Práctica 4

Adrián Meléndez Herrera

Juan José Prado Luna

Ana Karen Mendoza González

Daniel Soto Celis

José Sebastián Gálvez Campos

Adrián Sandoval Toscano

8 de Noviembre de 2022

Resumen

En esta práctica número 4 la cual consiste en realizar un estudio con múltiples cargas y que se tomen en consideración cuales son las implicaciones que esto conlleva. Esto nos lleva a algunas ventajas del cable teleférico entre las que destacan 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.

1. Nombre y definición de la geometría

El teleférico es un medio de transporte que consiste en cabinas con capacidad para llevar un grupo de personas. Estas cabinas viajan suspendidas en el aire transportadas por uno o varios cables. La mayoría de estos medios de transporte son accionados por energía eléctrica. Este transporte se usa en zonas con grandes diferencias de altura, donde el acceso por carretera o Ferrocarril resulta difícil. El sistema de cada teleférico está compuesto por uno o más cables (dependiendo del tipo). El primer cable está fijo y sirve para sostener las cabinas, el segundo está conectado a un motor (ubicado en la estación) y hace mover las cabinas.

Algunos teleféricos usan dos cabinas por tramo (trayecto entre estación y estación a fin de crear un contrapeso. Otros sistemas mas complejos tienen varias cabinas suspendidas simultáneamente en cada dirección. En un principio la razón para diseñar el teleférico fue tener una cabina colgante que sirviera de puente entre un lugar de difícil acceso y el ferrocarril.

2. Estado del arte

El equipo de transporte por cable incluye sistemas de transporte por cable como teleféricos, (telecabinas y telesillas) y telesquíes. Ambos están considerados como equipos de transporte de personas por cable y se utilizan principalmente en instalaciones de turismo de montaña, transporte urbano e instalaciones deportivas [1]. A continuación, se define brevemente cada una de ellas:

1. Funiculares: instalaciones cuyos vehículos son arrastrados por uno o más cables a lo largo de raíles que pueden descansar sobre el suelo o reposar sobre estructuras fijas.
2. Teleférico: instalaciones cuyos vehículos van suspendidos y son propulsados por uno o más cables. Esta categoría incluye las telecabinas y los telesillas.
3. Telesquíes: instalaciones en las que los pasajeros, debidamente equipados, son arrastrados por una pista preparada al efecto.

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, 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.

Los teleféricos actuales se utilizan principalmente con tres fines:

1. Teleféricos destinados a los deportes de montaña, entre los que destacan los deportes de invierno.
2. Teleféricos turísticos en lugares con vistas panorámicas, con el fin de facilitar el disfrute de espacios inaccesibles con otros medios de transporte.
3. Transporte urbano en ciudades con grandes desniveles.

3. Propuesta de diseño de la geometría, alcances y limitaciones

Se sugiere un refuerzo según la información dada en:

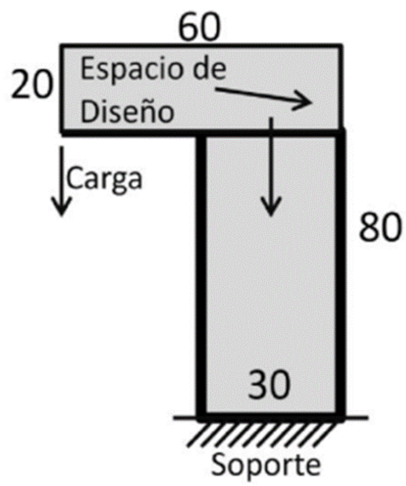

Figura 2: propuesta de diseño

También podrían hacerse mejoras para que la estructura pueda llevar dos teleféricos a la vez, como se ilustra. Este último caso implica considerar múltiples cargas.

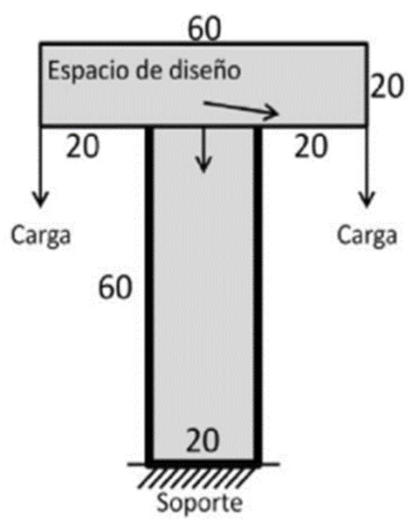

Figura 3: propuesta de diseño 2

4. Pasos del desarrollo de la programación

1. Se realliza primero la modificacion del codgio para la primera figura donde primero modificamos el vacio y despues modificamos la fuerza como se puede ver:

```
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
```

Figura 4: Código modificado para zona pasiva fig 1

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

Figura 5: Código modificado para cargas fig 1

2. Después, se realiza lo mismo pero en este caso para la figura dos donde hay un cambio por la fuerzas multiples:

```
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
```

Figura 6: Código modificado para la zona pasiva fig 2

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

Figura 7: Código modificado para las cargas fig 2

5. Resultados de la optimización

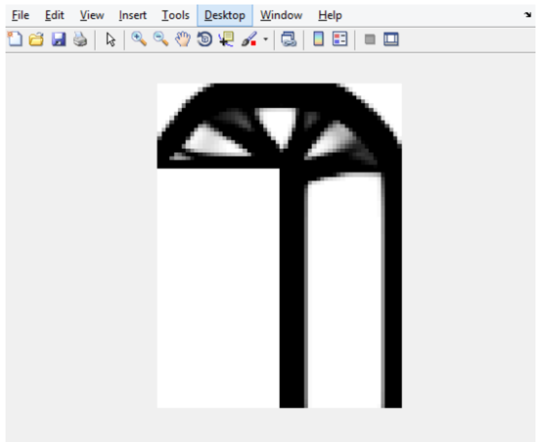

Figura 8: Resultado de geometría final 1

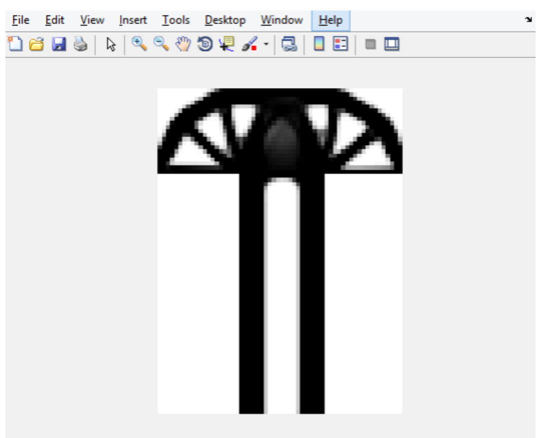

Figura 9: Resultado de geometría final 2

5.1. Código final figura 1

```
%%%% 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)];
```

5.2. Código final figura 2

```
%%%% 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)];
```

6. Conclusiones

En esta práctica se realizó el refuerzo de un teleférico en su apoyo, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en prácticas pasadas como lo son los elementos pasivos. Al igual que la práctica pasada, se puede concluir que aunque se encuentre un espacio en blanco, este se debe de tomar en cuenta para que el diseño sea óptimo.

En esta ocasión se analizó un teleférico, más concretamente un cable de un teleférico; se realizó la modificación del código que se ha utilizado desde un principio y además se consiguió una simulación del cable de un teleférico con cargas incluidas en dicho objeto. Este tipo de elementos son de suma importancia para el transporte ya sea de material o de personas, así que es fundamental conocer el funcionamiento y estructura de estas geométricas para en un futuro tener una ideasobre este tipo de prácticas.

Se puede observar que en los resultados de los casos propuestos se tiene una geometría 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

Referencias

[1] A. Orro Arcay. Transporte por cable. *Universidade da Coruña.*, 2003.