UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

LABORATORIO DE BIOMECÁNICA

PRÁCTICA 4: Refuerzo del cable de un teleférico.

ING. YADIRA MORENO VERA

ING. ISAAC ESTRADA

Luis Alejandro Salais Meza	José Juan García Martínez	Daniel García Rodarte	Raymundo López Mata	Gerardo Antonio Contreras Sandate
1877483	1911641	1912044	1923217	1860063
IMTC	IMTC	IMTC	IMTC	IMTC

BRIGADA: 509 AGOSTO – DICIEMBRE 2022

SALÓN 12BMC VIERNES N5

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León a 28 de octubre de 2022

PRACTICA #4
Refuerzo del cable de un Teleférico

Objetivo

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

Estado del arte

Ventajas del cable teleférico:

- Alta resistencia de tensión, lo que resulta en el desempeño de cables de rendimiento superior (= alta carga de rotura para el diámetro de cable establecido).
- Excelente ductilidad del alambre, lo cual resulta en propiedades de torsión de la cuerda óptimas a la fatiga.
- Alambre adecuado para usos compactos y no compactos.
- Gran utilidad y confiabilidad de rendimiento.

Aplicaciones:

- Deporte y ocio.
- Alambre para vías de cuerda aérea.
- Alambres para cables para remolques de esquíes (elevadores de persona).
- Alambres para cables para elevadores de sillas y elevadores de góndola.
- Alambre para cables de transporte para funiculares.
- Alambre para teleféricos para transporte de personas.
- Alambre para cable para transporte de material (grúas de cuerda/vías de cuerda para fletes).

Propuesta de la geometría, alcances y limitaciones

El teleférico de la figura 1 necesita un refuerzo en su apoyo. Sugiera un refuerzo según la información dada en la figura 2.

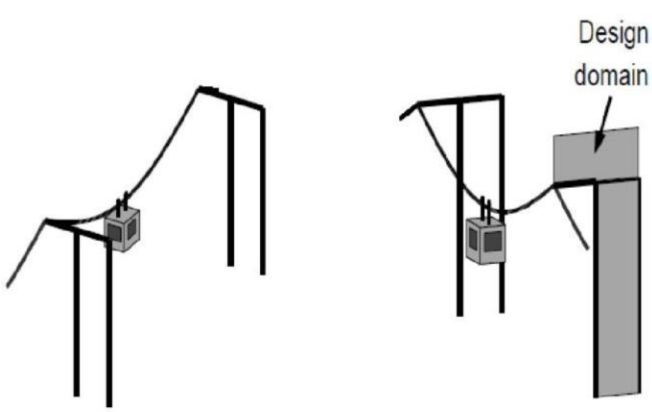


Figura 1: Teleférico

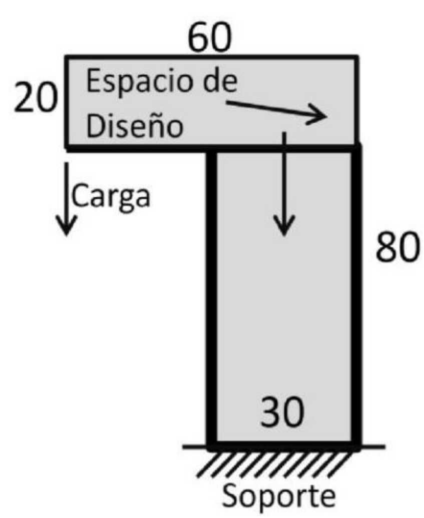


Figura 2: Espacio de diseño

Al cuidador del teleférico también le gustaría que se hicieran mejoras para que la estructura pueda llevar dos teleféricos a la vez, como se ilustra en la figura 3. Este último caso implica considerar múltiples cargas. Por porte de los alcances es diseñar de manera correcta una manera en la cual se modifique el espacio para en lugar de ser un solo cable teleférico con una carga, sea de dos para un mejor rendimiento y limitaciones sería que la estructura no quedaría de la misma manera y tendría un rediseño.

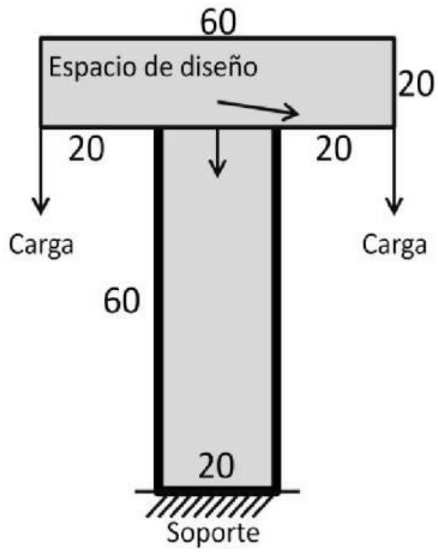


Figura 3: Espacio de diseño para dos cargas.

Pasos del desarrollo de la programación

1. Realizar los ejercicios tanto de una sola carga como el de múltiples cargas.

Refuerzo con una carga.

Modificación en el código:

Declaración del vacío en la figura.

```
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ely>21
            if elx<31
                passive(ely,elx) = 1;
            else
                passive(ely,elx) = 0;
            end
        end
    end
end
```

Declaración de fuerza.

```
F(40,1) = -1;
```

Refuerzo con dos cargas

Modificaciones en el código:

Declaración de vacío de la figura T.

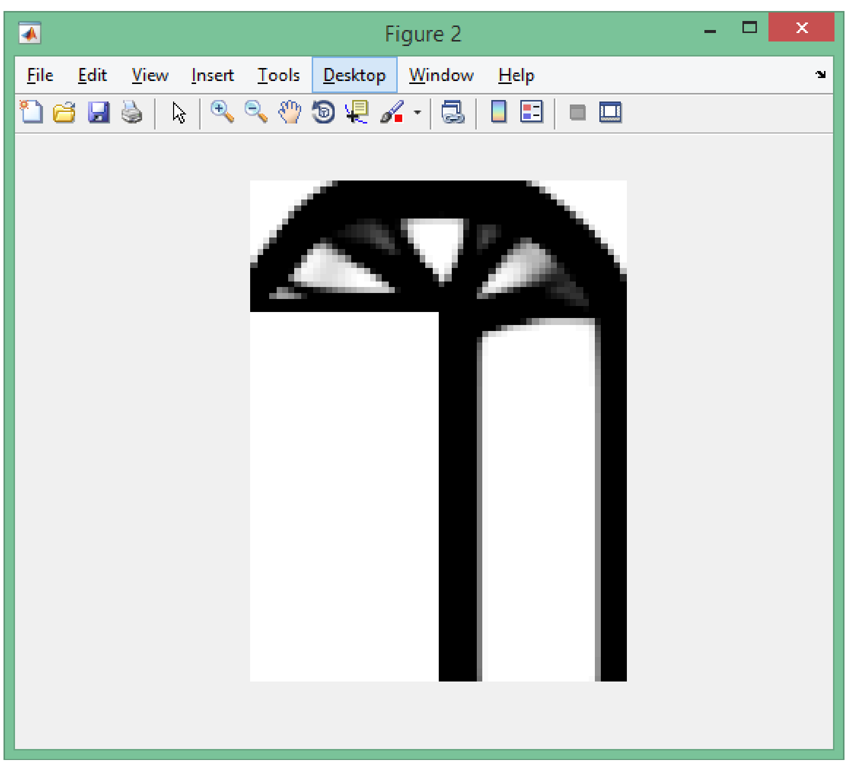
```
for ely = 1:nely
    for elx = 1:nelx
        if ely>21
            if elx<21
                passive(ely,elx) = 1;
            elseif elx>41
                    passive(ely,elx)=1;
            else
                passive(ely,elx) = 0;
            end
        end
    end
end
```

Declaración de fuerzas.

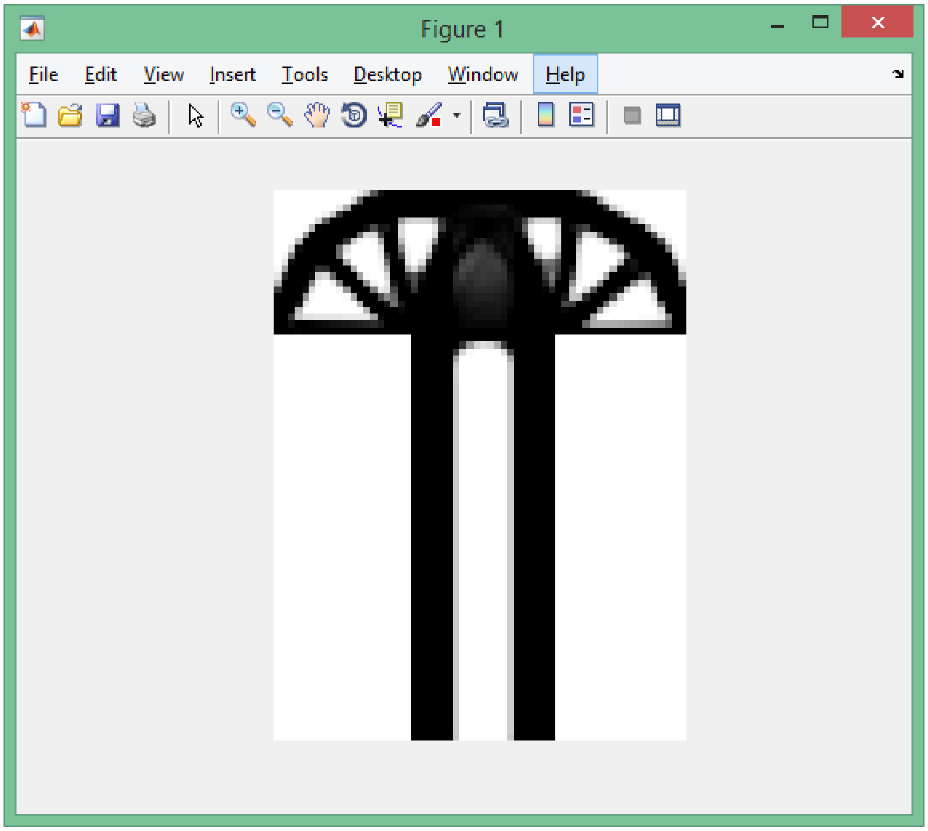
```
F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
```

Resultados de la optimización

Resultado de la optimización del refuerzo con una carga.



Resultado de la optimización del refuerzo con dos cargas.



Códigos

Para el refuerzo con una carga.

```
 %%%% 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<31
                         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
l2 = lmid;
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-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
dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
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),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
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB BEAM)
F(40,1) = -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)]
```

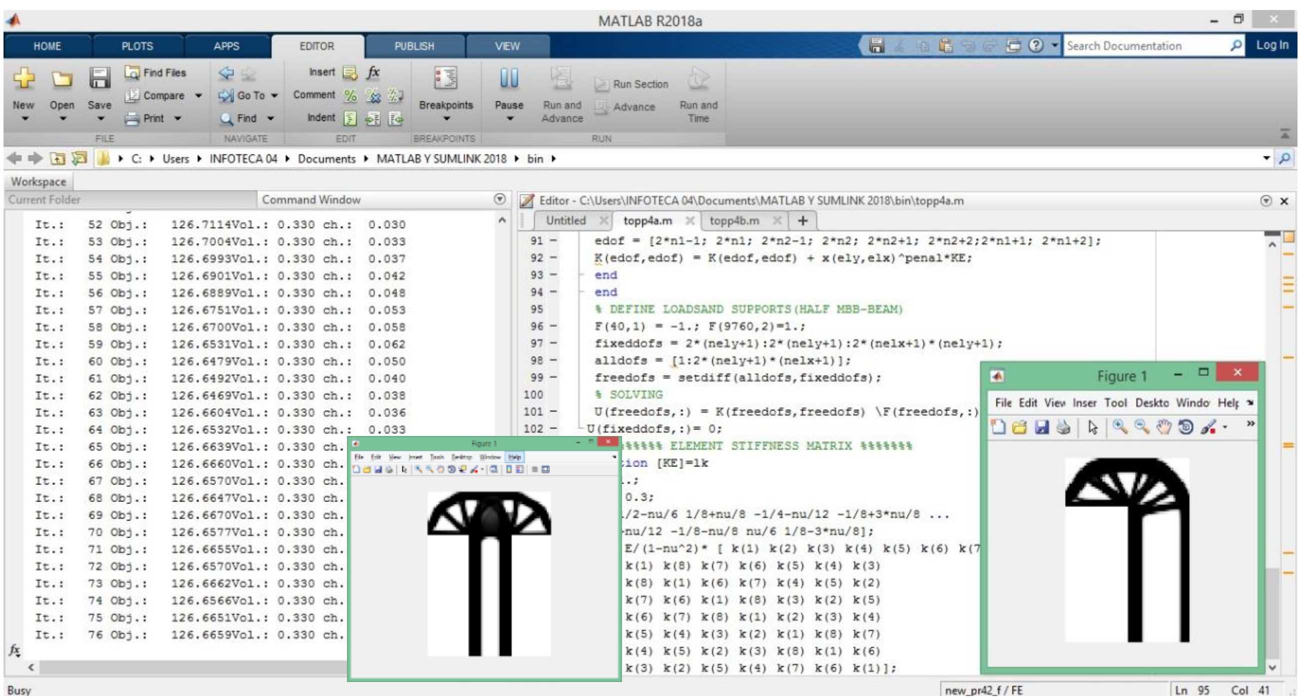
Para el refuerzo con dos cargas.

```
%%%% 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
l2 = lmid;
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-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
dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
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),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
% 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)];
```

Impresión de pantalla



Conclusión:

José Juan García Martínez

En este reporte de laboratorio mostramos lo que se realizó a través de la práctica, esto usando Matlab, observamos que el tiempo para la realización de ésta fue mayor a la anteriores por el proceso que tuvo que llevar el software para optimizar los esfuerzos, además de ver los espacios en blanco que son elementos pasivos que necesitan ser tomados en cuenta para el diagrama. Se puede observar que en los resultados de los casos propuestos se tiene una geométrica muy similar entre ellos. En el caso de dos cargas, este como las fuerzas son aplicadas en opuestos simétricos la forma de pieza es simétrica en el eje Y. Empezando con lo que hicimos podemos concluir que, aunque se crea que algo no se toma en cuenta dentro de un sistema de esfuerzos por ser un espacio en blanco, esto no debe ser así, debemos darle la importancia para el diseño óptimo del diagrama.

Raymundo López Mata

En esta cuarta práctica se realizó una optimización en la parte del refuerzo del cable de un teleférico mediante el código de 99 líneas el cual se realizó en Matlab. Primeramente, se detalló el diseño de los soportes del teleférico para soportar dos cargas o cables. Posteriormente se editó el código de 99 líneas para luego optimizarlo y ver el resultado del diseño del refuerzo con una carga y luego ver el otro con dos cargas. En mi opinión creo que es una mejor opción el segundo diseño con dos cargas ya que mejoraría el rendimiento y se ve seguro.

Gerardo Antonio Contreras Sandate

En la cuarta practica de laboratorio se realizó mediante el software de Matlab, la optimización de los esfuerzos en los 2 casos propuestos para la práctica. Estos 2 diseños de soportes de un teleférico fue de 1 y 2 cargas respectivamente. En cuanto a los diseños, el de 2 cargas es totalmente simétrico en el eje Y, para que los esfuerzos también sean simétricos y no tenga mas carga de un lado que de otro. Comparando ambos diseños y, si se tuviera que elegir uno para realizarlo en físico, seleccionaríamos el de 2 cargas ya que para las personas que se quieran subir a uno de estos teleféricos, se sentirían más seguros con esta elección, aunque ambos diseños puedan con sus respectivas cargas.

Daniel García Rodarte

En conclusión, durante esta práctica se desarrolló el diseño para optimizar el cable de un teleférico con el propósito de que soportara mejor las cargas e incluso pueda soportar dos cargas sin que se llegara a fallar el cable. Primeramente se realizó el diseño del cable del teleférico para después con la ayuda de Matlab y un código de 99 lineas optimizar el diseño para que tenga un mejor desempeño al momento de soportar mejor las cargas.

Luis Alejandro Salais Meza

Con el desarrollo de esta práctica se pudo desarrollar un análisis de un cable de teleférico haciendo un ejercicio similar a las prácticas pasadas, pasando por la exposición de la situación, y la transformación de dicha situación a código interpretable por el software de simulación utilizado (Matlab). Al igual que en otros programas de simulación mecánica, en este caso se parte de la importación de la pieza, implementación de soportes, cargas, etc. Haciendo uso del código de referencia de Sigmund, se logró obtener resultados que muestran el como las cargas generan esfuerzos en el teleférico y permitiendo desarrollar un modelo para su optimización.

Referencias:

- 99 Line Topology Optimization Code – O. Sigmund, Department of Solid Mechanics, Building 404, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark.
- Bakaert. (2018) Cable de alambre para teleféricos (vías de cuerda aérea/cuerdas para montañas/telesquí/vías para materiales). Recuperado de: https://www.bekaert.com/es-MX/productos/productos-de-consumo/deporte-y- ocio/cable-de-alambre-para-telefericos-vias-de-cuerda-aerea-cuerdas-para- montanas-telesqui-vias-para-materiales