



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

LABORATORIO DE BIOMECHANICA

PRÁCTICA 4

Refuerzo del cable de un teleférico

Docente: Dra. Yadira Moreno Vera

Día: Martes

Hora: V2

Brigada: 214

Equipo: 2

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

Fecha de entrega: 01-noviembre-2022

OBJETIVO

El estudiante deberá presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización (descripción funcional) de características de trabajo específicas que presenta las ventajas.

INTRODUCCION

En este trabajo se mostrará la práctica 4 del Laboratorio de Biomecánica que tratará del refuerzo del cable de un teleférico, esta tiene como objetivo presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización de características y sus ventajas.

Para esta práctica se mencionará el nombre y definición de la forma geométrica, el estado del arte, la propuesta de diseño de la geometría sus alcances y limitaciones, los pasos de la programación y nuestras conclusiones individuales. Para la programación se piensa utilizar el programa de 99 líneas que se usó para la práctica 1 ya que dicho programa nos fue de gran ayuda y con él logramos el objetivo, además, utilizaremos el software Matlab para poder demostrar de mejor manera nuestro propósito con dicha práctica.

NOMBRE Y DEFINICIÓN DE LA FORMA GEOMETRICA

Esta práctica consta de realizar el diseño y análisis del cable de un teleférico, considerada como la base de esta, utilizando la programación que Matlab ofrece y la optimización analizada en la práctica anterior.

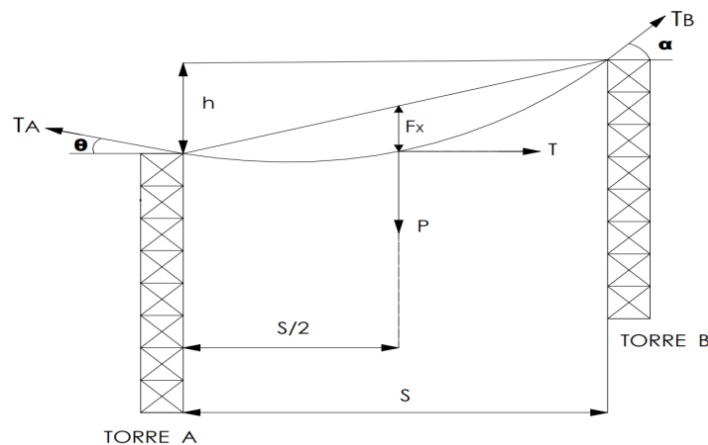


Figura 1. Análisis del cable de un teleférico.

Ningún otro elemento como la morfología del terreno es capaz de influir tan claramente en las características de la línea de un teleférico. En consecuencia, es importante el desarrollo de todos los aspectos de los componentes y su correcto funcionamiento, los cuales ofrecen a

los pasajeros el máximo confort y seguridad. La línea tiene diferentes componentes, como las pilonas, los balancines y el cable.

Por su parte, el cable da nombre a todos los sistemas de transporte por cable, los teleféricos. Los cables de acero están compuestos de hilos de cable que se retuercen alrededor del núcleo del cable. Empresas especializadas fabrican los cables y los montan en el lugar.

Componentes básicos de cable de acero:

- Alma: El alma es el elemento central del cable de acero, que puede ser de fibra o acero, sobre el cual están torcidos helicoidalmente los torones.
- Torón: El torón de un cable se forma por el enrollamiento helicoidal de un número determinado de alambres alrededor de un elemento central.
- Alambre: Es la materia prima en la fabricación del cable de acero. Su flexibilidad y tenacidad dependen del material y del diámetro.

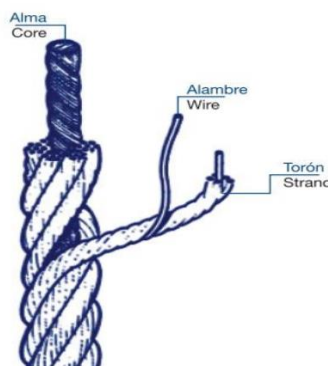


Figura 2. Componentes básicos de cable de acero.

ESTADO DEL ARTE

El teleférico es un ingenio que sirve para el transporte de personas y mercancías en zonas de alta montaña o con pronunciados desniveles. Entre sus características principales, destaca que dicho transporte se efectúa sobre vagonetas o cabinas que viajan suspendidas de un fuerte cable de acero.

Partes de un Teleférico

- El cable
- Las pilonas Balancines y poleas
- Cabinas o sillas
- Pinzas
- Telemando o control
- Motor principal y motor auxiliar
- Frenos de la instalación

Para esta práctica nos centraremos en el cable del teleférico, puesto que es el encargado de soportar y/o transportar los vehículos. El cable está dimensionado para cada tipo de instalación, para que este soporte el peso de las cabinas con carga máxima. El cable está formado por un conjunto de hilos de acero trenzados de tal forma que generan otros cables que a su vez se trenzan alrededor del alma formando el cable del teleférico. El centro del cable se le denomina alma y está formado normalmente por un plástico flexible que se adapta a los hilos del cable.

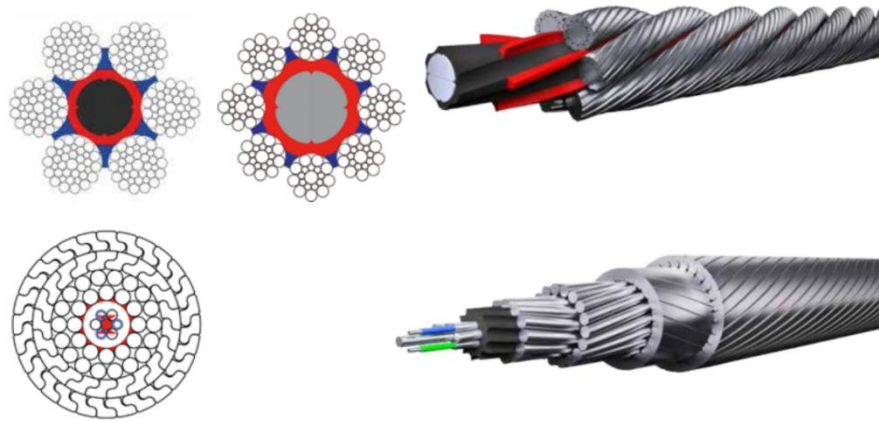


Figura 3. Tipos de cable para los teleféricos.

Los cables tienden a alargarse, sobre todo cuando son nuevos, cada instalación tiene un margen de alargado que al estar próximo o en el límite de estirado del cable se tiene que acortar el cable.

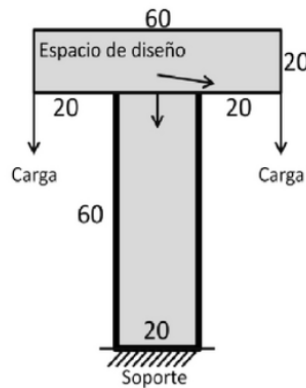
Un teleférico consta de una estación de salida y otra de llegada, entre las que a veces hay otra estación intermedia. De una estación a la otra hay los siguientes cables:

- El cable portante que sostiene el peso de la cabina y que debe ser no sólo potente, sino sin juntas, es decir, de una sola pieza.
- El cable movable que está enganchado a la cabina y la arrastra.
- El cable de freno que aguanta la cabina en caso de que el cable movable se rompa.
- El cable de socorro que, en dicha circunstancia de ruptura, lleva la cabina hasta la estación.

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA GEOMETRIA, ALCANCES Y LIMITACIONES

Los teleféricos son sistemas estructurales en los que sus componentes como lo son los anclajes, apoyos y cables tienen comportamientos diferentes, pero funcionan en conjunto, al ser una estructura poco convencional no cuenta con un código que norme su diseño y construcción, sin embargo, todos los componentes deben de trabajar en conjunto para que

sean seguros y soporten distintas cargas variables al transportar los grupos de personas. Teniendo esto en cuenta se procede a realizar la optimización del refuerzo del cable, cuidando que siga cumpliendo sus funciones y requerimientos.



PASOS DEL DESARROLLO DE PROGRAMACION

Para el desarrollo de la programación de esta práctica se usó el mismo código de optimización topológica de 99 líneas al igual que la práctica 1, por lo que a partir de este código únicamente fue necesario el establecer distintos parámetros para que fuese una estructura distinta al momento de ejecutar el programa, y de igual manera se realizaron ciertas modificaciones al código para que este pueda asemejarse a la geometría propuesta para el diseño del teleférico. Dadas todas las consideraciones en base a el refuerzo del cable de un teleférico, se optó por la siguiente topología:

top4(60,80,0.33,3.0,1.5)

Una vez teniendo los parámetros de nuestra figura geométrica base a la cual se le realizara la optimización, lo que se prosiguió a realizar fue el cambiar ciertas líneas del código para que cumpliera con lo deseado en la práctica:

El código de Matlab se construye como un código de optimización de topología estándar. El programa principal es llamado desde el indicador de Matlab por la línea

```
2 function top4(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 en el propio código de Matlab y se puede editar si es necesario. Para cada iteración en el ciclo de optimización de topología, el código genera una imagen de la distribución de densidad actual.

El programa principal (líneas 1- 50) comienza distribuyendo el uniformemente en el dominio del diseño. Después de algunas otras inicializaciones, el ciclo principal comienza con una

llamada a la subrutina de elementos finitos (línea 25) que devuelve el vector de desplazamiento U.

```
24 % FE-ANALYSIS
25 - [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
```

Dado que la matriz de rigidez del elemento para el material sólido es el mismo para todos los elementos, la subrutina de matriz de rigidez del elemento se llama solo una vez (línea 27).

```
27 - [KE] = 1k;
```

Después de esto, un ciclo sobre todos los elementos determina la función objetivo y las sensibilidades. Las variables n1 y n2 denotan arriba a la izquierda y a la derecha números de nodo de elementos en números de nodo globales y son utilizado para extraer el vector de desplazamiento del elemento Ue de el vector de desplazamiento global U.

El cumplimiento actual, así como otros parámetros se imprimen y se traza la distribución de densidad resultante (línea 49). El bucle principal se termina.

```
48 % PLOT DENSITIES
49 - colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off; pause(1e-6);
50 - end
```

El optimizador (Líneas 51-63) encuentra las variables de diseño actualizadas sabiendo que el volumen material es una función monótonamente decreciente del multiplicador de Lagrange (retraso), el valor del Multiplicador lagrangiano que satisface la restricción de volumen se puede encontrar mediante un algoritmo de bisección. El intervalo que limita el multiplicador lagrangiano se divide repetidamente por la mitad hasta que su tamaño es menos que los criterios de convergencia

```
51 %***** OPTIMALITY CRITERIA UPDATE *****
52 - function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
53 - l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
54 - while (l2-l1 > 1e-4)
55 -     lmid = 0.5*(l2+l1);
56 -     xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid)))));
57 -     xnew(find(passive))=0.001;
58 -     if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
59 -         l1 = lmid;
60 -     else
61 -         l2 = lmid;
62 -     end
63 - end
```

Filtrado de independencia de malla (líneas 64 a 79)

Las líneas 49 a 64 representan la implementación de Matlab para el filtrado de independencia de malla hay que tomar en cuenta que no todos los elementos en el dominio de diseño son buscados para encontrar los elementos que se encuentran dentro el radio rmin pero solo aquellos dentro de un cuadrado con lado longitudes dos veces redondas (rmin) alrededor de la considerada elemento. Seleccionando rmin menos de uno en la llamada del

rutina, las sensibilidades filtradas serán iguales a las sensibilidades originales haciendo que el filtro esté inactivo.

```

64  %%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER %%%%%%%%%
65  function [dcn]=check(nelx,nely,rmin,x,dc)
66  -   dcn=zeros(nely,nelx);
67  -   for i = 1:nelx
68  -   for j = 1:nely
69  -       sum=0.0;
70  -       for k = max(i-round(rmin),1): min(i+round(rmin),nelx)
71  -       for l = max(j-round(rmin),1): min(j+round(rmin), nely)
72  -           fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
73  -           sum = sum+max(0,fac);
74  -           dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
75  -       end
76  -   end
77  -   dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
78  -   end
79  -   end

```

Código de elementos finitos (líneas 80 a 114)

El código de elementos finitos está escrito en las líneas 80 a 114.

La matriz de rigidez global está formada por un bucle sobre todos los elementos, las variables n1 y n2 indican la parte superior izquierda y derecha números de nodo de elementos en números de nodo globales y son se utiliza para insertar la matriz de rigidez del elemento a la derecha lugares en la matriz de rigidez global.

Como se mencionó anteriormente, tanto los nodos como los elementos son columna numerada sabiamente de izquierda a derecha. Cada nodo tiene dos grados de libertad (horizontal y vertical), por lo que el comando F(2,1)=-1 se aplica una fuerza de fuerza unitaria vertical en la esquina superior izquierda.

Los soportes se implementan eliminando los grados de libertad fijos de las ecuaciones lineales. La matriz de rigidez del elemento se calcula en las líneas 101.

```

80  %%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%
81  function [U]=FE(nelx,nely,x,penal)
82  -   [KE] = lk;
83  -   K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
84  -   F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2); U = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
85  -   for ely = 1:nely
86  -   for elx = 1:nelx
87  -       n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
88  -       n2 = (nely+1)* elx +ely;
89  -       edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2;2*n1+1; 2*n1+2];
90  -       K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
91  -   end
92  -   end
93  -   % DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM)
94  -   F(40,1) = -1; F(9760,2)=1.;
95  -   fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
96  -   alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
97  -   freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
98  -   % SOLVING
99  -   U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
100  -   U(fixeddofs,:) = 0;
101  -   %%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%
102  -   function [KE]=lk
103  -       E = 1.;
104  -       nu = 0.3;
105  -       k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
106  -         -1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
107  -       KE = E/(1-nu^2)* [ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
108  -         k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
109  -         k(3) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(2) k(1)

```

```

109      k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
110      k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
111      k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
112      k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
113      k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
114      k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];

```

RESULTADOS DE LA OPTIMIZACION

En base a la explicación del procedimiento realizado para la programación del refuerzo del cable de un teleférico 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, para posteriormente hacer el análisis de los resultados.

```

%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999
%%
function top4(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
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)

```

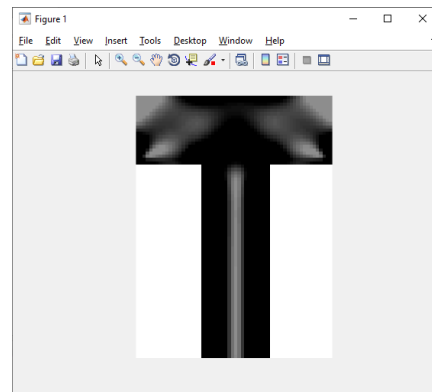
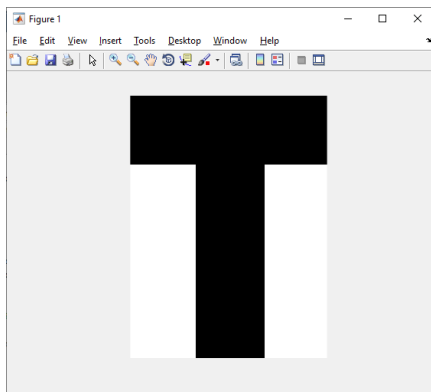
```

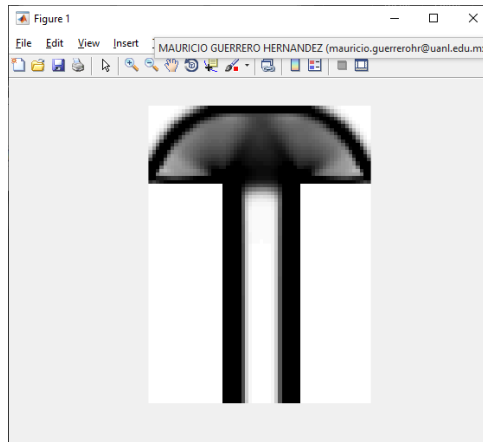
F(40,1) = -1; F(9760,2)=1.;
fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING
U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
U(fixeddofs,:)= 0;
%%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%%
function [KE]=lk
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)];

```

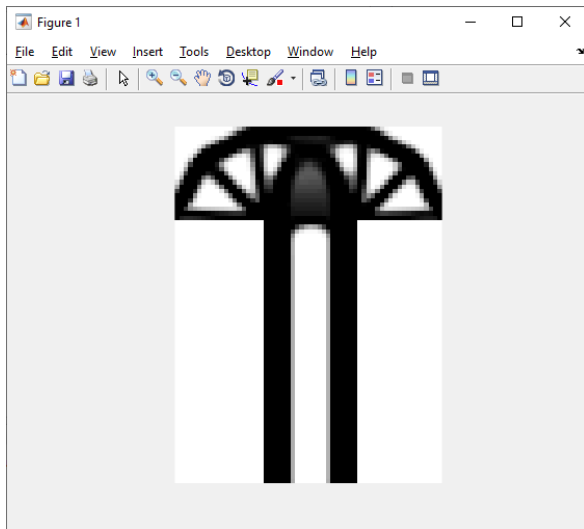
- ***Código para la optimización del refuerzo del cable de un teleférico***

Una vez teniendo el código para la optimización del refuerzo del cable de un teleférico únicamente lo que es necesario realizar es copiar el código en Matlab, guardarlo en alguna carpeta y hacerlo correr con la siguiente topología: top4(60,80,0.33,3.0,1.5). Se obtuvieron los siguientes resultados:





- *Optimización de refuerzo para teleferico*



En base al código propuesto, se puede observar que, con respecto a la figura para el refuerzo del cable de un teleférico, se puede observar se le realizó una optimización y de esta manera lograr reducir la cantidad de material necesario para su elaboración, pero conservando las mismas propiedades. Con ayuda del código propuesto se puede observar que con base a la estructura geométrica base, la figura tiene muchísimo menos material necesario, y esto es de gran ayuda al momento de querer cotizar alguna pieza para algún sistema o mecanismo, logrando conseguir un costo más bajo.

- *Optimización completa*

CONCLUSIONES

María de los Ángeles Puente Peña:

Para la realización de esta práctica #4 volvimos a hacer uso de la optimización topológica, gracias a la cual cumplimos con el objetivo de presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización de características de trabajo específicas de un cable de un teleférico. A la vez con esto podemos observar cómo cada vez el programa se vuelve más complejo debido a que es una estructura cada vez más compleja de analizar y por consecuencia también toma más tiempo. Sin embargo, esto nos sirve de práctica ya que es bastante utilizado en la industria.

Mauricio Guerrero Hernández:

Después de la elaboración de esta cuarta practica del laboratorio de biomecánica en el cual se muestra el refuerzo de una estructura para teleférico a la cual fue sometido a una optimización topológica utilizando programación en Matlab, se pudo observar que el tiempo con base a avanzamos en las practicas, el tiempo de simulación de esta practicas es muchísimo mayor debido a que se obtienen cada vez estructuras más complejas, por lo que al tener muchísimas más cargas, restricciones, el programa tiene que realizar todo este cálculo para el análisis de elemento finito, teniendo de esta manera un proceso mucho mas largo. Mas sin embargo se cumplió con el objetivo de la practica al poder obtener la optimización del teleférico, al tener un diseño muchísimo más fino, del cual es necesario menor cantidad de material para su construcción.

Brayan Uriel Grimaldo Salazar:

En conclusión, a esta práctica, logramos el objetivo planteado al inicio el cual era presentar una propuesta de análisis de forma y la correcta programación para la ejecución de la optimización. En este caso realizamos el análisis de optimización topológica a un refuerzo de un teleférico, el cual logramos apreciar un cambio drástico y la obtención de un diseño más refinado, y es menor la cantidad de material para su construcción.

Concluimos el cómo es muy importante la optimización topológica y su gran impacto que puede llegar a tener, lo hemos estado notando en cada práctica y esto nos ayuda a tener una visión más amplia y como esto puede ayudar a futuros proyectos.

Karla Gabriela Torres García:

Nuevamente, en esta cuarta práctica se hizo uso de la optimización topológica y gracias a su análisis se pudo observar cómo es que debía de realizarse un refuerzo a un teleférico.

Pienso que la realización de estas prácticas nos sirve para apreciar cómo es que se puede reducir la cantidad de material y a pesar de esto poder tener una buena calidad de trabajo y de estructura.

Como nos hemos percatado a lo largo de las practicas cada vez se hicieron un poco más pesadas y la realización de estas implicaban más tiempo y dedicación que las anteriores, puesto que son estructuras más complejas.

Viviana Nathalie Tienda Tellez:

En esta práctica, al igual que en las anteriores realizamos un análisis de optimización topológica, en este caso a un refuerzo de un teleférico. La verdad en este caso creo que si fue una pieza más compleja ya que se pudo notar un cambio más drástico en el que podemos apreciar como elimina el material en exceso y deja solamente el necesario que interactúa con las fuerzas que se le aplican.

Creo es muy importante que trabajemos con la optimización topológica ya que en la industria es esencial pues para significa primeramente un gran ahorro de material solo manufacturando lo necesario y también para nosotros como ingenieros poder apreciar para futuros diseños el comportamiento de las estructuras cuando están soportando distintas cargas.

Alina Martínez Escobedo:

En la práctica número cuatro del Laboratorio de Biomecánica presentamos un refuerzo de un cable teleférico. Esto lo logramos al hacer una optimización topológica en el software de Matlab que es el programa que nos ha permitido lograr el objetivo de cada práctica que hemos hecho. Con el paso de las prácticas, las estructuras que nos piden son más complicadas, pero esto nos ayuda a poder reforzar nuestros conocimientos como ingenieros y ver cómo utilizar nuestros conocimientos día con día.

REFERENCIAS

- Javi M. (2021). Partes De Un Teleférico. Retrieved October 23, 2022, from TPC: Funiculares y teleféricos website: <https://transporteporcable.com/partes-de-un-teleferico/>
- CurioSfera Ciencia. (2022, January 14). Los teleféricos son un medio de transporte utilizado desde hace muchos años. Read more. Retrieved October 23, 2022, from CurioSfera Ciencia website: <https://curiosfera-ciencia.com/que-es-un-teleferico-como-funciona/>
- CABLES PARA TELEFÉRICOS ES. (n.d.). Retrieved from https://www.teufelberger.com/pub/media/contentmanager/content/downloads/16-03-10_Personenseilbahn-Folder_ES_Web.pdf
- *Elementos de teleféricos - LEITNER*. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.leitner.com/es/empresa/informaciones-utiles/elementos-de-telefericos/>