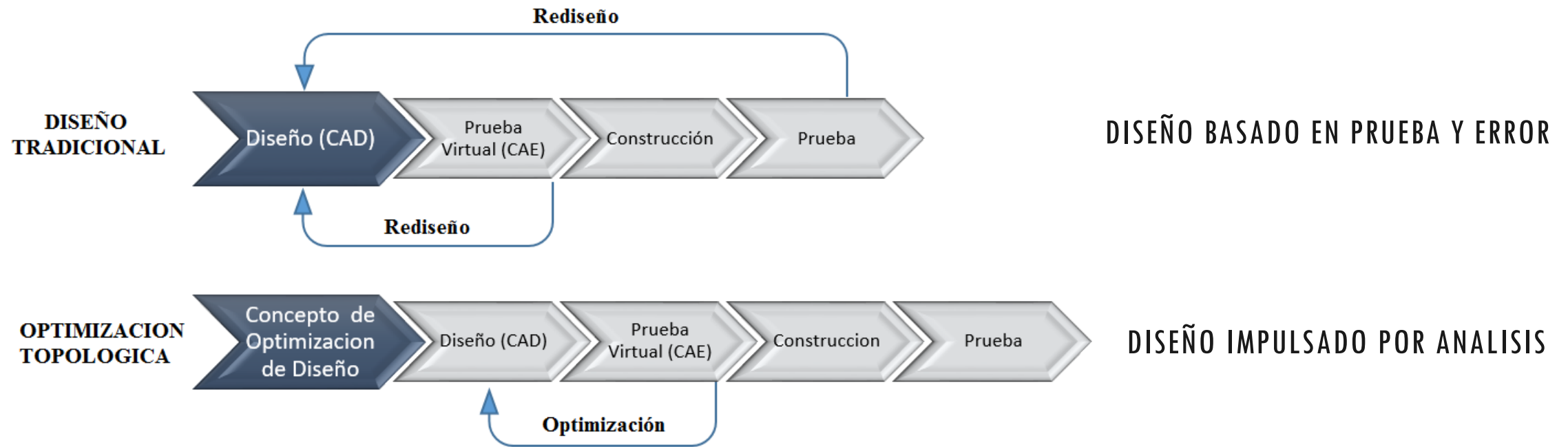
DESARROLLAR UN MÉTODO RÁPIDO DE REINGENIERÍA ACORTANDO LOS TIEMPOS EN EL PROCESO DE DISEÑO.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- MAXIMIZAR EL RENDIMIENTO DE LA AUTOPARTE
- DISMINUIR EL PESO EN EL COMPONENTE
- REDUCIR LA CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA PARA SU FABRICACIÓN.
- EXPLORAR MAYORES ALTERNATIVAS DE DISEÑO



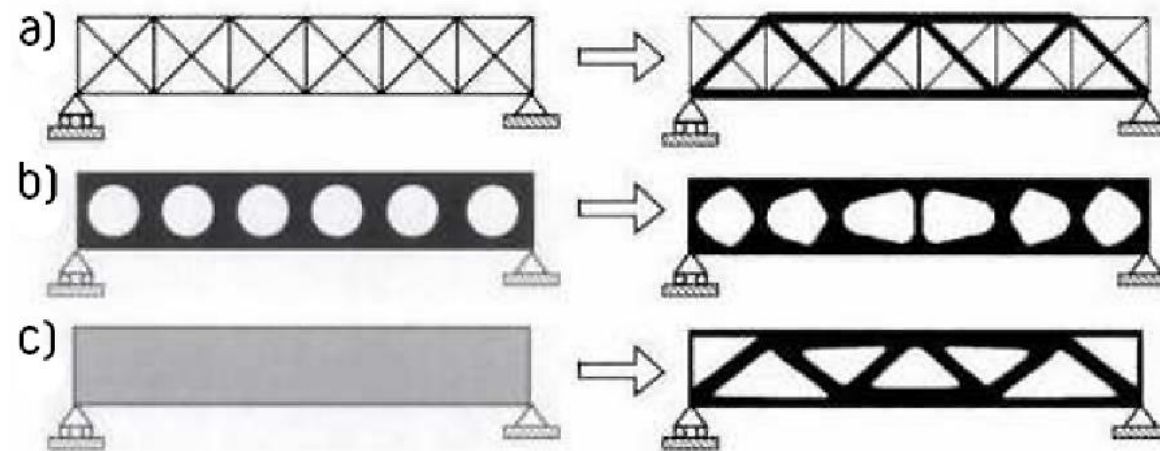
COMPARACIÓN DE PROCESOS DE DISEÑO ACTUALES



FUENTE: Tomado de (Altair University, 2015, pág 16).

TIPOS DE OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL

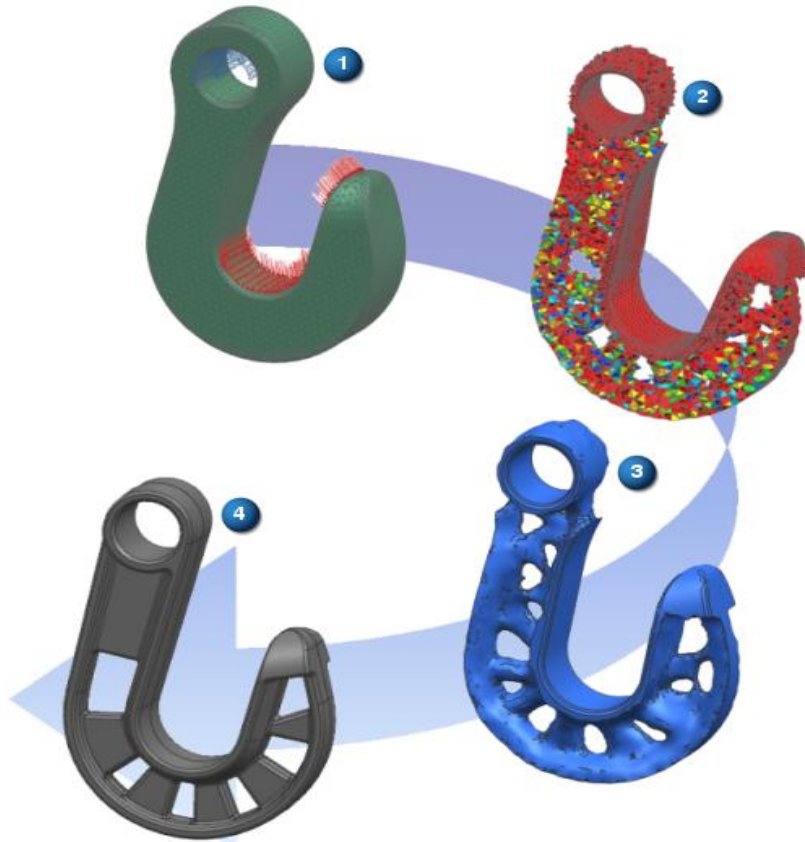
OPTIMO = MEJOR RESULTADO OBTENIDO BAJO CONDICIONES ESPECIFICAS



- a) Optimización de tamaño de una estructura tipo armadura, b) Optimización de forma y
c) Optimización Topológica.

FUENTE: Tomado de (Bendsøe & Sigmund, 2003, pág. 2)

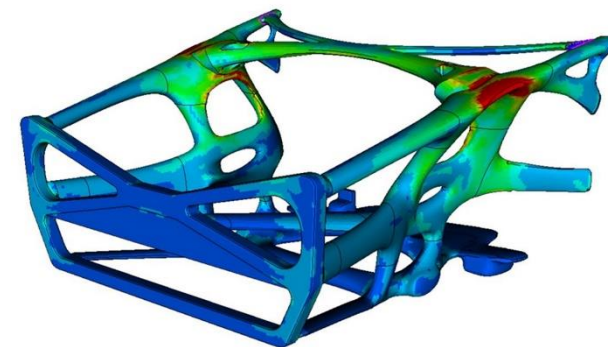
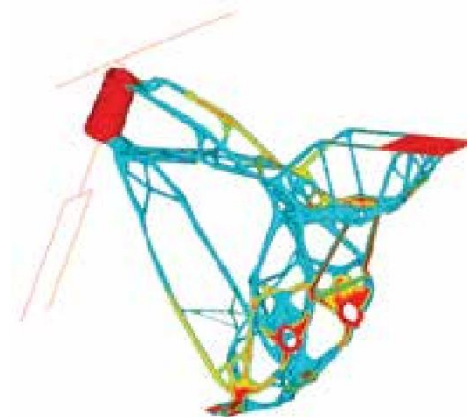
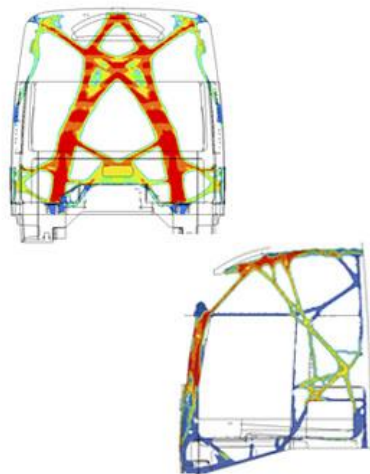
PROCESO BÁSICO DE OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA



1. Definición de condiciones de borde y espacio de diseño
2. Cálculo computacional para determinar la redistribución óptima del material
3. Extracción de datos de la geometría optimizada
4. Reingeniería de la parte analizada

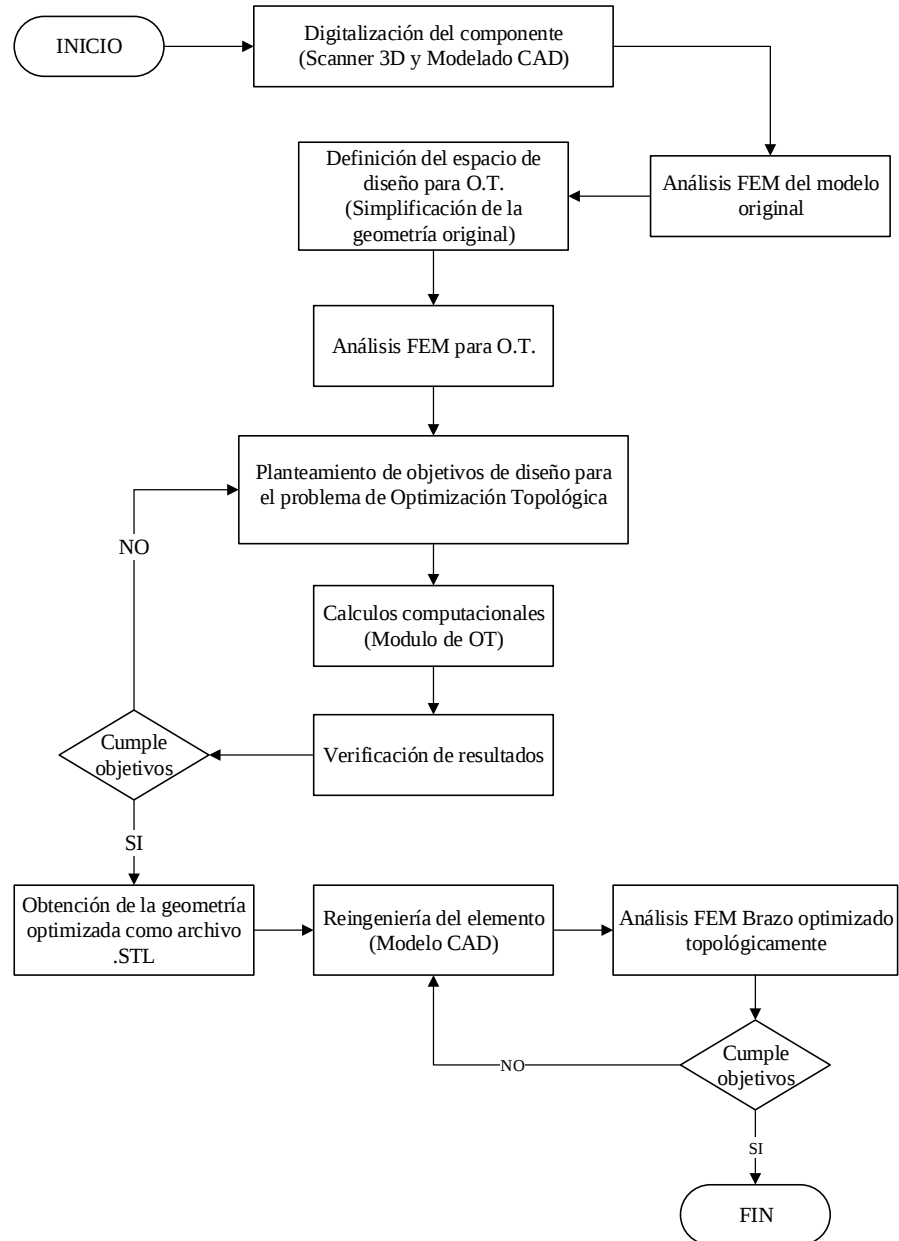
FUENTE: Documentación NX Unigraphics

EJEMPLOS DE APLICACIONES



FUENTE: www.altair.com

METODOLOGÍA



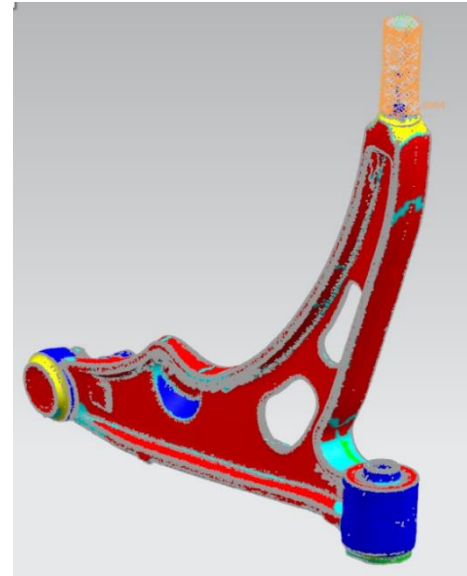
DIGITALIZACIÓN DEL BRAZO DE SUSPENSIÓN



Escaneo 3D de la
autoparte



Digitalización de la
geometría (.stl)

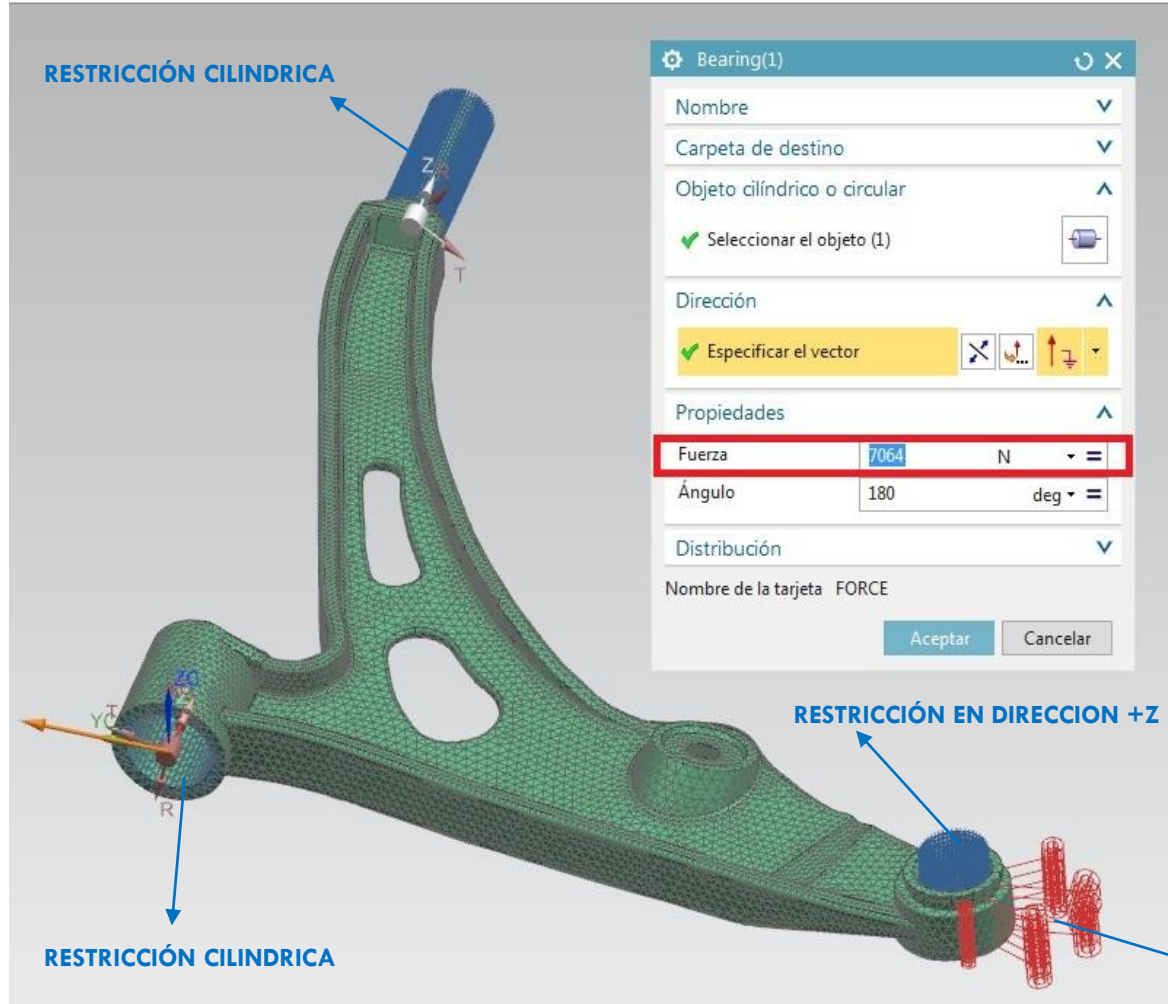


Modelado CAD

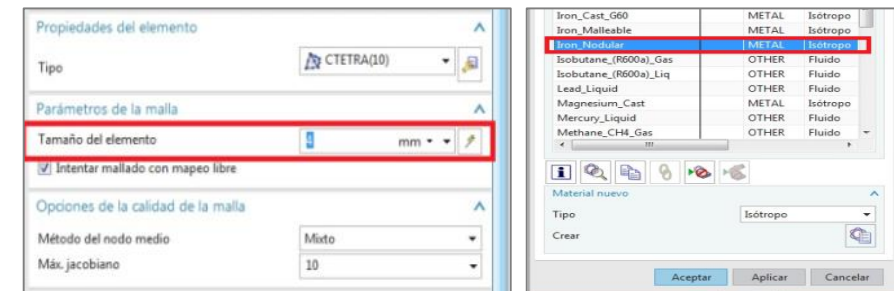
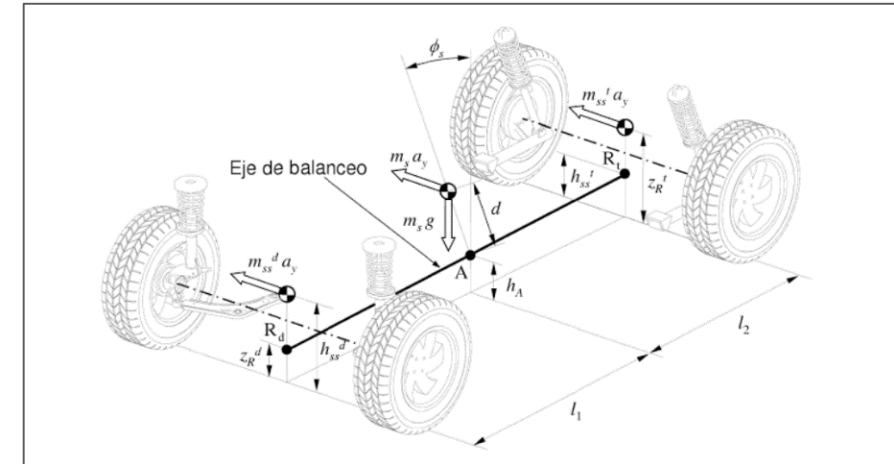


Modelo 3D del brazo

ANÁLISIS FEM PARTE ORIGINAL



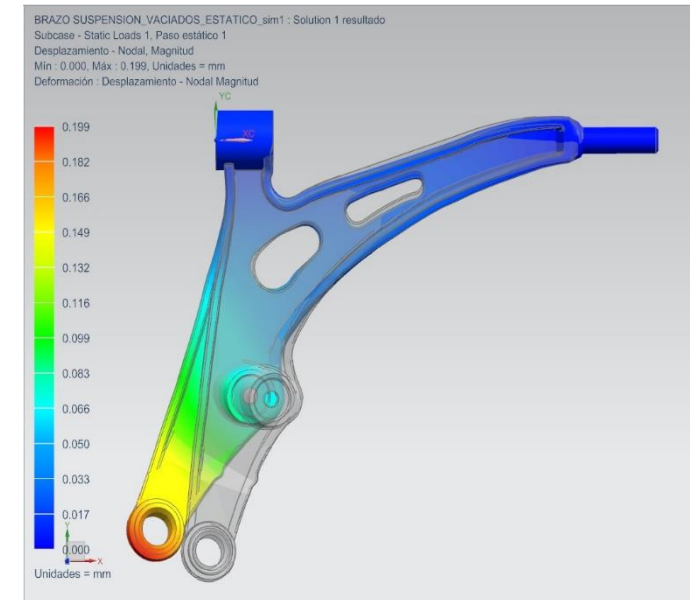
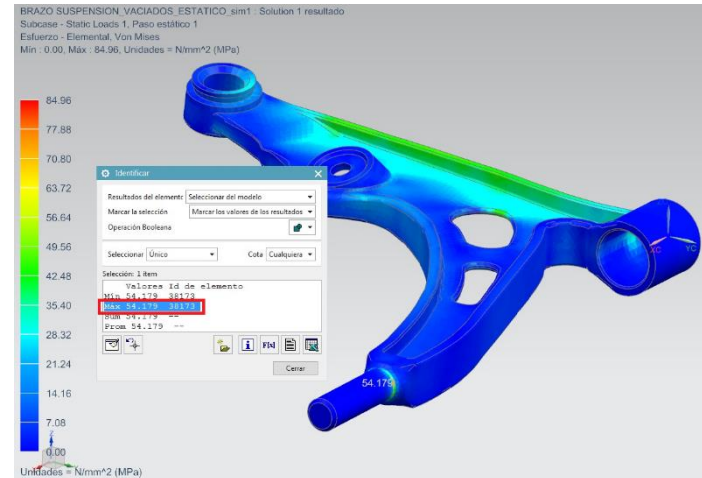
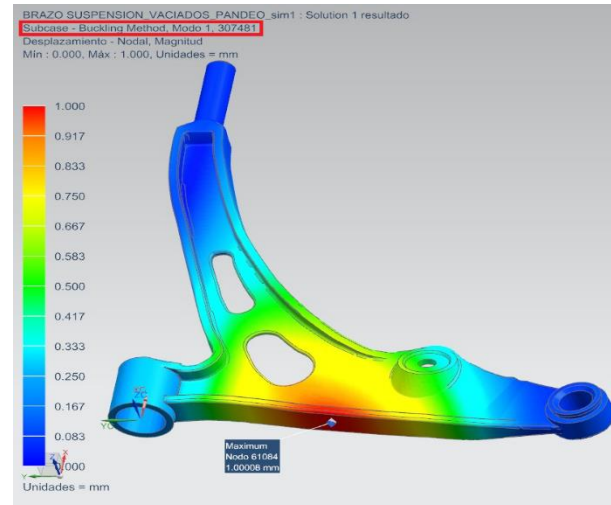
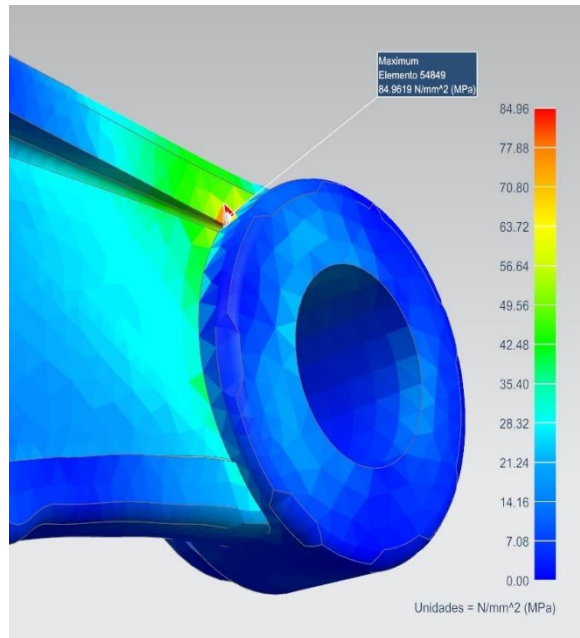
1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL (SOL 101) **F=7064 N**
2. ANÁLISIS DE PANDEO LINEAL (SOL105) **F=1 N**



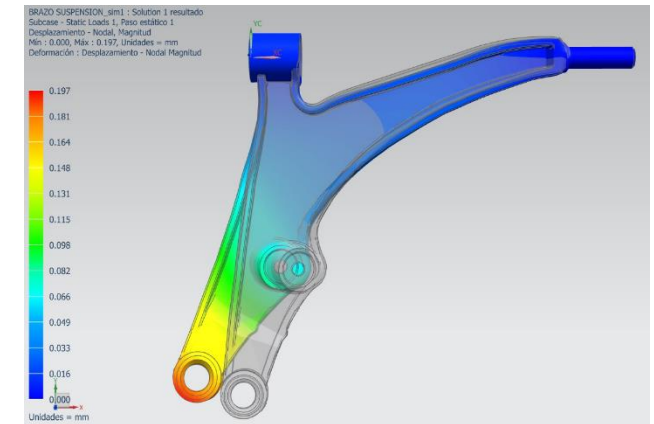
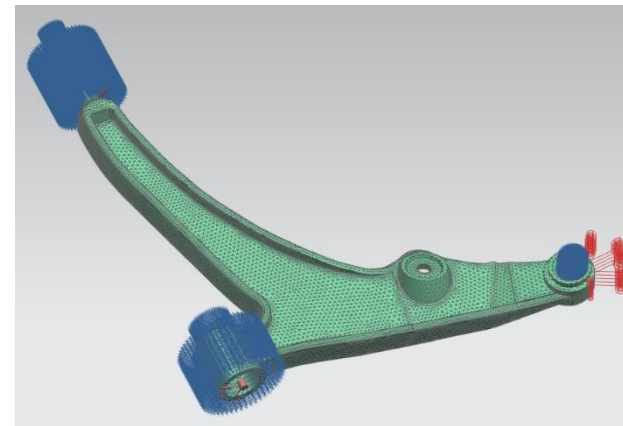
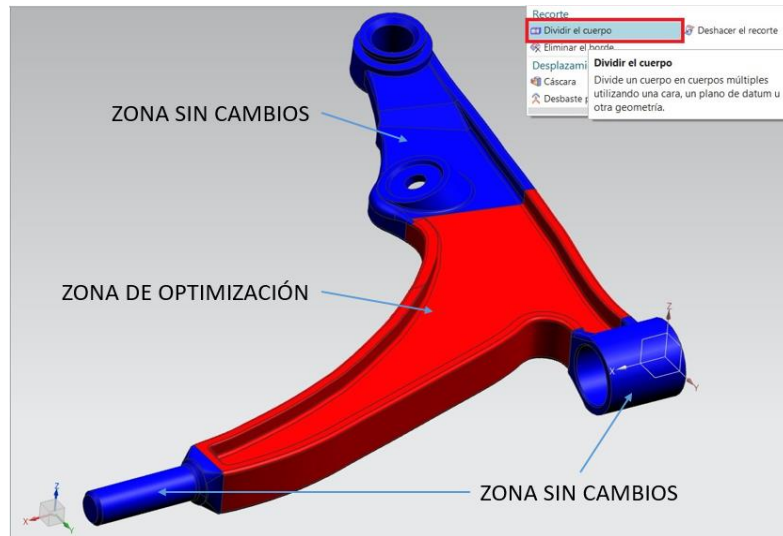
CARGA PRODUCIDA POR LA TRANSFERENCIA DE MASAS

RESULTADOS ANÁLISIS INICIAL

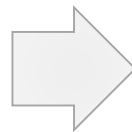
1. **ESFUERZOS MÁXIMOS Y SECUNDARIOS**
2. **CARGA CRÍTICA DE PANDEO**
3. **DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS**



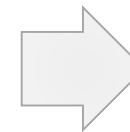
OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA ESTRUCTURAL



Modelado para la definición de sectores

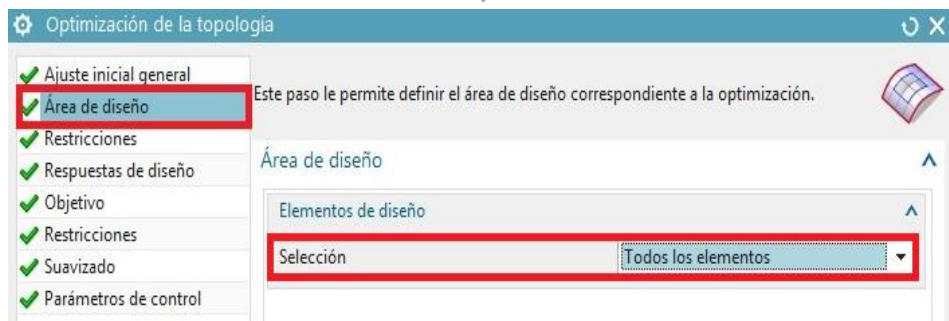
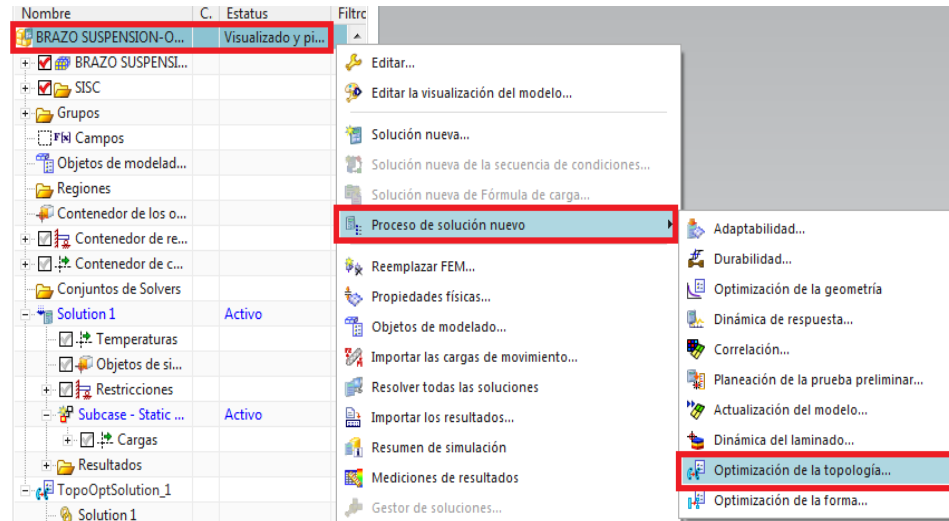


Pre procesamiento
(ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL - SOL101)

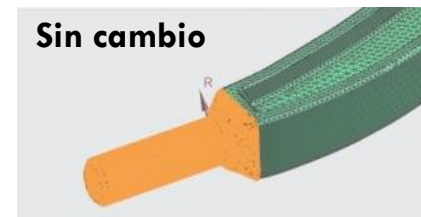


Resultados análisis FEM

MÓDULO DE O.T.



RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS



RESPUESTAS DE DISEÑO (Variables de Control)

Respuesta de diseño

Nombre y descripción: Esfuerzo_Deformacion

Tipo de respuesta de diseño

Categoría: Esfuerzo/Deformación

Componente: STRAIN_ENERGY

Operador de grupo: Sum

Selección del área de respuesta de diseño

Tipo de área de diseño: Elementos

Selección: Todos los elementos

Casos de carga

Subcaso: Subcase - Static Loads 1

Id de subpaso: 1

Agregar caso de carga

Respuesta de diseño

Nombre y descripción: Volumen

Tipo de respuesta de diseño

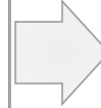
Categoría: Base

Componente: VOLUMEN

Operador de grupo: Sum

Selección del área de respuesta de diseño

Selección: Todos los elementos



OBJETIVO DE OPTIMIZACIÓN

Optimización de la topología

Este paso le permite definir las funciones del objetivo de la optimización.

Objetivo

Destino: Mínimo

Respuesta de diseño: Esfuerzo_Deformacion

Lista

Respuesta de d...	Categoría	Componente
Esfuerzo_Deform...	Esfuerzo/Deform...	STRAIN_ENERGY

RESTRICCIONES SEGÚN LAS RESPUESTAS DE DISEÑO

Restricción

Nombre y descripción

Restriccion_Volumen

Restricción

✓ Respuesta de diseño

Magnitud

Volumen

Relativo

Tipo de restricción

<=

Valor de la restricción

0.5

Aceptar Cancelar



SUAVIZADO Y PARAMETROS DE CONTROL

Ajuste inicial suave

Nombre y descripción

Smooth

Común

Tipo de destino

Volumen de destino

Valor de ISO

0.0015

Formato de salida

Formato

BDF STL Rebanada de IGES

Parámetros de control

Condición de parada

Número máximo de iteraciones

50

Parámetros de aproximación de sensibilidad

Actualización de la densidad

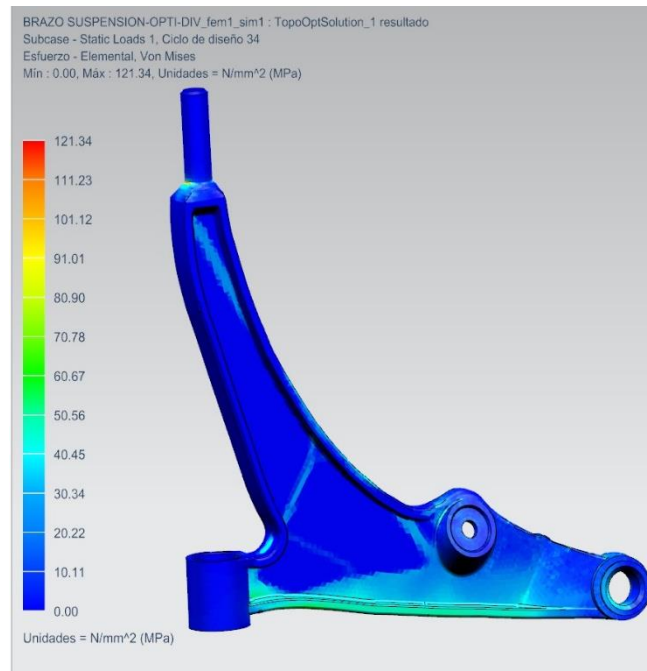
Normal

Movimiento de la densidad

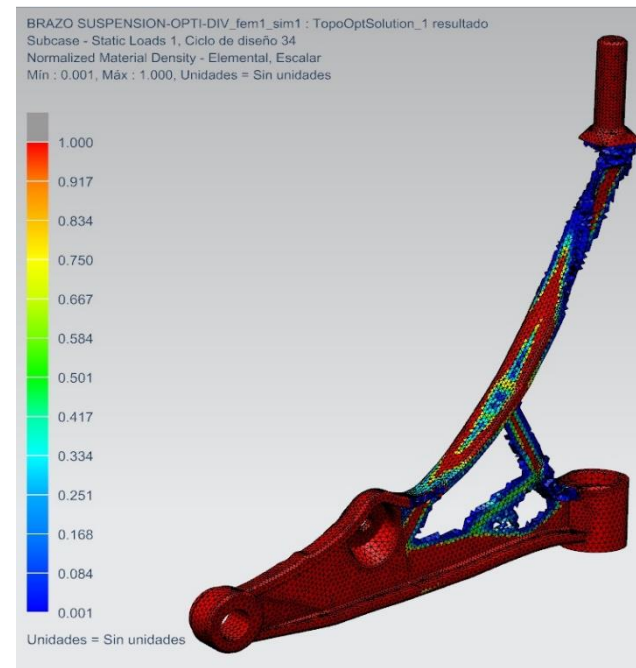
0.2500

RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN

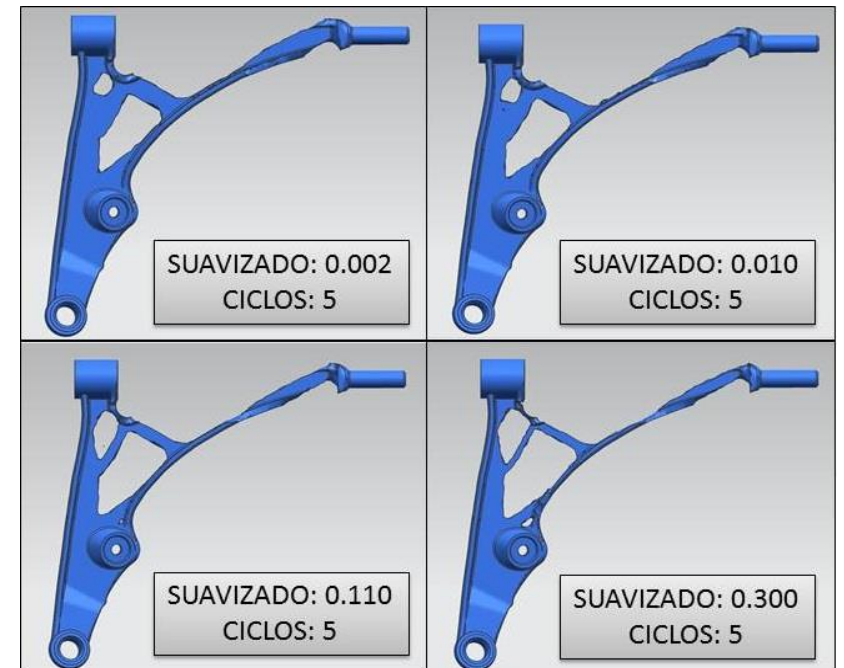
ESFUERZOS ELEMENTALES



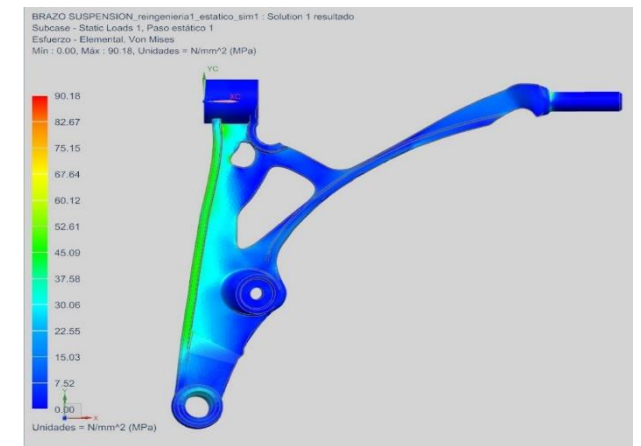
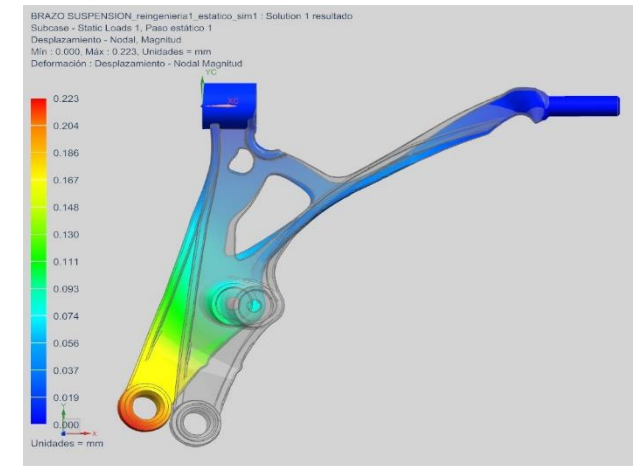
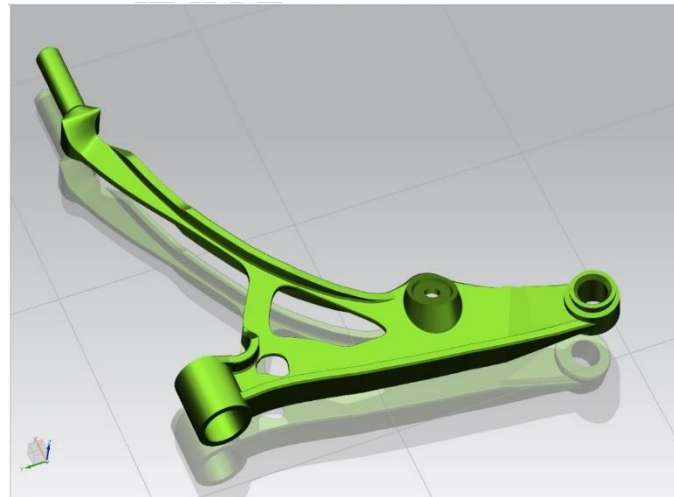
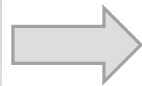
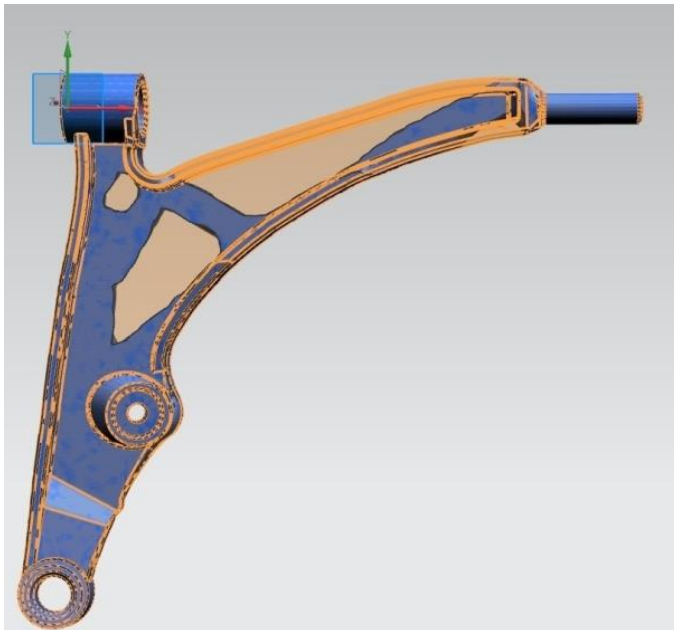
DENSIDAD NORMALIZADA



SUAVIZADO DE RESULTADOS



REINGENIERÍA DEL BRAZO DE SUSPENSIÓN



Reingeniería en base a
resultados obtenidos

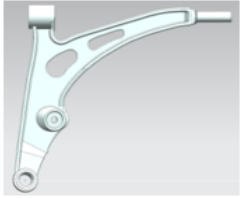
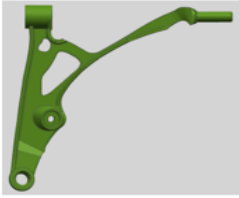


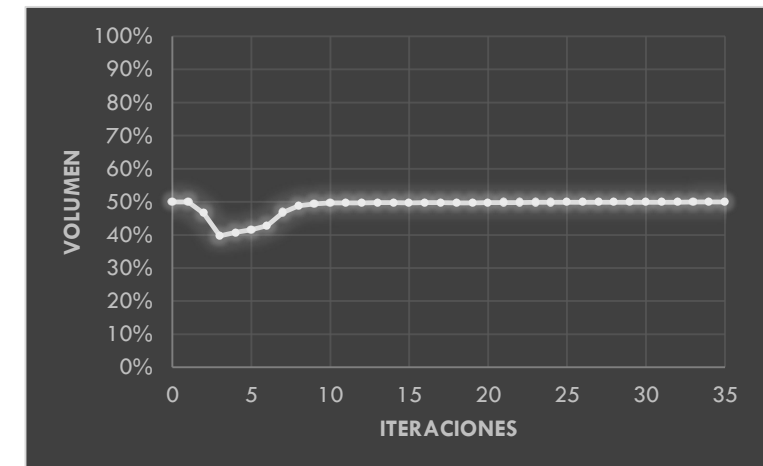
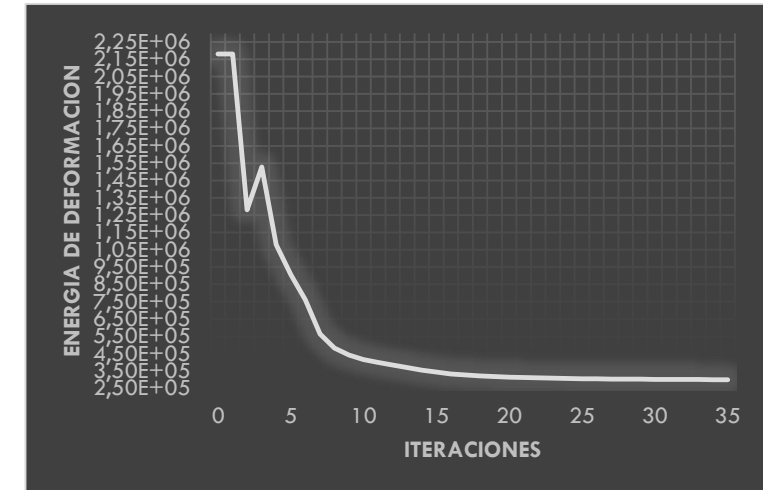
Modelo CAD
optimizado



Análisis FEM de la
nueva geometría

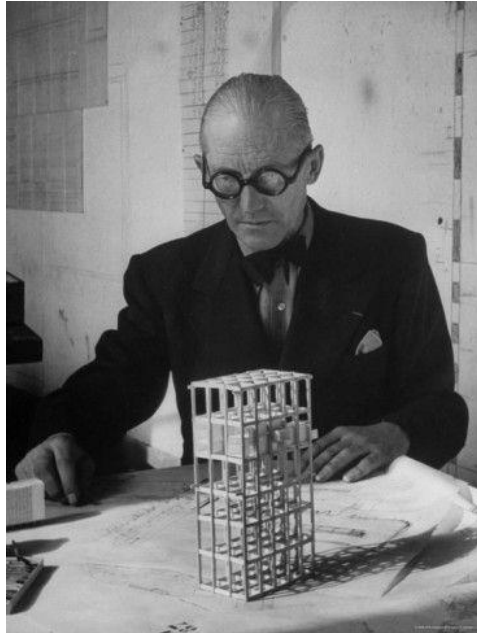
ANALISIS DE RESULTADOS

	Unidades	Modelo original	Modelo Optimizado Topológicamente	Porcentaje de diferencia del modelo optimizado vs. el modelo original (%)
				
Masa	Kg	2,335	1,833	21,499
Volumen	mm ³	328476,725	257948,854	21,471
Deformación máxima	mm	0,199	0,223	-12,060
Esfuerzo máximo (Von Mises)	MPa	84,962	90,181	-6,143
Carga crítica de pandeo	KN	307,481	294,36	4,267
Esfuerzo máximo de pandeo	MPa	312,915	312,832	0,027
Deformación máxima de pandeo	mm	1,000	1,000	0



CONCLUSIONES

- Se logró obtener una nueva forma óptima para el brazo de suspensión estudiado a través de un proceso de optimización topológica desarrollado con el software NX de Siemens, donde se redujo significativamente su masa en un 21,5 % manteniendo su rigidez dentro de rangos admisibles, logrando con esto satisfacer la intención de diseño planteada inicialmente; tomando en cuenta que el modelo fue analizado estáticamente para una condición de reposo, simulando una carga horizontal de transferencia de masa producida cuando el vehículo entra en una curva.
- El tiempo de diseño de partes aligeradas se ve drásticamente reducido al ejecutarse un análisis de optimización topológica, ya que se evita el clásico procedimiento de prueba y error.
- El criterio e intuición del diseñador es indispensable en cada uno de las etapas del proceso, ya que si se fijan objetivos de optimización y respuestas de diseño erróneas el estudio no tendrá ninguna efectividad y por el contrario se generarían datos inservibles.
- La optimización topológica brinda un recurso altamente poderoso en el diseño de partes mecánicas, pero actualmente no se encuentra explotada en su máximo potencial por la falta de conocimiento en su utilización.
- Con la ayuda de los avances tecnológicos en procesos de manufactura como la impresión 3d metálica, se pueden construir de manera más fácil geometrías de forma optimizada como la que se obtuvo en este estudio y reducir considerablemente el volumen de material empleado.
- Gracias al proceso de optimización topológica se obtiene mayor provecho de los procesos de ingeniería asistida por computador CAE.



***“EL ARTE DE UNA ESTRUCTURA ESTA EN SABER COMO Y DONDE UBICAR
LOS AGUJEROS”***

Robert Le Ricolais, 1894-1977

Padre de las estructuras espaciales