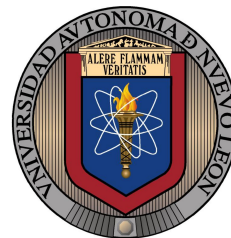




Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

UANL

MECATRÓNICA



Laboratorio de Biomecánica

Grupo:309

Refuerzo del cable de un teleferico Práctica 4

FECHA DE ENTREGA: 16 NOVIEMBRE 2022

Profesor:
Dra. Yadira Moreno Vera

Nombre	Matricula	Carrera
Betsaida Alejandra Ruedas Vázquez	1730437	IMTC
Miguel Rodrigo Aguilar Moreno	1801380	IMTC
Erick Daniel Esquivel Arguelles	1826021	IMTC
Omar Isaí Moreno Cruz	1849630	IMTC
Saul Moises Mendoza Cida	1942534	IMTC

Índice

1. Objetivo:	3
2. Nombre y definición de la gemoetría:	3
3. Estado del arte:	4
4. Marco teórico:	5
5. Desarrollo:	6
6. Conclusiones	12

1. 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 la(s) ventaja(s) (mencionar ventajas).

2. Nombre y definición de la gemoetría:

Teleférico

Sistema de transporte en que los vehículos van suspendidos de un cable de tracción . Se emplea principalmente para salvar grandes diferencias de altitud .

Los elementos más relevantes en el predimensionamiento, y que por tanto suponen el objeto de cálculo del trabajo, son los cables y los pilares del teleférico. De ellos depende que el sistema sea capaz de soportar las cargas, por lo que deben ser escogidos en base a un análisis exhaustivo.

Partes del teleférico

Vehículo. Sirve para transportar a los pasajeros. Las cabinas del teleférico tienen diferentes tamaños y variantes. Dependiendo del sistema del teleférico, pueden transportar desde 6 (telecabina monocable), a 34 (sistema tricable) hasta 230 (teleférico vaivenes) personas. Las cabinas del teleférico están diseñadas específicamente para ofrecer alta accesibilidad para todos.

Cable. Sirve para soportar y mover los vehículos. 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.

Motor. Sirve para mover el cable y, por lo tanto, los vehículos.

Torres. Sirven para soportar el cable. La altura de la torre depende del sistema del teleférico, de la distancia requerida al suelo, del espacio entre las torres, de la topografía y otros factores más

Estaciones. Aquí los pasajeros pueden subir y bajar a/y de las cabinas. La tecnología para

el motor y para desviar los cables se encuentra en las estaciones.

Estaciones intermedias. Pueden ser incorporadas permitiendo cambiar la dirección de la ruta del teleférico.

3. Estado del arte:

El transporte por cable ha sido utilizado por el ser humano desde la antigüedad para el desplazamiento de personas, animales y objetos. A pesar de que su uso no está tan extendido como el de los medios de transporte habituales (terrestres, aéreos y marítimos), se trata en muchas ocasiones de una solución adecuada, incluso la única, para resolver determinadas necesidades de transporte.

Su funcionamiento se basa en el movimiento de una serie de vehículos transportadores por medio de uno o varios cables. Este tipo de configuración permite, en gran medida, salvar las irregularidades del terreno, por lo que su principal ámbito de aplicación es el transporte en pequeñas distancias con desniveles.

Entre los diferentes sistemas de transporte por cable, este trabajo se centra en los teleféricos, que son instalaciones en las que los vehículos van suspendidos de un cable, sostenido por pilares a lo largo de su recorrido. El transporte se hace efectivo gracias al movimiento de los cables.

Uso en minería

Los teleféricos a veces se utilizan en regiones montañosas para transportar mineral desde una mina ubicada en lo alto de la montaña hasta un molino de mineral ubicado más abajo. Los teleféricos de mineral eran comunes a principios del siglo xx en las minas de América del Norte y del Sur.

Se construyeron más de mil teleféricos mineros en todo el mundo: Spitsbergen, Rusia, Alaska, Argentina, Nueva Zelanda y Gabón. Esta experiencia se repitió con el uso de teleféricos en la Primera Guerra Mundial, particularmente en las Batallas del Isonzo de Italia.

Uso en el transporte de personas

A principios del siglo xx, el auge de la clase media y la industria del ocio permitieron invertir en máquinas para hacer turismo. En 1891 se construyó un teleférico que cubría una distancia de 2,3 kilómetros en Hong Kong. En 1916, tras el desmantelamiento del sistema en Monte Ulía, Torres y Quevedo diseñó el que actualmente es el teleférico en funcionamiento más antiguo del mundo: el Spanish Aerocar, en las Cataratas del Niágara.

Uno de los primeros teleféricos estaba en Chamonix, mientras que otros en Suiza y Garmisch le siguieron pronto. El primer teleférico de América del Norte fue en Cannon Mountain en Franconia, New Hampshire en 1938.

Después de la Segunda Guerra Mundial proliferaron las instalaciones en Europa, América, Japón, Canadá y Sudáfrica. Muchos cientos de instalaciones han surgido en áreas montañosas y marinas.

El teleférico vuelve a evolucionar en las últimas décadas: se construyó uno en Costa Rica para trasladar a los turistas por encima de una selva tropical, mientras que uno en Portland, Oregón, se construyó para trasladar a los viajeros. En la actualidad, el papel minero de los teleféricos ha disminuido, aunque algunos todavía funcionan, y el movimiento de personas sigue siendo un papel importante para el dispositivo.

4. Marco teórico:

Sistema motor del teleférico

Un motor eléctrico impulsa al teleférico. Este mismo se encuentra en el centro de la estación y actúa directamente en la polea del cable impulsando así el cable y los vehículos. Los frenos, engranajes y motores no son necesarios en los vehículos individuales, ya que estos únicamente son transportados, acelerados y frenados mediante el cable. Esta tecnología es muy ecológica, económica y eficiente energéticamente. Existen diferentes conceptos de accionamiento, con y sin engranaje. El concepto de accionamiento siempre se adapta a las condiciones generales.

Sistema de transporte por cable

Hay varios sistemas de transporte por cable. Para áreas urbanas se recomiendan los teleféricos monocable (teleféricos desembragables) con cabinas para máx. 10 personas, teleféricos vaivén con cabinas para hasta 230 personas, teleféricos tricables con cabinas para hasta 34 personas, funiculares o el Cable Liner.

Costo de un teleférico

Los costos de implementación de un teleférico son una fracción en comparación con otros medios de transporte: $1/3$ de un tranvía, $1/10$ en comparación con el metro.

Cada teleférico se construye a medida. Por lo tanto, los costos para la construcción de un teleférico dependen de la especificación del proyecto. Estos dependen de varios parámetros como la finalidad de uso, la capacidad del transporte, la diferencia de altura, el número de estaciones, longitud de ruta, ruta, etc

¿Cuántas personas pueden ser transportadas con el teleférico?

La capacidad máxima de transporte de un teleférico es de 6,000 pasajeros por hora y dirección

Ecología en los teleféricos

Los teleféricos son ecológicos. Son operados eléctricamente, sin emisiones ni ruido. Su huella ecológica es pequeña. Únicamente andar en bicicleta o caminar es más ecológico. Ejemplo: 1 km de teleférico requiere nada más 0,1 kW / pasajero. Esto corresponde a un secado de cabello de 5 minutos.

5. Desarrollo:

Desarrollo de código

1) El primer cambio se realiza entre las líneas 5 y 6, Se elimina el ciclo lopp, agregado en la práctica anterior, además se agrega un condicionante apartir de la linea 9, hasta la 12 para modificar la estructura a estudiar.

```

9  if ely<21
10 passive(ely,elx)=1;
11 else if elx>41
12 passive(ely,elx)=1;

1  %%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, JANUARY 2000 %%%
2  %%%% CODE MODIFIED FOR INCREASED SPEED, September 2002, BY OLE SIGMUND %%%
3  function top(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
4  % INITIALIZE
5  x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
6  for ely=1:nely
7      for elx=1:nelx
8          if ely>21
9              if ely<21
10                 passive(ely,elx)=1;
11                 else if elx>41
12                     passive(ely,elx)=1;
13                 else passive(ely,elx)=0;
14             end
15         end
16     end

```

Figura 1: Lineas del código 9-12 modificadas

2) El segundo cambio se realiza en el ciclo for, ya que es necesario reducir el numero de cargas de 5 a 2, este cambio se realiza en la línea numero 35 quedando de la siguiente forma.

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

```

32      n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
33      n2 = (nely+1)* elx   +ely;
34      dc(ely,elx)=0;
35      for i = 1:2
36          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);
37          c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
38          dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
39      end
40  end

```

Figura 2: Línea de código 35 modificada

3) De igual forma, es necesario cambiar el número de cargas aplicadas en la sección de análisis de fuerzas, para esto nos dirigimos a la línea 86 y 87 para reajustar este dato, para esto cambiamos los 5 al final de cada ecuación por un 2, quedando de la siguiente manera.

87 $F = \text{sparse}(2*(nely+1)*(nelx+1),2);$

88 $U = \text{zeros}(2*(nely+1)*(nelx+1),2);$

```

83      %%%%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%%%
84      function [U]=FE(nelx,nely,x,penal)
85          [KE] = lk;
86          K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
87          F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
88          U = zeros(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
89          for elx = 1:nelx
90              for ely = 1:nely

```

Figura 3: Líneas del código 87 y 88 modificadas

4) Finalmente, es necesario redefinir las cargas, para esto nos dirigimos al último apartado del código, donde se definen cargas y soportes, a partir de la línea 96 redefiniremos las funciones que delimitan las cargas, quedando de la siguiente manera.

96 $F(40,1)=-1;$

97 $F(9760,2)=1;$

```

97 % DEFINE LOADS AND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
98 F(40,1)=-1;
99 F(9760,2)=1;
100 fixeddofs =2*(nely+1):2*(nelx+1):2*(nely+1)*(nely+1);
101 alldofs    = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
102 freedofs   = setdiff(alldofs,fixeddofs);
103 % SOLVING
104 U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \ F(freedofs,:);
105 U(fixeddofs,:)= 0;
106 %%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%%

```

Figura 4: Líneas del código 96 y 97 modificadas

Una vez realizados estos cambios podemos obtener la topología del periférico, para esto es necesario correr el código especificando las variables que se muestran a continuación, basta con escribir la línea de código en la ventana de comandos. `top(80,60,0.33,3.0,1.5)`

Después de que el código se haya ejecutado, la topología estará lista, obteniendo la siguiente imagen.

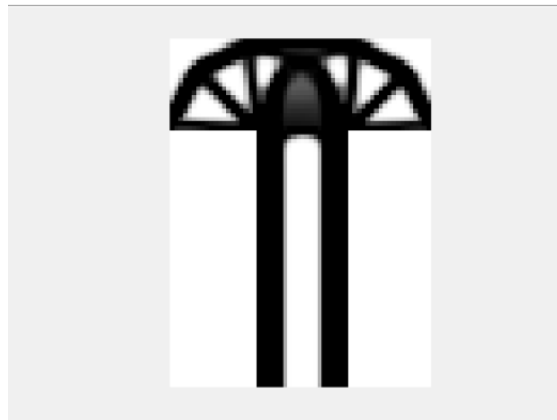


Figura 5: Teleférico optimizado

Código completo

```

%%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, JANUARY 2000 %%%
%%% CODE MODIFIED FOR INCREASED SPEED, September 2002, BY OLE SIGMUND %%%
function top(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
for ely=1:nely

```



```

    for elx=1:nelx
        if ely>21
            if ely<21
                passive(ely,elx)=1;
            else if 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],1);
                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
    change = max(max(abs(x-xold)));
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
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
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
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
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
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
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 = zeros(2*(nely+1)*(nelx+1),2);

```

```

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(40,1)=-1;
F(9760,2)=1;
fixeddofs =2*(nely+1):2*(nelx+1):2*(nely+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)];
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% This Matlab code was written by Ole Sigmund, Department of Solid      %
% Mechanics, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark.  %
% Please sent your comments to the author: sigmund@fam.dtu.dk          %
%                                                                       %
% The code is intended for educational purposes and theoretical details  %
% are discussed in the paper                                           %
% "A 99 line topology optimization code written in Matlab"            %
% by Ole Sigmund (2001), Structural and Multidisciplinary Optimization, %

```

```
% Vol 21, pp. 120--127.
%
% The code as well as a postscript version of the paper can be
% downloaded from the web-site: http://www.topopt.dtu.dk
%
% Disclaimer:
% The author reserves all rights but does not guaranty that the code is
% free from errors. Furthermore, he shall not be liable in any event
% caused by the use of the program.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

6. Conclusiones

Betsaida Alejandra Ruedas Vázquez:

A diferencia de otras prácticas, la optimización de esta actividad fue la de un diseño estructural enfocado a un teleférico. El peso de la aplicación en esta práctica recayó en las cargas que caían sobre los soportes. Gracias a este código, nos fue posible llevar la optimización a un nivel más complejo de análisis a nivel estático y dinámico.

Miguel Rodrigo Aguilar Moreno:

El desarrollo de la práctica fue bastante interesante ya que esta vez tocó la realización de un panorámico. Podemos ver que la optimización juega un rol importante a la hora de elegir un diseño final para su fabricación.

Erick Daniel Esquivel Arguelles:

Fue un poco complicado asimilar como funciona el código del programa, pero a medida que avanzó la práctica entendí que es más fácil analizar el código por partes, y no completo, entendiendo que las optimizaciones en la estructura no se hacen de forma simultánea, sino que existe todo un proceso que se compone de funciones que analizan los parámetros de entrada que resulta en un análisis de la estructura y en una propuesta de optimización de la misma.

Omar Isaí Moreno Cruz:

En esta práctica tuvimos que optimizar la estructura del teleférico, como vimos éste es un sistema de transporte suspendido en el aire por cables. Para entender la optimización se tuvo que analizar el código por partes, desde el análisis de fuerzas definiendo las cargas hasta que se obtuvo la topología del periférico.

Saul Moises Mendoza Cida: Esta práctica nuevamente fue sencilla, ya que tuvimos que modificar el código anteriormente utilizado. Solo que esta vez realizamos cambios que se muestran en el desarrollo de la práctica. En resumen fueron los siguientes: ciclo lopp, ciclo for, cambiar número de cargas y redefinirlas. Así pudimos optimizar la estructura del teleférico.

Referencias

- [1] García, M. (2019). PREDIMENSIONAMIENTO DE UN TELEFÉRICO. Recuperado de: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/36577/TFG%20Amaia%20Mariju%C3%A1n-Requeta%20Garc%C3%ADa.pdf?sequence=1>. Fecha de consulta: 16/11/2022.
- [2] Pérez, J. (2020). ¿Cómo funciona un teleférico? Recuperado de: https://www.doppelmayr.com/files/sites/default/data/_general_content/pdfs/Urban_Ropeways_FAQs_ES.pdf. Fecha de consulta: 16/11/2022.
- [Ramírez] Ramírez, A. Qué es un teleférico. Recuperado de: <https://curiosfera-ciencia.com/que-es-un-teleferico-como-funciona/>, year = "2021", note = Fecha de consulta: 16/11/2022.

Los créditos de las fotografías pertenecen a sus respectivos autores.