

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

**LABORATORIO DE BIOMECAÁNICA**

**PRÁCTICA 1**

**Optimización Topológica**

**Docente: Dra. Yadira Moreno Vera**

**Día: Martes**

**Hora: V2**

**Brigada: 214**

***Equipo: 2***

Nombre	Matricula	Carrera
Maria de los Angeles Puente Peña	1905238	IMTC
Mauricio Guerrero Hernández	1905306	IMTC
Brayan Uriel Grimaldo Salazar	1908530	IMTC
Karla Gabriela Torres García	1910427	IMTC
Alina Martínez Escobedo	1912818	IMTC
Viviana Nathalie Tienda Téllez	1919910	IMTC

**Fecha de entrega: 05-septiembre-2022**

## ***OBJETIVO:***

El estudiante conocerá cada una de las secciones que integran el código de optimización topológica, así como se debe de crear el archivo (.m) en MATLAB y como se ejecuta el análisis.

## ***INTRODUCCION***

En este presente trabajo se presenta una propuesta de análisis de formas de programación, de sus características de trabajo específicas que se presentan siguiendo una metodología con el objetivo de conocer cada una de las secciones que integran el código de optimización topológica, como crear el archivo (.m) en el programa de MATLAB y como ejecutar el análisis correspondiente.

Se propone un código de optimización topológica definiendo las condiciones iniciales que declaramos al inicio de la práctica para después poder realizar la simulación del programa y notar el cómo funciona la optimización topológica. La estructura por realizarse se le aplicará una optimización a una barra a la cual se le someten distintas cargas por lo que el objetivo mismo es que el programa vaya optimizando dicha estructura para obtener las mismas o mejores propiedades con menor material y con un acabado más estético.

## ***NOMBRE Y DEFINICIÓN DE LA PROGRAMACIÓN***

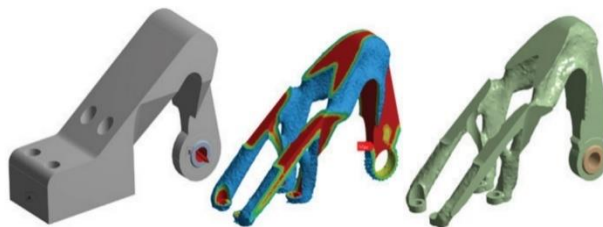
La pieza en un inicio es un rectángulo dividido en una cantidad finita de cuadros, con esto el número de elementos y nodos son sencillos de saber, de igual manera, al conocer el radio de nuestra pieza lo podremos conocer gracias al radio de los elementos que estén de manera horizontal y vertical. Los problemas que conllevan este tipo de estructuras pueden ser resueltos mediante distintos métodos, por ejemplo, Criterios de Optimalidad, Programas de Secuencia Lineal, Método de Asíntotas en Movimiento; para nuestra pieza utilizaremos los Criterios de Optimalidad ya que este es el más sencillo. En cuanto a restricciones, se utilizará una clase de filtro que ayudará a hacer mallas independientes en la pieza y mejorará su diseño.

## ***ESTADO DEL ARTE***

La optimización topológica es una técnica englobada dentro del campo de análisis estructural. Se basa en el análisis mecánico de un componente o estructura. Su principal objetivo es el aligeramiento estructural manteniendo las funcionalidades mecánicas del componente objetivo, como se puede ver en el ejemplo de la Figura1. A diferencia de otros tipos de optimización, la optimización topológica ofrece un nuevo concepto de diseño estructural enfocado a aquellas aplicaciones donde el peso del componente es crucial (por ejemplo, la industria aeroespacial). Gracias a los nuevos métodos computacionales, es posible llevar la optimización a un nivel más complejo de análisis a nivel estático, dinámico, plástico, modal o de impacto, entre otros, los cuales pueden considerarse durante el proceso de optimización [1].

Algunas aplicaciones en las que se han utilizado métodos de optimización son las siguientes:

- Problemas en dinámica. Problema relevante para el diseño de máquinas o estructuras en las que se involucren cargas dinámicas, en los que se busca maximizar o minimizar las eigenfrecuencias dependiendo de la aplicación.
- Problemas de pandeo. Para la maximización de la primera carga crítica de pandeo en una estructura.
- Limitaciones de esfuerzo. Se consideran distintos criterios para poder resolver y proponer problemas de estructuras dado un valor de esfuerzo definido.
- Cargas de presión. Son problemas comunes en los que se busca minimizar los parámetros de diseño como las densidades del material volumétrico a través de todo el diseño. El problema radica en cómo se considera el tipo de carga cuando los dominios de la superficie están sujetos fuerzas que cambian en tamaño, dirección y tamaño debida a la distribución del material. Ejemplos de estas son las presiones de algún fluido.
- Problemas geométricos no lineales. Son aquellos en los que se utiliza el análisis de elemento finito con geometrías no lineales



-Figura1: Ejemplo de optimización topológica

para elementos como estructuras blandas, estructuras esbeltas o mecanismos.

- Mecanismos compatibles. Aquellas estructuras o mecanismos que están diseñados para ser flexibles y otorgar cierto grado permisible de movilidad sin utilizar piezas móviles. Se requiere un diseño que minimice el riesgo de fallo por fatiga.
- Diseño de soportes. Son los problemas en los que no se requieren diseños por distribución de material; sino que se diseña y se analiza, la cantidad de soportes y su posición de ellos en una estructura.
- Diseño de materiales. Son problemas en los que se aplican ideas de la optimización topológica para diseñar la estructura de un material.

#### *Los softwares dedicados a la optimización topológica:*

No todos los software CAD ofrecen esta función de optimización topológica. Aunque no se utiliza necesariamente en el proceso de modelado y fabricación, puede ser mejor optar por un programa que la incluya, para asegurarse de diseñar una pieza óptima. Es por ello que algunas empresas han decidido desarrollar un software dedicado a este proceso. Uno de los pioneros es sin duda Altair, con su solución OptiStruct, que luego llevó a otra solución, Altair Inspire. También existen otras opciones como la de Ansys, Dassault Systèmes, Autodesk o incluso nTopology. Además, hay muchos programas de CAD que integran funciones para optimizar las piezas, como Solidworks, Creo o Fusion 360 [2].

#### *¿Dónde se utiliza actualmente la optimización topológica?*

La industria automotriz abordó rápidamente este problema debido a la reducción de costes mediante el ahorro en materias primas asociadas con los tamaños de serie. De hecho, la reducción de unos pocos gramos por cada vehículo, en una producción de varios millones de unidades, representa toneladas de material ahorrado. Como ejemplo de esto tenemos el chasis impreso en 3D del Light Rider, una pieza que pesa solo 6 kilos gracias a una distribución óptima del material. Más recientemente, está la parte de suspensión del Fiat Chrysler Automobiles, que reúne más de 12 componentes diferentes en uno mismo. Al centrarse en la optimización topológica, los diseñadores redujeron su peso final en un 36%.

La aeronáutica es sin duda otro sector interesado en la optimización topológica, con el objetivo de reducir costes indirectos. Un avión más ligero consume menos combustible, lo que, a la larga, genera importantes ahorros para una aerolínea. Esto es lo que el diseñador Andreas Bastian demostró con sus asientos de avión. Los diseñó un 54% más ligeros, que, en su conjunto, supondría una reducción muy significativa del peso de un avión. Más allá del peso, la optimización topológica permite, especialmente al sector aeronáutico, imaginar formas mucho más complejas ya que la industria se libera de las limitaciones impuestas por los moldes [3].

Los pasos que se requieren para realizar la optimización topológica:

1. Dibujar o Importar geometría
2. Simplificar la pieza y definir el espacio de diseño
3. Establecer uniones, juntas y contactos
4. Asignar materiales
5. Definir los casos de carga
6. Generar la optimización
7. Refinar la geometría
8. Exportar a CAD o generar STL
9. Verificar el rendimiento
10. Fabricar

MATLAB es un lenguaje de programación, así como un entorno computacional interactivo, que permite realizar diferentes tareas, tales como: manipulaciones matriciales, trazado de funciones y datos, implementación de algoritmos, creación de interfaces de usuario, programas en otros lenguajes (C, C ++, Java y FORTRAN), analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos o aplicaciones [5].

MATLAB también permite escribir una serie de comandos en un archivo y ejecutar el archivo como una unidad completa, como escribir una función y llamarla [4].

Los .m files son archivos de texto donde guardamos una secuencia de comandos. Dichos archivos son guardados con extensión .m y pueden ser de dos tipos:

- Scripts: En estos archivos, escribe una serie de comandos que desea ejecutar juntos. Los scripts no aceptan entradas y no devuelven ninguna salida. Operan con datos en el espacio de trabajo.
- Functions: Las funciones pueden aceptar entradas y devolver salidas. Las variables internas son locales a la función.

La manera de crear archivos de secuencias de comandos (.m) es utilizando un editor de texto, este se puede abrir el editor MATLAB de dos formas:

- Usando el símbolo del sistema
- Usando el IDE

Si se está utilizando el símbolo del sistema, se debe escribir **edit** en este para abrir el editor. Igualmente, se puede escribir directamente **edit** y luego el nombre del archivo con extensión.m [4].

### ***PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACIÓN***

Las 99 líneas del programa están divididas en 36 líneas para el programa principal, 12 líneas para la optimización, 16 para el filtro de malla y 35 líneas para el código de elemento finito.

#### **Programa principal (líneas 1-36)**

El programa principal (líneas 1-36) empieza distribuyendo el material en partes iguales en el dominio del diseño (línea 4). después de otras inicializaciones, el bucle principal empieza llamando a la subrutina del elemento finito (línea 12) que regresa el desplazamiento del vector U.

Ya que la matriz de rigidez de elemento para el material solido es la misma para todos los elementos, la subrutina es llamada solo una vez (línea 14). Después de esto, un bucle sobre todos los elementos determinara la función objetiva y las sensibilidades (4). Las variables n1 y n2 indican los números de nodos de elementos superiores izquierdo y derecho y son usados para extraer el vector de desplazamiento Ue del desplazamiento global del vector U. El análisis de sensibilidad es seguido al llamar al filtro de malla independiente (línea 26) y al optimizador (línea 28).

El cumplimiento, así como otros parámetros son impresos por las líneas 30-33 y la distribución de densidad resultante se traza (línea 35). El bucle principal se termina si el cambio en las variables de diseño es menos al 1%. De lo contrario se repetirán los pasos anteriores.

### **Optimización basada en criterios de optimalidad (líneas 37-48)**

Las variables de diseño actualizadas se encuentran en el optimizador (líneas 37-48). Sabiendo que el volumen del material ( $\text{sum}(\text{sim}(\text{xnew}))$ ) es una función decreciente monótona de los multiplicadores de Lagrange ( $\text{lag}$ ), el valor de los multiplicadores de Lagrange que satisface la restricción de volumen se puede encontrar mediante un algoritmo de bifurcación (líneas 40-48). Este algoritmo se inicializa adivinando un valor  $\text{I1}$  inferior y un  $\text{I2}$  superior para el lagrangiano (línea 39). El intervalo que limita el multiplicador de Lagrange se reduce a la mitad repetidamente hasta que su tamaño es menor a los criterios de convergencia (línea 40).

### **Filtrado de malla independiente (líneas 49-64)**

Las líneas 49-64 representan la implementación de Matlab de (5). Es importante notar que no todos los elementos en el dominio del diseño son buscados con el fin de encontrar los elementos que se encuentran dentro del radio  $r_{\text{min}}$  pero solo los que se encuentren dentro de un cuadrado con lados de longitud dos veces redondas ( $r_{\text{min}}$ ) alrededor del elemento considerado. Al seleccionar menos  $r_{\text{min}}$  que uno en la rutina, las sensibilidades filtradas serán iguales a las sensibilidades originales que hacen el filtro inactivo.

### **Código de elemento finito (líneas 65-99)**

El código de elemento finito está escrito en las líneas 65-99. Tenga en cuenta que el solucionador hace uso de las escasas opciones en Matlab. La matriz global rígida se forma por un bucle sobre todos los elementos (líneas 70-77). Como fue en el caso del programa principal, las variables  $n1$  y  $n2$  denotan los números de nodos de elementos superior izquierda y derecha y son usados para insertar la matriz de rigidez de los elementos en los lugares correctos en la matriz global. Como se mencionó antes, ambos nodos y elementos son numerados en columnas de izquierda a derecha. Además cada nodo tiene dos grados de

libertad (horizontal y vertical), por lo que se aplica el comando  $F(2,1)=-1$  (línea 79) una fuerza unitaria vertical en la esquina superior izquierda.

Los soportes se implementan al eliminar los grados de libertad arreglados de las ecuaciones lineales. Matlab puede hacer esto con la línea:

```
84 U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \ F(freedofs,:);
```

Donde freedofs indican los grados de libertad que no están restringidos. Mayormente, es más fácil definir los grados de libertad que están arreglados (fixeddofs) por lo que los freedofs son encontrados automáticamente usando el operador de Matlab setdiff que encuentra los grados de libertad libres como la diferencia entre todos los grados de libertad y los grados de libertad arreglados. La matriz de rigidez es calculada en las líneas 86-99. La matriz de 8x8 por el cuadrado bi-linear elemento de 4 nodos fue determinado analíticamente usando un software de manipulación simbólica. El módulo de Young y el coeficiente de Poisson no puede ser alterado en las líneas 88 y 89.

### ***IMPLEMENTACION DE LA PROGRAMACIÓN***

En base a la explicación del procedimiento realizado para la programación de la optimización topología en Matlab, ahora el siguiente paso a realizar es el corroborar que el código propuesto funcione correctamente. Para la implementación de este código lo único necesario es el copiar el siguiente programa en el editor de Matlab.

```
%%%% Codigo de 99 Lineas OPTIMIZACION TOPOLOGICA %%%%
function top(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
loop = 0;
change = 1.;
% START ITERATION
while change > 0.01
    loop = loop + 1;
    xold = x;
% FE-ANALYSIS
    [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
% OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
    [KE] = lk;
    c = 0.;
    for ely = 1:nely
        for elx = 1:nelx
            n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
            n2 = (nely+1)* elx +ely;
            Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1;2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],1);
            c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
```



```

        dc(ely,elx) = -penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
    end
end
% FILTERING OF SENSITIVITIES
[dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
% DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
[x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc);
% PRINT RESULTS
change = max(max(abs(x-xold)));
disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
      ' Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
      ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])
% PLOT DENSITIES
colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off; pause(1e-
6);
end
%%%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc)
l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
while (l2-l1 > 1e-4)
    lmid = 0.5*(l2+l1);
    xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid))));
    if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
        l1 = lmid;
    else
        l2 = lmid;
    end
end
end
%%%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [dcn]=check(nelx,nely,rmin,x,dc)
dcn=zeros(nely,nelx);
for i = 1:nelx
    for j = 1:nely
        sum=0.0;
        for k = max(i-floor(rmin),1):min(i+floor(rmin),nelx)
            for l = max(j-floor(rmin),1):min(j+floor(rmin),nely)
                fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
                sum = sum+max(0,fac);
                dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
            end
        end
        dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
    end
end
end
%%%%%%%%%% FE-ANALYSIS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [U]=FE(nelx,nely,x,penal)
[KE] = lk;
K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),1); U = zeros(2*(nely+1)*(nelx+1),1);
for elx = 1:nelx
    for ely = 1:nely
        n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
        n2 = (nely+1)* elx +ely;
        edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1; 2*n1+2];

```

```

        K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
    end
end
% DEFINE LOADS AND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
F(2,1) = -1;
fixeddofs = union([1:2:2*(nely+1)], [2*(nelx+1)*(nely+1)]);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs, fixeddofs);
% SOLVING
U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \ F(freedofs,:);
U(fixeddofs,:)= 0;
%%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [KE]=lk
E = 1.;
nu = 0.3;
k=[ 1/2-nu/6    1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
    -1/4+nu/12 -1/8-nu/8    nu/6      1/8-3*nu/8];
KE = E/(1-nu^2)*[ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
                  k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
                  k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
                  k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
                  k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
                  k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
                  k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
                  k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];

```

#### -Código de optimización topológica

Para correr la simulación de la optimización se deben de llamar con la siguiente línea:

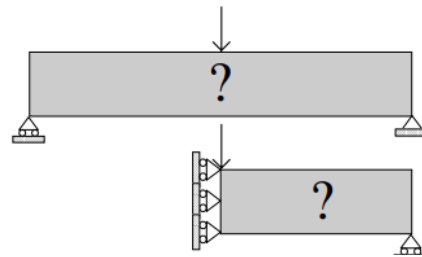
```
>> top(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)
```

Donde **nelx** y **nely** son el número de elementos en el direcciones horizontal y vertical respectivamente, **volfrac** es la fracción de volumen, **penal** es el poder de penalización y **rmin** es el tamaño del filtro (dividido por el tamaño del elemento). Otras variables, así como las condiciones de contorno se definen dentro del propio código de Matlab. Dichas condiciones se pueden modificar en caso de querer ciertas propiedades específicas y de esta manera tener distintas observaciones del comportamiento del código ante distintas entradas. Por lo que por razones prácticas en este caso las condiciones a utilizar son las siguientes:

```
>> top(30,10,0.5,3.0,1.5)
```

Una vez definidas las condiciones iniciales de la práctica se proseguirá a realizar la simulación del programa para poder notar el cómo funciona la optimización topológica. Cabe mencionar que la estructura a realizarle la optimización es una barra a la cual se le someten distintas cargas por lo que a continuación se mostraran imágenes de la estructura original

(Figura2) y de cómo el mismo programa va optimizando dicha estructura para obtener las mismas o mejores propiedades con menor material y con un acabado más estético.

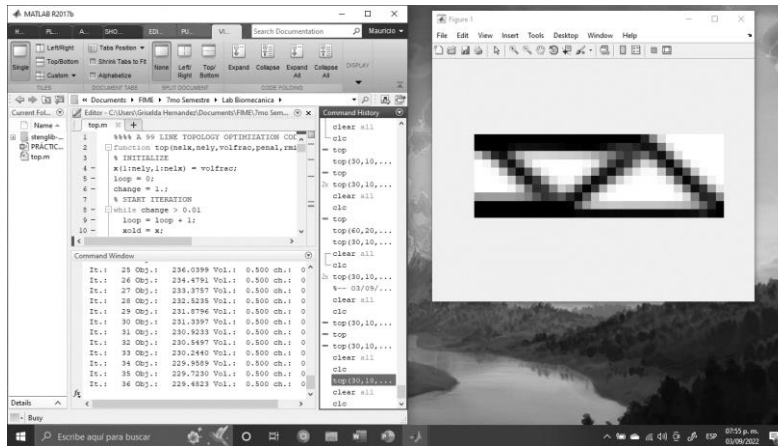


-Figura2: Estructura

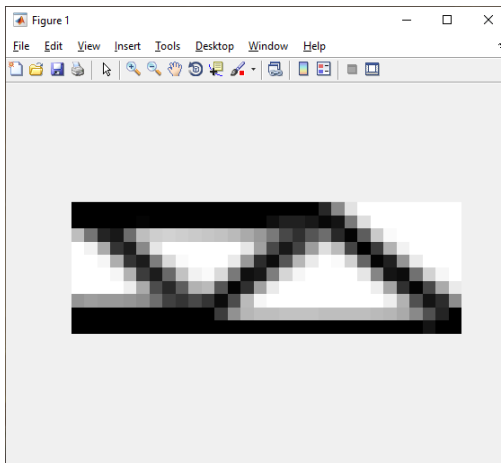
Optimización:

```

1 %%% A 99 LINE TOPOLGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGHOF, JANUARY 2000 %%%
2 function top(nls,nely,volfrac,penal,rho)
3 % INITIALIZE
4 x(limely,linely) = volfrac;
5 loop = 0;
6 change = 1;
7 % START ITERATION
8 while change > 0.01
9     loop = loop + 1;
10    hold = x;
11    % ANALYSIS
12
13 Command Window
14 >> top(30,10,0.5,3,0,1.5)
15
16 Command History
17 -clear all
18 -do
19 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
20 top
21 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
22 top
23 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
24 %-- 03/09/2022 03:29 p. m. --%
25 clear all
26 do
27 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
28 top
29 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
30 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
31 clear all
32 do
33 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
34 top
35 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
36 %-- 03/09/2022 07:38 p. m. --%
37 clear all
38 do
39 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
40 top
41 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
42 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
43 clear all
44 do
45 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
46 top
47 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
48 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
49 clear all
50 do
51 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
52 top
53 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
54 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
55 clear all
56 do
57 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
58 top
59 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
60 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
61 clear all
62 do
63 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
64 top
65 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
66 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
67 clear all
68 do
69 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
70 top
71 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
72 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
73 clear all
74 do
75 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
76 top
77 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
78 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
79 clear all
80 do
81 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
82 top
83 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
84 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
85 clear all
86 do
87 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
88 top
89 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
90 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
91 clear all
92 do
93 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
94 top
95 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
96 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
97 clear all
98 do
99 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
100 top
101 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
102 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
103 clear all
104 do
105 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
106 top
107 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
108 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
109 clear all
110 do
111 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
112 top
113 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
114 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
115 clear all
116 do
117 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
118 top
119 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
120 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
121 clear all
122 do
123 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
124 top
125 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
126 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
127 clear all
128 do
129 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
130 top
131 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
132 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
133 clear all
134 do
135 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
136 top
137 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
138 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
139 clear all
140 do
141 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
142 top
143 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
144 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
145 clear all
146 do
147 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
148 top
149 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
150 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
151 clear all
152 do
153 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
154 top
155 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
156 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
157 clear all
158 do
159 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
160 top
161 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
162 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
163 clear all
164 do
165 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
166 top
167 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
168 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
169 clear all
170 do
171 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
172 top
173 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
174 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
175 clear all
176 do
177 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
178 top
179 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
180 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
181 clear all
182 do
183 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
184 top
185 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
186 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
187 clear all
188 do
189 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
190 top
191 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
192 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
193 clear all
194 do
195 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
196 top
197 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
198 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
199 clear all
200 do
201 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
202 top
203 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
204 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
205 clear all
206 do
207 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
208 top
209 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
210 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
211 clear all
212 do
213 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
214 top
215 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
216 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
217 clear all
218 do
219 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
220 top
221 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
222 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
223 clear all
224 do
225 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
226 top
227 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
228 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
229 clear all
230 do
231 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
232 top
233 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
234 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
235 clear all
236 do
237 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
238 top
239 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
240 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
241 clear all
242 do
243 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
244 top
245 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
246 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
247 clear all
248 do
249 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
250 top
251 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
252 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
253 clear all
254 do
255 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
256 top
257 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
258 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
259 clear all
260 do
261 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
262 top
263 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
264 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
265 clear all
266 do
267 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
268 top
269 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
270 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
271 clear all
272 do
273 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
274 top
275 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
276 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
277 clear all
278 do
279 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
280 top
281 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
282 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
283 clear all
284 do
285 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
286 top
287 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
288 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
289 clear all
290 do
291 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
292 top
293 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
294 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
295 clear all
296 do
297 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
298 top
299 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
300 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
301 clear all
302 do
303 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
304 top
305 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
306 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
307 clear all
308 do
309 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
310 top
311 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
312 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
313 clear all
314 do
315 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
316 top
317 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
318 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
319 clear all
320 do
321 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
322 top
323 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
324 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
325 clear all
326 do
327 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
328 top
329 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
330 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
331 clear all
332 do
333 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
334 top
335 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
336 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
337 clear all
338 do
339 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
340 top
341 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
342 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
343 clear all
344 do
345 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
346 top
347 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
348 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
349 clear all
350 do
351 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
352 top
353 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
354 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
355 clear all
356 do
357 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
358 top
359 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
360 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
361 clear all
362 do
363 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
364 top
365 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
366 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
367 clear all
368 do
369 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
370 top
371 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
372 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
373 clear all
374 do
375 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
376 top
377 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
378 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
379 clear all
380 do
381 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
382 top
383 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
384 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
385 clear all
386 do
387 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
388 top
389 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
390 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
391 clear all
392 do
393 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
394 top
395 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
396 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
397 clear all
398 do
399 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
400 top
401 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
402 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
403 clear all
404 do
405 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
406 top
407 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
408 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
409 clear all
410 do
411 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
412 top
413 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
414 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
415 clear all
416 do
417 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
418 top
419 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
420 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
421 clear all
422 do
423 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
424 top
425 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
426 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
427 clear all
428 do
429 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
430 top
431 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
432 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
433 clear all
434 do
435 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
436 top
437 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
438 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
439 clear all
440 do
441 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
442 top
443 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
444 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
445 clear all
446 do
447 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
448 top
449 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
450 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
451 clear all
452 do
453 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
454 top
455 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
456 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
457 clear all
458 do
459 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
460 top
461 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
462 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
463 clear all
464 do
465 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
466 top
467 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
468 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
469 clear all
470 do
471 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
472 top
473 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
474 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
475 clear all
476 do
477 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
478 top
479 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
480 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
481 clear all
482 do
483 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
484 top
485 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
486 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
487 clear all
488 do
489 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
490 top
491 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
492 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
493 clear all
494 do
495 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
496 top
497 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
498 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
499 clear all
500 do
501 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
502 top
503 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
504 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
505 clear all
506 do
507 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
508 top
509 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
510 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
511 clear all
512 do
513 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
514 top
515 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
516 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
517 clear all
518 do
519 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
520 top
521 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
522 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
523 clear all
524 do
525 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
526 top
527 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
528 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
529 clear all
530 do
531 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
532 top
533 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
534 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
535 clear all
536 do
537 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
538 top
539 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
540 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
541 clear all
542 do
543 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
544 top
545 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
546 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
547 clear all
548 do
549 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
550 top
551 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
552 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
553 clear all
554 do
555 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
556 top
557 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
558 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
559 clear all
560 do
561 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
562 top
563 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
564 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
565 clear all
566 do
567 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
568 top
569 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
570 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
571 clear all
572 do
573 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
574 top
575 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
576 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
577 clear all
578 do
579 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
580 top
581 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
582 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
583 clear all
584 do
585 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
586 top
587 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
588 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
589 clear all
590 do
591 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
592 top
593 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
594 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
595 clear all
596 do
597 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
598 top
599 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
600 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
601 clear all
602 do
603 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
604 top
605 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
606 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
607 clear all
608 do
609 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
610 top
611 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
612 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
613 clear all
614 do
615 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
616 top
617 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
618 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
619 clear all
620 do
621 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
622 top
623 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
624 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
625 clear all
626 do
627 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
628 top
629 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
630 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
631 clear all
632 do
633 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
634 top
635 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
636 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
637 clear all
638 do
639 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
640 top
641 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
642 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
643 clear all
644 do
645 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
646 top
647 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
648 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
649 clear all
650 do
651 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
652 top
653 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
654 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
655 clear all
656 do
657 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
658 top
659 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
660 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
661 clear all
662 do
663 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
664 top
665 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
666 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
667 clear all
668 do
669 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
670 top
671 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
672 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
673 clear all
674 do
675 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
676 top
677 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
678 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
679 clear all
680 do
681 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
682 top
683 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
684 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
685 clear all
686 do
687 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
688 top
689 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
690 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
691 clear all
692 do
693 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
694 top
695 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
696 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
697 clear all
698 do
699 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
700 top
701 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
702 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
703 clear all
704 do
705 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
706 top
707 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
708 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
709 clear all
710 do
711 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
712 top
713 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
714 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
715 clear all
716 do
717 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
718 top
719 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
720 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
721 clear all
722 do
723 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
724 top
725 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
726 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
727 clear all
728 do
729 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
730 top
731 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
732 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
733 clear all
734 do
735 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
736 top
737 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
738 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
739 clear all
740 do
741 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
742 top
743 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
744 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
745 clear all
746 do
747 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
748 top
749 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
750 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
751 clear all
752 do
753 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
754 top
755 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
756 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
757 clear all
758 do
759 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
760 top
761 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
762 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
763 clear all
764 do
765 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
766 top
767 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
768 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
769 clear all
770 do
771 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
772 top
773 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
774 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
775 clear all
776 do
777 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
778 top
779 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
780 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
781 clear all
782 do
783 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
784 top
785 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
786 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
787 clear all
788 do
789 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
790 top
791 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
792 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
793 clear all
794 do
795 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
796 top
797 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
798 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
799 clear all
800 do
801 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
802 top
803 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
804 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
805 clear all
806 do
807 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
808 top
809 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
810 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
811 clear all
812 do
813 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
814 top
815 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
816 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
817 clear all
818 do
819 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
820 top
821 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
822 top(30,10,0.5,3,0,1.5)
823 clear all
824 do
825 top(30,10,0.
```



-Simulación de la optimización topológica



-Optimización topológica completa

En base al código propuesto, se puede observar que, con respecto a la figura propuesta de la barra uniforme sometida a cargas, se puede observar que efectivamente existe una gran diferencia entre cada una de las formas, obteniendo en la optimización una estructura compuesta de barras y con mucho menor material necesario para ser elaborada, más sin embargo cumpliendo aun así con las propiedades establecidas en la figura uniforme.

## CONCLUSIONES

### *Mauricio Guerrero Hernández:*

En base a lo visto en esta práctica, lo que más se logra destacar es la comprensión de del concepto de optimización topológica para que, de esta manera, reconozcamos la importancia de la utilización de este concepto hoy en día en la industria, como podría ser en el diseño automotriz para poder mejorar la aerodinámica de una carrocería, en la industria para mejorar las propiedades de alguna estructura de una pieza de maquinaria, en el diseño y elaboración de prótesis, o inclusive para ahorrar el costo de material necesario para su elaboración, entre muchas otras aplicaciones las cuales como se mencionó anteriormente son muy solicitadas

en distintos sectores laborales. De igual manera cabe destacar que la programación de un código en Matlab resulto un gran reto debido a que no es muy habitual el realizar esta clase de optimizaciones en algún lenguaje de programación y por lo general es más habitual el verlo dentro de algún software de diseño 3D, por lo que me resulto realmente interesante las condiciones necesarias para poder hacer esta clase de optimizaciones en un lenguaje de programación destinado principalmente en las matemáticas, ayudándonos de igual manera a comprender la importancia de conocer acerca de las optimizaciones topológicas y no cerrarnos de mente y explorar otros softwares en los cuales somos capaces de realizar diversas tareas relacionadas a nuestra carrera.

***Brayan Uriel Grimaldo Salazar:***

Al término de este reporte, se cumplió el objetivo planteado al inicio, el cual era conocer cada una de las secciones que integran el código de optimización topología, por lo que al momento de estar realizando la práctica logramos la comprensión del concepto de optimización topológica y reconocer su aplicación en los diversos campos, logramos crear el archivo correspondiente de MATLAB (m.) y la ejecución del mismo, además de la implementación o desarrollo de la programación en sus diferentes vistas, por lo que gracias a estos se pueden lograr diversas cosas como la optimización topológica y de las diferentes aplicaciones que estas conlleva.

***Karla Gabriela Torres García:***

Realizando la debida investigación para la práctica, pude observar lo que la optimización topológica era, lo que sus beneficios y análisis representa a las estructuras o componentes modernos. En esta práctica se utilizó el lenguaje de programación que Matlab, donde se estuvo trabajando con la optimización de una estructura. Al igual, fue interesante observar las diferentes aplicaciones que el programa tiene para ofrecer, pues anteriormente solo veíamos un área más matemática con un poco de programación, pero para obtener graficas.

***Viviana Nathalie Tienda Tellez:***

En esta primera practica investigamos primeramente un código de optimización topológica en Matlab, el programa consiste en 99 líneas, las primeras 36 líneas son correspondientes al

programa principal que se encarga de mandar a llamar las secciones para el correcto funcionamiento del análisis, las líneas 37-48 corresponden a la optimización, las líneas 49-64 es la sección del filtro de malla independiente y las líneas 65-99 corresponden al código de elemento finito. La optimización topológica es de gran ayuda en la industria y fundamental en el análisis estructural, ya que significa un gran ahorro y como su nombre lo dice optimización para la fabricación de estructuras, piezas, etc. al realizar el análisis, colocar las fuerzas y dependiendo como se carga la pieza, a partir de ahí empezar a revisar en donde no necesitamos material para eliminarlo y así obtener como resultado una estructura más liviana, funcional y con reducción de costos.

### ***Alina Martínez Escobedo***

En nuestra primera práctica del Laboratorio de Biomecánica teníamos como objetivo conocer las distintas secciones que componen a un código de optimización topológica. Para poder lograr esto utilizamos el software llamado Matlab que fue de gran ayuda para poder realizar el código de la estructura que elegimos. Gracias a esta práctica pudimos ver cómo es importante conocer este tipo de códigos ya que nos ayudan a poder analizar una estructura con más rapidez y detectar que es necesario modificar o eliminar.

### ***Maria de los Angeles Puente Peña***

Con esta práctica pudimos adentrarnos un poco más en el concepto de optimización topológica, lo cual se usa dentro de la industria y tiene como objetivo el crear una optimización de diseño, haciendo ciertos cambios para lograr reducir la cantidad de masa, pero sin perder resistencia estructural en el diseño y siendo este el principal objetivo. Además de tener como ventaja el poder reducir costos en el mecanizado y material de la pieza que se busca obtener. Como objetivo de esta práctica se buscaba el poder conocer cada una de las secciones que integran el código de optimización topológica, pero haciendo uso de Matlab. Logrando el objetivo, en este caso se hizo el análisis de un código de una estructura, el cual consta de una barra a la cual se le someten distintas cargas, y aunque al principio fue difícil de entender y un reto ya que este software no lo habíamos usado anteriormente para algo similar, al final se logró de manera exitosa.

## REFERENCIAS

- [1]A. (s. f.). *La optimización estructural y sus aplicaciones*. Instituto Politécnico Nacional. Recuperado 4 de septiembre de 2022, de <https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/916-cyt-numero-82/1889-la-optimizacion-estructural-y-sus-aplicaciones>
- [2]C., L. (2020, 16 diciembre). *La optimización topológica en la impresión 3D*. 3Dnatives. Recuperado 4 de septiembre de 2022, de <https://www.3dnatives.com/es/optimizacion-topologica-10012017/#!>
- [3]*Optimización Topológica / Catec*. (s. f.). CATEC. Recuperado 4 de septiembre de 2022, de <http://www.catec.aero/es/materiales-y-procesos/1%C3%ADnea-de-investigaci%C3%B3n/optimizaci%C3%B3n-topol%C3%B3gica#:~:text=La%20optimizaci%C3%B3n%20topol%C3%B3gica%20es%20una,funcionalidades%20mec%C3%A1nicas%20del%20componente%20objetivo.>
- [4] MATLAB - Archivos M. (2020, December 10). Retrieved September 5, 2022, from Stack website: <https://isolution.pro/es/t/matlab/matlab-m-files/matlab-archivos-m>
- [5] MATLAB: descripción general. (2020, December 10). Retrieved September 5, 2022, from Stack website: <https://isolution.pro/es/t/matlab/matlab-overview/matlab-descripcion-general>