



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



Laboratorio de Biomecánica
Práctica 5: Optimización de una prótesis de pie.

Catedrático: Yadira Moreno Vera

Martes V2

Brigada 214

Integrantes del Equipo #1	Matricula
Susana Rubio Medina	1798151
Melissa Lizeth Galindo Reyes	1856086
Oziel Alberto Torres Villarreal	1900260
Gabriel Eduardo Vázquez Ortega	1903060
José Manuel Reséndiz García	1907334
Miguel Ángel Martínez Villanueva	1934489

Semestre Agosto – Diciembre 2022

San Nicolás de los Garza, N.L.

01 de Noviembre de 2022

Nombre y definición de la forma geométrica

Para la prótesis de un pie, se propone un diseño de pie asimétrico (figura 1 y 2), basado en la semejanza de progresión del centro de presión durante la marcha con pacientes normales y pacientes con prótesis simétrica o asimétrica. Se observa que la trayectoria del centro de presiones en una prótesis de pie asimétrica es más recta y parecida a la de un pie real. La trayectoria de centro de presiones de una prótesis simétrica tiene una curvatura pronunciada, muy diferente a la de un pie real. El diseño se compone de tres partes: Plantilla, Quillas y Pirámide.



Figura 1. Fuerzas de reacción consideradas para el análisis

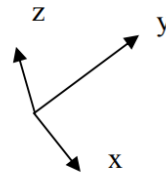


Figura 2. Ejes coordenados y vista isométrica de la prótesis

Estado del arte

A continuación, se da una reseña histórica de la evolución de las prótesis en el mundo, esta información se basa en el artículo “Historia de la ortopedia” de José L. Bado.

La fase moderna de las prótesis comienza en el siglo XVI. No obstante, hay esfuerzos anteriores para resolver este problema de tanto interés. Una pierna de madera encontrada en Capua, en el sur de Italia, y exhibida en la actualidad en el Museo del Royal Collage of Súrgenos, en Londres, data probablemente del año 300 a.C. Una mano de hierro perteneciente a Marcus Silus, un soldado, y un pie artificial hecho por Hegesistratus, pertenecen también al mismo período. Menciones análogas se encuentran en la literatura griega y latina, que se remontan a los siglos II y III a.C., y muestran la preocupación ya existente en esa época de la sustitución por la madera y el hierro de las extremidades perdidas.

- Alta Edad Media (476 a 1000) La mayoría de las prótesis elaboradas en esa época se utilizaba para esconder deformidades o heridas producidas en el campo de batalla. A un caballero se le colocaba una prótesis diseñada solamente para sostener un escudo o para calzar la pata en el estribo, y se prestaba poca atención a la funcionalidad.
- Principios de 1500 En 1508, se elaboró un par de manos de hierro tecnológicamente avanzadas para el mercenario alemán Gotz von Berlichingen después de que perdió su brazo derecho en la batalla de Landshut. Era posible manejar las manos fijándolas con la mano natural y moverlas soltando una serie de mecanismos de liberación y resortes, mientras se suspendían con correas de cuero.
- Mediados y fines de 1500 El barbero y cirujano del Ejército Francés Ambroise Paré es considerado el padre de la cirugía de amputación y del diseño protésico moderno. Introdujo modernos procedimientos de amputación (1529) en la comunidad médica y elaboró prótesis (1536) para amputado extremidades superior e inferior. Además, inventó un dispositivo por encima de la rodilla, que consistía en una pata de palo que podía flexionarse en la rodilla y una prótesis de pie con una posición fija, un arnés ajustable, control de bloqueo de rodilla y otras características de ingeniería que se utilizan en los dispositivos actuales.
- Siglos XVII al XIX En 1696, Pieter Verduyn desarrolló la primera prótesis por debajo de la rodilla sin mecanismo de bloqueo, lo que más tarde sentaría las bases de los actuales dispositivos de articulación y corsé. En 1800, el londinense James Potts diseñó una prótesis elaborada con una pierna de madera con encaje, una articulación de rodilla de acero y un pie articulado controlado por tendones de cuerda de tripa de gato desde la rodilla hasta el tobillo.
En 1843, Sir James Syme descubrió un nuevo método de amputación de tobillo que no implicaba una amputación a la altura del muslo. Esto fue bien recibido dentro de la comunidad de amputados porque representaba una posibilidad de caminar con una prótesis de pie en lugar de con una prótesis de pierna. En 1863, Dubois Parmlee inventó una prótesis avanzada con un encaje de succión, una rodilla policéntrica y un pie multi-articulado. Más tarde, en 1868, Gustav Hermann sugirió el uso aluminio en lugar de acero para que las extremidades artificiales fueran más livianas y

funcionales. Sin embargo, el dispositivo más liviano tendría que esperar hasta 1912, cuando Marcel Desoutter, un famoso aviador inglés, perdió su pierna en un accidente de avión y elaboró la primera prótesis de aluminio con la ayuda de su hermano Charles, que era ingeniero.

Tipos de prótesis modernas

1. Exo-Protésica



2. Flex foot



Flex foot: La prótesis Cheetah es la más empleada por los deportistas. También se caracteriza por su forma en “J” que se comprime en el impacto y se produce una absorción de energía de alto nivel que, de otra manera serían absorbidos por el tobillo, rodilla, cadera y lumbar del corredor. Los estudios han demostrado que el Cheetah Flex-Foot puede devolver el 90% de la energía almacenada, mientras que una normal puede devolver hasta el 49%.

3. Pierna robótica



Piernas Robóticas: Están confeccionadas con silicona, titanio, aluminio y carbono. Funcionan con un motor de propulsión a gas que hace las veces de un tobillo humano. El cerebro del usuario envía impulsos eléctricos a todas las partes de nuestro cuerpo y así logra que nuestros músculos se muevan a voluntad, las piernas robóticas son capaces de recibir estos impulsos y traducirlos igual que lo hacen nuestros músculos.

Propuesta de diseño de geometría, alcances y limitaciones

Alcances

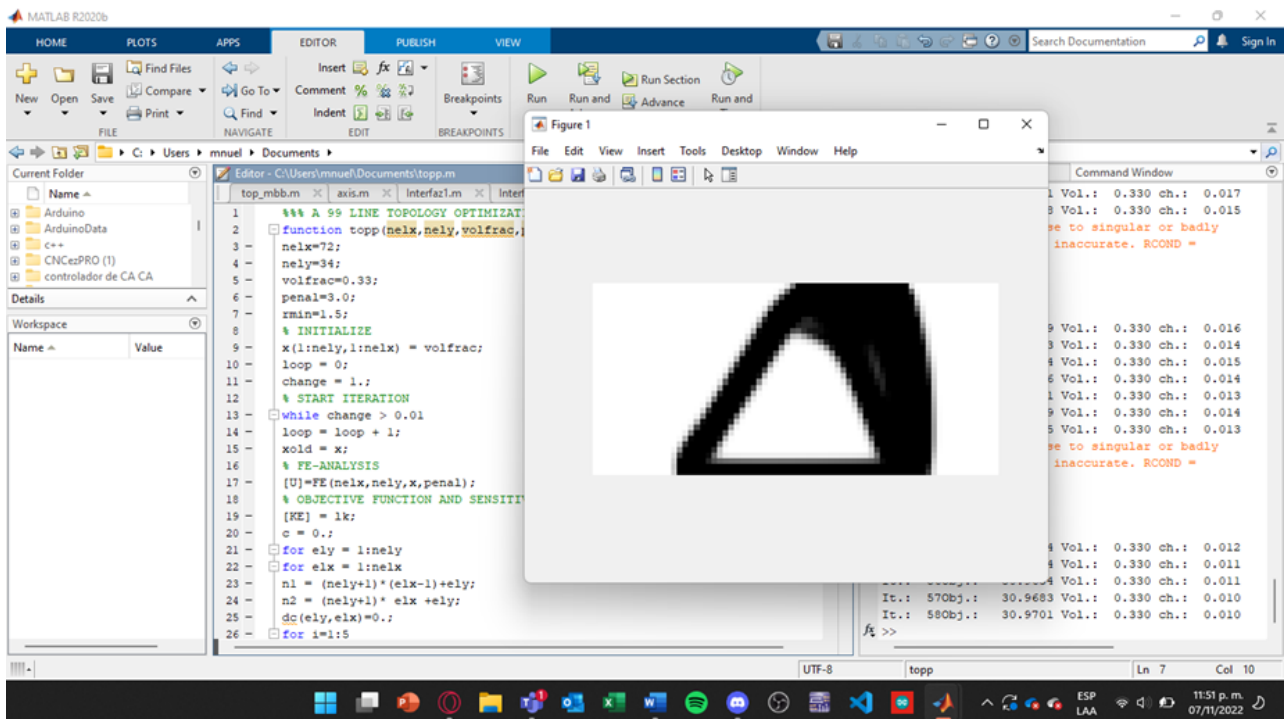
- Diseño, simulación y análisis de la prótesis de pie sin llegar a la construcción de un prototipo físico.

Limitaciones

- Todos los cálculos se realizarán tomando como base la marcha en un plano horizontal.
- Para el análisis, se tendrán en cuenta que la prótesis de pie solo tiene un grado de libertad.

Pasos de desarrollo de la programación

Caso 1



Código figura 1

```
%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLESIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
function topp(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
nelx=72;
nely=34;
volfrac=0.33;
penal=3.0;
rmin=1.5;
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
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=1:5
```

```

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);
% 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)
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)))));
    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),5); U =sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),5);
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];
    end
end

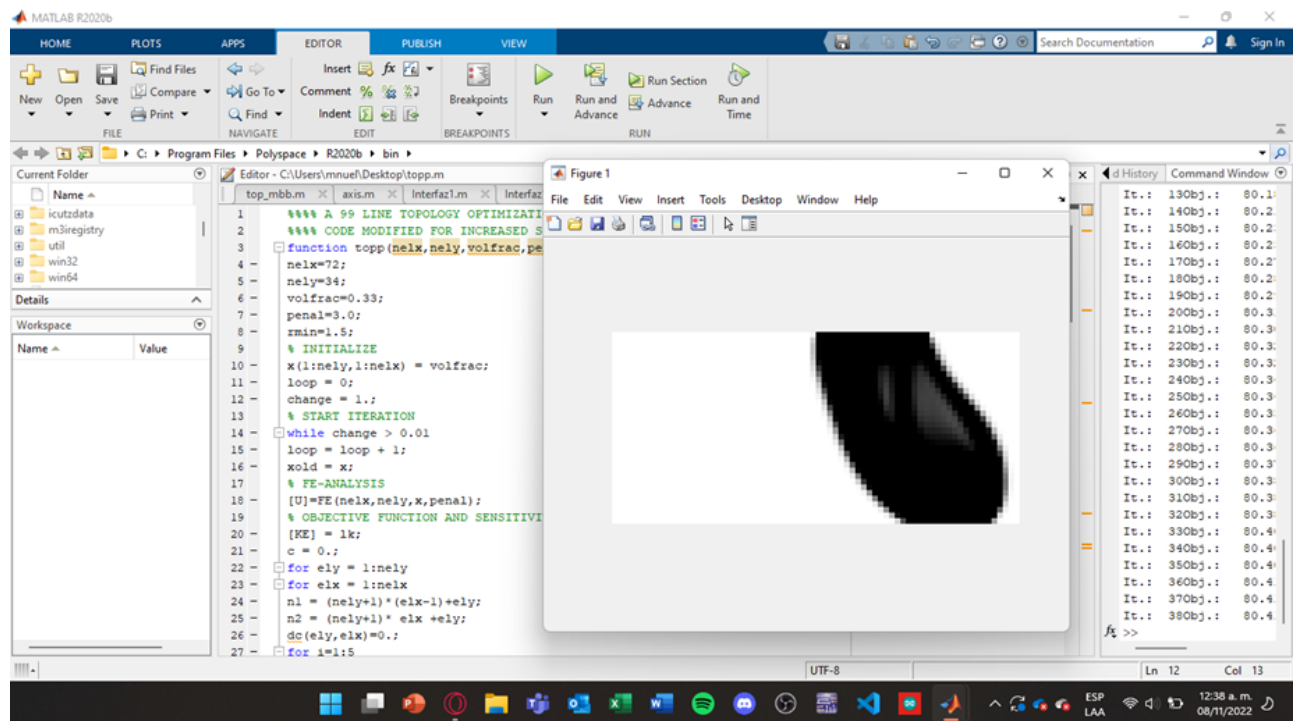
```

```

K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
end
end
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
F(3222,1) = -1;
F(3782,2) = -1;
F(2662,3) = -1;
F(2942,4) = -1;
F(3502,5) = -1;
fixeddofs = union([560:2*(nely+1):1260],[3920:2*(nely+1):4620]);
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING 127
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)];

```


Caso2



Código figura 2

```

%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, JANUARY 2000
%%
%% CODE MODIFIED FOR INCREASED SPEED, September 2002, BY OLE SIGMUND
%%
function topp(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
nelx=72;
nely=34;
volfrac=0.33;
penal=3.0;
rmin=1.5;
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
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=1:5

```

```

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);
% 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)
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))));
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),5); U =sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),5);
for ely = 1:nely
for elx = 1:nelx
n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
n2 = (nely+1)* elx +ely;

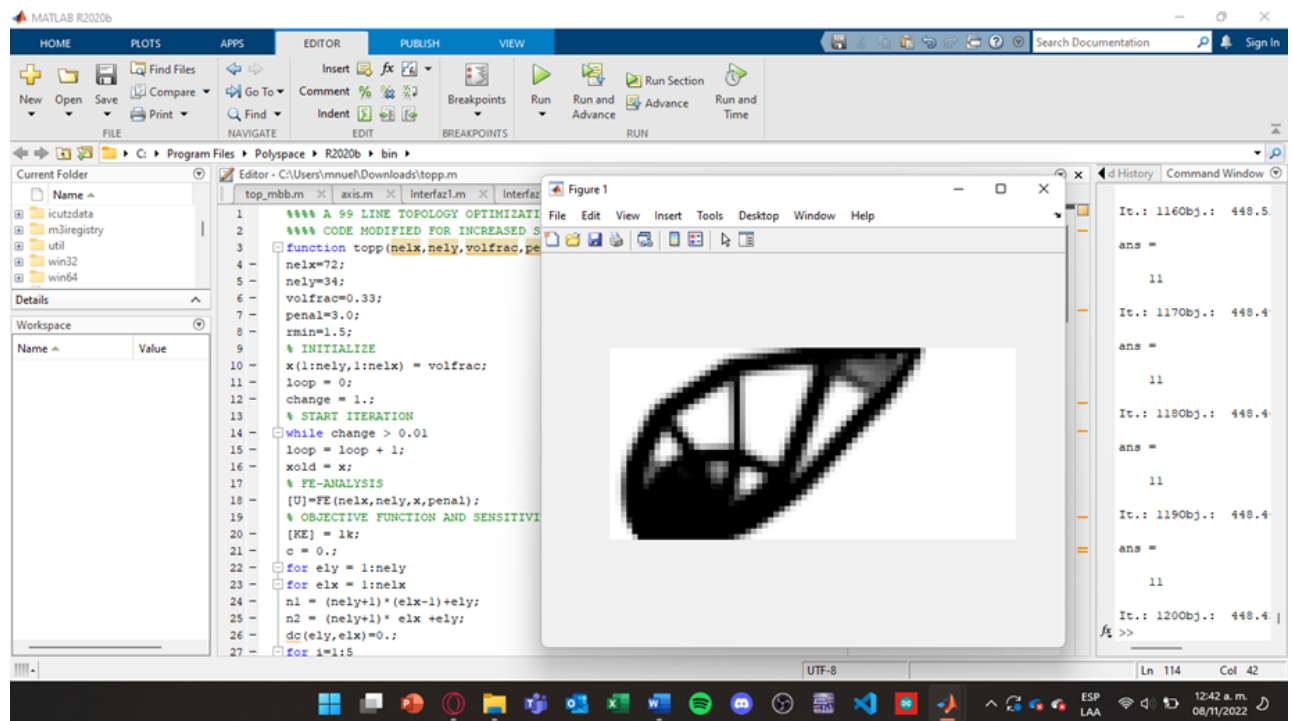
```

```

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(3222,1) = -1;
F(3782,2) = -1;
F(2662,3) = -1;
F(2942,4) = -1;
F(3502,5) = -1;
fixeddofs = [3920:2*(nely+1):4620];
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING 127
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)];

```

Caso3



Código figura 3

```

%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, JANUARY 2000
%%
%% CODE MODIFIED FOR INCREASED SPEED, September 2002, BY OLE SIGMUND
%%
function topp(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
nelx=72;
nely=34;
volfrac=0.33;
penal=3.0;
rmin=1.5;
% INITIALIZE
x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
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.;
        end
    end
end

```

```

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);
% 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)
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))));
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)
l1
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),5); U =sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),5);
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(3222,1) = -1;
F(3782,2) = -1;
F(2662,3) = -1;
F(2942,4) = -1;
F(3502,5) = -1;
fixeddofs = [560:2*(nely+1):1260];
alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
% SOLVING 127
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)];

```

Conclusiones del equipo 1

Susana Rubio Medina 1798151 - El objetivo de la práctica era implementar el diseño generativo en una prótesis de pie, esto con la función de desarrollar la misma prótesis, capaz de aguantar las mismas fuerzas que lo haría una normal, pero con menos cantidad de material gastado. Se pudo obtener el resultado deseado, capaz de aguantar las mismas fuerzas y lo comprobamos con el Matlab. Comprendí un más sobre el tema de la biotecnología y el cómo se podían modificar parámetros para obtener resultados de manera a que no modificase por completo toda una pieza y se pudiese acoplar mucho mejor a su función.

Oziel Alberto Torres Villarreal 1900260 - En el trabajo anterior se puede observar el resultado de la optimización topológica de un pie, y aunque los resultados fueron buenos, aquí se puede ver que el software a pesar de contar con muchas herramientas y ser capaz de realizar cálculos muy pesados, sigue teniendo sus limitaciones, se tuvo que dividir la estructura del pie en 3 partes, representando la parte de los dedos, el cuerpo y el talón, me parece que tanto el talón y los dedos se obtuvo una buena optimización sin embargo en el cuerpo del pie no se observan huecos, en este caso yo propondría un rediseño en la geometría para evitar el uso de tanto material.

Melissa Lizeth Galindo Reyes 1856086 - Con el desarrollo de esta práctica implementamos la optimización para una prótesis de pie, esto con el propósito de mejorar su funcionamiento y que sus alcances sean mayores y disminuir sus limitaciones, para que este trabajo pueda lograr que una prótesis pueda implementarse de forma física y lograr un mejoramiento óptimo para en algún momento pueda utilizarse por alguna persona. Todo esto por medio de la optimización por medio del código de Matlab y nuestra propuesta de diseño.

Gabriel Eduardo Vázquez Ortega 1903060 - En la esta práctica realizada, creamos con la ayuda de la optimización topológica una prótesis de pie, y en base a las necesidades de la persona que la iba a utilizar, cambiaban ciertos aspectos en la programación de está, cabe recalcar que esta herramienta puede llegar a ser de suma importancia ya que permite crear una prótesis que su fin es intentar recrear una parte del cuerpo casi a la perfección, por último el tema sobre la biotecnología es muy extenso y no dudo que en algún futuro existan muchísimas más innovaciones en el aspecto de las prótesis.

Miguel Ángel Martínez Villanueva - Con la práctica finalizada realizamos nuestra primera prótesis con el programa de MATLAB esto nos podrá ser de mucha ayuda en futuros proyectos usando el método de la optimización topológica, usualmente este tipo de programación puede llegar a ser tediosa y de Código muy largo pero los resultados que se obtienen son muy buenos, en este caso se realizó la optimización de una prótesis de pie pero nosotros podríamos realizar cualquier otra prótesis siempre y cuando tengamos claro el tipo que se va a realizar.

José Manuel Reséndiz García - Esta práctica fue interesante al respecto a las prótesis y algo importante para su creación, en la clase de la materia estamos viendo eso y aplicarlo en un proyecto de un dedo, esta optimización nos serviría para que la prótesis para su óptimo diseño en el desempeño que tendrá en su uso, para tener en cuenta sus limitaciones, lo más que se pueda optimizar que en mi caso es una prótesis de dedo.

Referencias

- C. Carrillo, A. G. (s.f.). *Diseño y Fabricacion de una Prótesis de Pie de Respuesta Dinámica en Fibra de Carbono*. Obtenido de Universidad Nacional de Columbia : https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-540-74471-9_286.pdf
- García, W. A. (2017). *Diseño y simulacion de prótesis de pie*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/1044/00004154.pdf?sequence=1&isAllowed=y>