



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**Laboratorio de Biomecánica**

Maestro: Ing. Isaac Estrada

**Practica#4: Refuerza del cable de un teleférico**

Periodo: Agosto – Diciembre 2022

Brigada: 309

Hora Clase: N5

<b>Nombre:</b>	<b>Matrícula</b>	<b>Carrera</b>
Luis Lauro García Hernández	1803392	IMTC
Víctor Cristopher Santiago Martínez	1858524	IMTC
Julio Adrián Torres Cisneros	1903681	IMTC

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L.

## **Objetivo**

Introducir al estudiante al estudio con múltiples cargas y que tome en consideración cuales son las implicaciones que esto conlleva

## **Estado del arte**

El teleférico es un sistema de transporte no tripulado aéreo constituido por cabinas colgadas de una serie de cables que se encargan de hacer avanzar a las unidades a través de las estaciones. Cuando las cabinas van por tierra se denomina funicular.

Las primeras civilizaciones que hicieron uso del transporte por cable fueron las orientales (China, Japón e India) y la antigua civilización inca de Perú.

En Europa no aparece este tipo de transporte hasta la Edad Media, a principios del siglo XVI, empleándose para la construcción de castillos y fortificaciones. En aquella época el cable estaba fabricado por cuerdas de cáñamo y para su funcionamiento se utilizaba la tracción animal o humana.

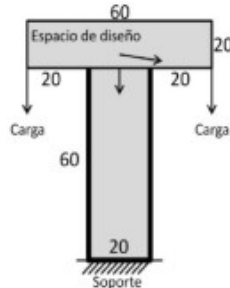
A partir del año 1500 comienza a utilizarse el cable de acero y desde el siglo XVI al XIX se va perfeccionando su trenzado de hilos, contribuyendo al desarrollo del transporte por cable, principalmente para su uso en las minas de carbón.

A partir de los años 30 del siglo XX proliferan los teleféricos con fines turísticos en lugares de montaña, sustituyendo en muchos casos a los funiculares y los trenes cremallera. Sin embargo, es en las décadas de los 60 y los 70 cuando se produce el mayor desarrollo de este tipo de transporte, impulsado principalmente por el auge del esquí y otros deportes de montaña.

Desde entonces hasta ahora los teleféricos han experimentado una gran evolución, construyéndose, hoy en día, instalaciones cada vez más modernas. En su diseño, además de garantizar el buen funcionamiento y la seguridad, se da gran importancia a la innovación, la estética y la comodidad.

## Propuesta de diseño de la geometría, alcances y limitaciones

Se tomarán ciertas consideraciones para la solución de esta práctica: 2 cargas, los apoyos tendrán restricciones en Y" y el espacio de diseño para esta práctica será de:



El resultado de la optimización no tendrá en cuenta cargas como viento. El espacio de diseño es un área y que por tanto nuestro resultado final no nos arrojará información de sus dimensiones en el plano lateral.

## Pasos del desarrollo de programación:

Declaración de vacío de la figura#1.

```
1      %%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
2      function new_pr42_f(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
3      % INITIALIZE
4      x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
5      for ely = 1:nely
6          for elx = 1:nelx
7              if ely>21
8                  if elx<21
9                      passive(ely,elx) = 1;
10                     elseif elx>41
11                         passive(ely,elx)=1;
12                     else passive(ely,elx) = 0;
13                     end
14                 end
15             end
16         end
```

Declaración de fuerzas:

```
100 % DEFINE LOADS AND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM)
101 F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
102 fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
103 alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
104 freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
```

```
%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
```

```
function new_pr42_f(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
```

```
% INITIALIZE
```

```
x(1:nely,1:nelx) = volfrac; for
```

```
ely = 1:nely
```

```
    for elx = 1:nelx if
```

```
        ely>21
```

```
            if elx<21
```

```
                passive(ely,elx) = 1;
```

```
            elseif elx>41
```

```
                passive(ely,elx)=1; else
```

```
                passive(ely,elx) = 0; end
```

```
            end
```

```
        end
```

```
end
```

```
x(find(passive))=0.001;
```

```
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;
```

```
        dc(ely,elx)=0.;
```

```
for i=1:2
```

```
    Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],i);
```

```
    c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
```

```
    dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
```

```
end
```

```
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,passive);
```

```
% 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,passive) 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)))));
    xnew(find(passive))=0.001;
    if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0; l1 =
        lmid;
        else end
        l2 = lmid;

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-round(rmin),1): min(i+round(rmin),nelx)
            for l = max(j-round(rmin),1): min(j+round(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
    end
    dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);

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),2);
U = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2); for
ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        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
end
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
fixeddofs = 2*(nely+1):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;
```

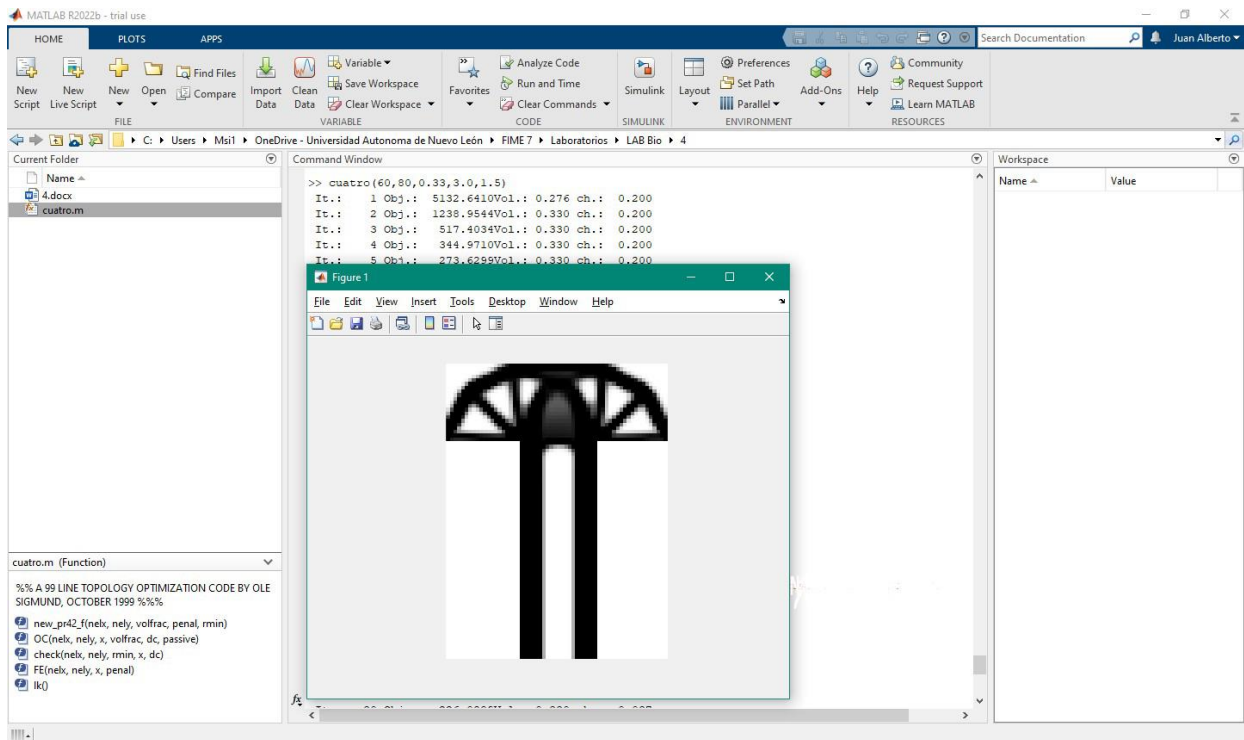
```

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)];

```



## Resultado de la optimización



### Conclusiones:

#### Víctor Cristopher Santiago Martínez 1858524

En conclusión con la práctica anterior, el desarrollo de la optimización topológica de la estructura o soporte de cable para un teleférico muestra como la geometría del mismo cambia respecto a cómo era originalmente. Dando como resultado su optimización, que a diferencia de su forma inicial se interpreta como una estructura mayor desarrollada gracias a su optimización.

#### Luis Lauro Garcia Hernandez 1803392

En este trabajo se buscó más que nada la realización de una estructura de soporte para un cable para un teleférico tomando en cuenta la optimización topológica de la estructura y mediante la codificación de Matlab nos muestra una figura la cual es una mejora, es una mejora en la estructura y esta mejora el diseño para un mejor uso.

#### Julio Adrián Torres Cisneros 1903681

Para este caso de estudio, nos centramos en un diseño ya existente, el cual es un cable de teleférico, con la finalidad de aumentar su resistencia y rigidez. Al realizar esta metodología pudimos comprenderla mejor y descubrimos aspectos sobre esta, los cuales no habíamos observado antes. Esta actividad fue muy interesante y fue una gran forma de aprender acerca de cómo podemos utilizar la tecnología que disponemos para mejorar y evolucionar diseños que ya disponemos, con lo cual mejoramos nuestra vida continuamente y, como es el caso con estos métodos, podemos hacer más económicos y eficientes en el uso de materiales, con lo que también ayudamos al medio ambiente al no desperdiciar.

**Referencias:**

99 Line Topology Optimization Code – O. Sigmund, Department of Solid Mechanics, Building 404, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark.

Nishiwaki, S., Frecker, M. I., Min, S. & Kikuchi, N. (1998). Topology optimization of compliant mechanisms using the homogenization method. Int. J. Numer. Meth. Engng. 42, 535 -559