



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Práctica 2

Manuel Exiquio Barrera Suárez 1992101
Ernesto Axel Moreno García 1992038
Juan Ángel Hernández Antonio 1992154
Alberto Alan Ramirez Velazquez 1802607

September 19, 2022

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).

2 Marco Teórico

La optimización de forma consiste en modificar la geometría del dominio preservando su topología, es decir sin crear huecos o cavidades en su interior. Este tipo de análisis es usualmente conocido como análisis de sensibilidad al cambio de forma y sus bases matemáticas se encuentran bien establecidas. El principal inconveniente del análisis de sensibilidad al cambio de forma es que sólo permite cambios en la frontera del dominio, lo que limita su campo de aplicación.

Una manera más general de controlar un dominio es mediante modificaciones de su topología, lo que permite obtener la configuración deseada partiendo de una morfología inicial distante de la óptima. Los métodos de homogeneización son posiblemente los más utilizados para la optimización topológica. Estos consisten en caracterizar la topología a través de su densidad, es decir, los huecos se identifican con regiones de densidad nula. De esta forma la solución del programa resulta en una distribución ficticia de material.

3 Desarrollo

- Nombre y definición de la programación, mencionar un ejemplo de forma de la GEOMETRÍA

El tubo superior es el primer elemento de la geometría de la bicicleta en el que debemos centrar su atención. De hecho, es el que va a determinar la talla de la bicicleta. Pero la longitud del tubo superior no es tan evidente

establecer ! Esto es debido a la generalización de los dichos cuadros «sloping». Tienen un tubo superior inclinado hacia atrás. Esta solución está adoptada por la mayoría de las bicicletas de carretera, ya que proporciona más rigidez. Esta rigidez reduce la pérdida de potencia de pedaleo transmitida a la rueda trasera. En concreto, un cuadro sloping permite un aumento de la nerviosidad.

Anteriormente, los cuadros tenían una geometría «cuadrada», es decir que el tubo de sillín y el tubo superior, perfectamente horizontal, tenían la misma longitud. cette valeur permite determinar la talla de la bicicleta. En el caso de un cuadro sloping, se referirá a la longitud virtual del tubo superior, es decir la longitud (horizontal) entre el eje del tubo de dirección y la proyección del eje del tubo del sillín. Para conservar la precisión de las mediciones, debemos asegurarnos, de que las medidas se hacen eje-eje, exactamente al centro del tubo.[1]

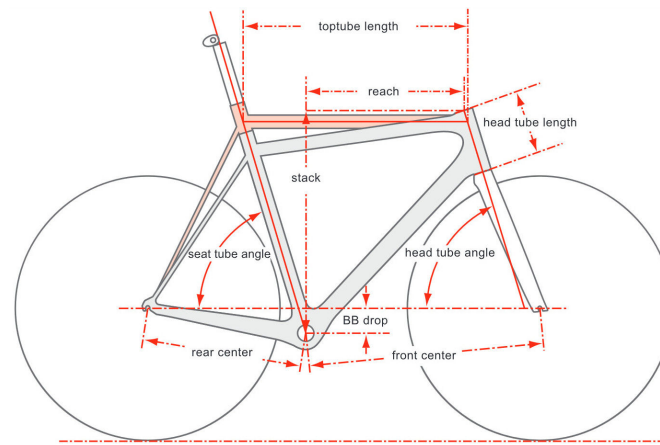


Figure 1: Geometría de una bici

Para el ángulo del tubo de sillín, generalmente se establece alrededor de 73 grados, se calcula de acuerdo con la inclinación con respecto al eje horizontal. Cuanto más el ángulo del tubo de sillín es importante, más la posición del ciclista estará situada adelante. Esto es particularmente visible en una bicicleta de triatlón, cuyo el ángulo del tubo de sillín es superior a 75 grados, el aerodinámico esta optimizado al máximo. Tenga en cuenta que cuanto más la bicicleta es pequeña, más el ángulo del tubo de sillín es importante.

● Estado del Arte

Se conoce como bicicleta al medio de transporte que tiene dos ruedas, con pedales que permiten transmitir el movimiento a la rueda trasera a través de una cadena, un piñón y un plato. Se trata de un vehículo que se desplaza por la propulsión del propio usuario, quien debe pedalear. A nivel general puede decirse que el cuadro (la estructura) de una bicicleta integra dos ruedas, que suelen tener el mismo tamaño y están ubicadas en línea; un asiento o sillín; un manubrio o manillar para guiar la dirección; y un sistema de transmisión con pedales. El ciclista, con sus piernas, debe mover los pedales, que están vinculados a una cadena. Esta cadena logra que el piñón gire y que, de manera simultánea, haga girar la rueda de atrás. A medida que la rueda trasera gira sobre la superficie, el mecanismo lleva a que también gire la rueda delantera y hace que la bicicleta, por lo tanto, se desplace. El origen etimológico del término bicicleta es fruto de la suma de tres componentes: ●El prefijo latino “bi-”, que es equivalente a “dos”. ●La palabra griega “kyklos”, que puede traducirse como “rueda”. ●El diminutivo francés “-ette”. Aunque existen teorías en las que se pueden intuir la existencia de ciertos vehículos que pueden llegar a imitar una bicicleta en la antigua China y Egipto, no está comprobado fehacientemente que estos artilugios sean los precursores de la bicicleta moderna.

La bicicleta surge pues de la invención del prototipo de Karl Drais, inventor alemán que a principios del siglo XIX desarrolló un vehículo de dos ruedas aún sin perfeccionar, ya que no disponía de pedales. No fue hasta mediados del mismo siglo (XIX) cuando se le implantaron los pedales como mecanismo motriz. La idea de esta mejora fue del inventor francés Pierre Michaux, quien destapó el mayor avance añadido al citado vehículo hasta nuestros días. Por otra parte, en lo que respecta a las bicicletas actuales, estas han sufrido apenas cambios estructurales desde finales del siglo XX, siendo los mayores cambios hasta la fecha los relacionados con los materiales de fabricación, optando por que sean más ligeros y resistentes. La paternidad de la bicicleta se le atribuye al barón Karl Drais, un inventor alemán que nació en 1785. Su rudimentario artefacto, llamado “hobby-horse” (caballito de madera), creado

alrededor de 1817, se impulsaba apoyando los pies alternativamente sobre el suelo. Siguieron las innovaciones, un herrero escocés, en 1839, Kirkpatrick Macmillan, construyó la primera bicicleta a pedales. Pero fue Francia quien más impulsó la fabricación de bicicletas, un constructor de carrozas, Pierre Michaux, acopló bielas y pedales a la rueda delantera de un “hobby-horse” y llamó a su máquina, velocípedo, en 1866 presentó un modelo con una rueda delantera de mayor diámetro que la trasera, entre otras innovaciones. En 1869 se produjeron varios inventos cruciales, como el buje de rodamientos, las ruedas con radios metálicos, los neumáticos de goma sólidos, la rueda libre, el guardabarros y un cambio de cuatro marchas. A principios de los años 70 del pasado siglo, el velocípedo se había convertido en un alto biciclo, con una rueda delantera casi tan alta como un hombre, el mayor inconveniente estaba en la falta de estabilidad cuando la rueda tropezaba con un pequeño obstáculo. En 1885, John Kemp Starley crea “la bicicleta de seguridad”, donde la rueda delantera es más pequeña y gracias al uso de los rodamientos, es propulsada por una cadena, se le acopló frenos, para una mayor seguridad.

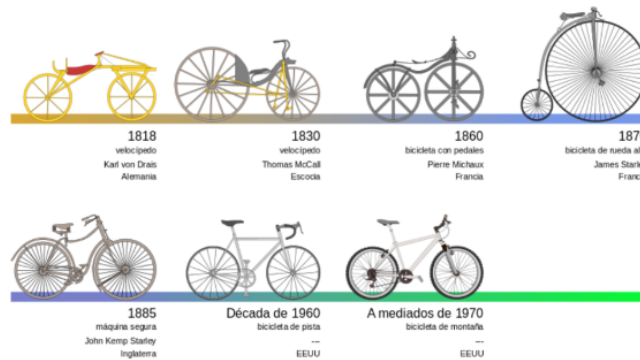


Figure 2: Historia de las bicicletas

Añadiendo poco después, en 1888, los neumáticos desarrollados por John Boyd Dunlop, donde en su tubo interior se rellenan de aire, amortiguando parte del golpeteo contra los caminos. En 1896, una bicicleta podía costar el salario de 3 meses de un trabajador medio, pero ya en 1909 se había reducido a menos de un mes de trabajo. Los avances en la tecnología de los tubos, el desarrollo de las piezas de aleación y el uso de cambio de marchas a base de desviadores, dieron lugar a bicicletas ligeras y de alta calidad. En la bicicleta se hace uso de los músculos de las extremidades inferiores mediante un movimiento (circular) y a una velocidad (60-90 r.p.m.) adecuados a la naturaleza de la persona. Este trabajo muscular es transmitido a una máquina liviana y estructuralmente resistente y de una manera muy eficiente, permitiendo a la persona ahorrar energía.

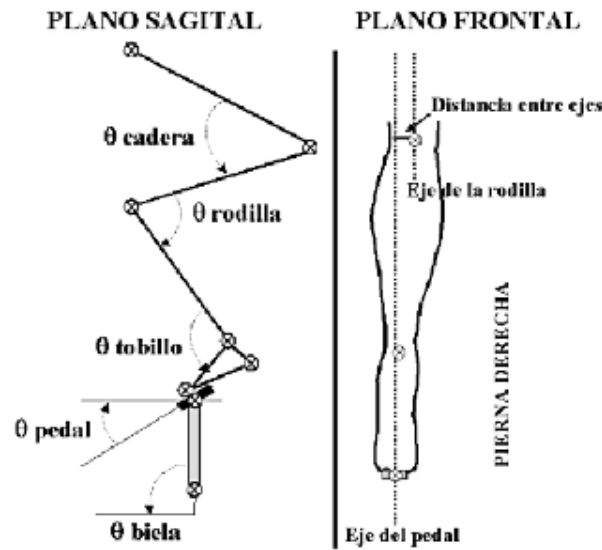


Figure 3: Angulos de la bici

Durante los últimos años se han realizado varios estudios biomecánicos al respecto. Claro que este ahorro en energía no sería efectivo si la máquina no fuera en sí, un mecanismo muy eficiente, casi 200 años de desarrollo de la bicicleta han hecho de este vehículo una máquina casi perfecta, lo que parece una herramienta trivial es en realidad un mecanismo con mucho contenido técnico y científico. Debido a estas resistencias aerodinámicas, las bicicletas de competición (sobre todo las empleadas en contrarreloj) han ido evolucionando para tener formas que reduzcan el coeficiente de rozamiento, y así, las fuerzas opuestas al desplazamiento, para conseguir ir más rápido. A partir del análisis de la secuencia de aplicación de fuerza sobre el pedal se conoce que es la actividad muscular quien acelera las piernas, mientras que la conexión del pie con el pedal hace que el movimiento sea circular alrededor del eje de la biela, por tanto, la fuerza del pedal refleja la actividad muscular y, también, depende de las fuerzas inerciales y de la acción de la gravedad.

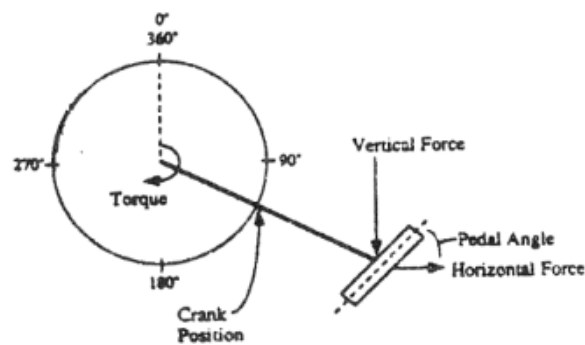


Figure 4: Representación del pedal

• Problema

Primero vamos a considerar solo la carga y el apoyo. Para esto editaremos líneas 80 y 81 del código de matlab:

- 80 $F(2,1)=1;$

- $81 \text{ fixeddofs} = 2 * \text{nelx} * (\text{nely} + 1) + 1:2 * (\text{nelx} + 1) * (\text{nely} + 1);$

Guarde el código en el mismo directorio. Luego ejecute Matlab con:

- `top(20,20,0.33,3.0,1.5)`

El resultado debe ser similar a la figura 2.3. El dominio de diseño se discretiza 20 veces en 20 elementos finitos. Tal vez piense que la magnitud de la fuerza no es realista y que el módulo de Young debe ser corregido en la línea 89. Comúnmente $E=2 * 10^{11} \text{N/m}^2$

También el tamaño de los elementos finitos se define como una vez por 1 unidad. Estos valores se tienen que cambiar para obtener valores correctos de optimización, pero no siempre es necesario cambiarlos ya que son solo correcciones de las escalas. Sin embargo, si se quieren corregir se puede modificar la línea 41 para mantener la precisión mientras se resuelven las ecuaciones:

```
41 while ((l2-l1)/l2 > 1e-4)
```

• Penalización y filtro de radio

La sintaxis de la función es: `top(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)` Donde las variables denotan lo siguiente: `nelx` es el número de elementos finitos en la dirección horizontal. `nely` es el número de elementos finitos en la dirección vertical. `volfrac` es la fracción de volumen en el dominio de diseño. `penal` es la penalización de las densidades intermedias. Una penalización alta hará la solución en blanco y negro, es decir los elementos finitos estarán llenos o vacíos. Una penalización = 1 significa que no hay penalización de las densidades intermedias. `rmin` es un radio de filtro para un filtro que hace que el diseño de malla-independiente.

• Definición regiones vacías

El resultado en la figura 2.3 no deja ninguna zona hueca para la rueda delantera. Vamos a llamar a los elementos finitos en este pasivo vacío, y definir una matriz con ceros en elementos libres y seres en pasiva. Agregue las siguientes líneas al código de MATLAB entre la línea 5 y 6 para hacer esto:

```
for ely = 1:nely
for elx = 1:nelx
if ((elx)^2+(ely-nely)^2) < (0.65*nelx)^2
passive(ely,elx) = 1;
else
passive(ely,elx) = 0;
end
end
end
x(find(passive))=0.001;
```

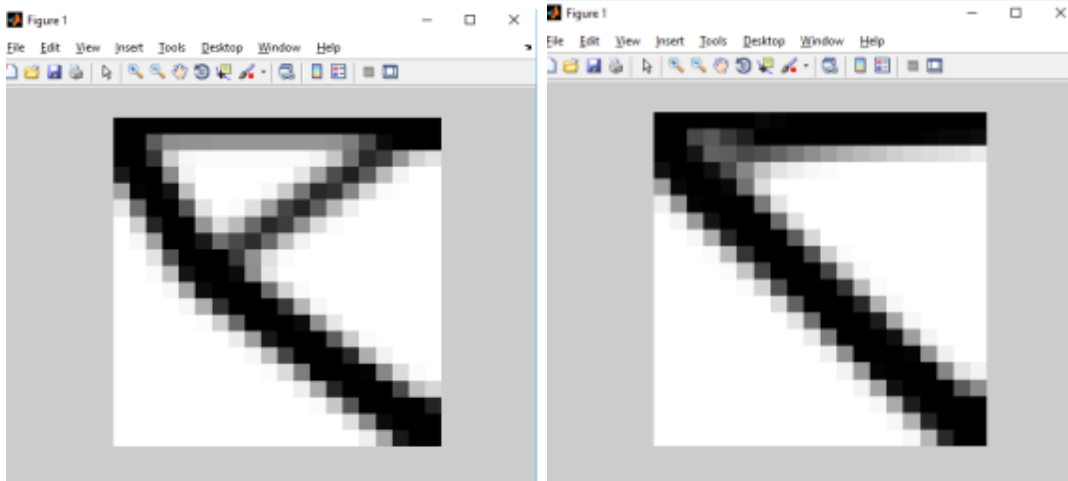
El último comando inicializa todos los elementos de la zona hueca en el bajo valor 0.001. También tenemos que actualizar la línea 29 y 40 e insertar una línea adicional entre 43 y 44:

- 29 `[x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);`
- 40 `function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)`
- 43b `xnew(find(passive)) = 0.001;`

Realiza estos cambios y ejecuta con:

- `top(20,20,0.33,3,1.5)`

Esto va a generar algo más parecido a la bicicleta para un hombre, el marco frontal se muestra en la figura



(a) Resultado Optimización 1

(b) Resultado Optimización 2

4 Resultados

• Código

a) Código de 85 líneas

```
function topp1(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)
x(1:nely,1:nelx) = volfrac; loop = 0;
for ely = 1:nely
for elx = 1:nelx
if ((elx)^2+(ely-nely)^2) < (0.65*nelx)^2 passive(ely,elx) = 1;
else
passive(ely,elx) = 0;
end
end
end
x(find(passive))=0.001;
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] = 1k;
c = 0.;
for ely = 1:nely for elx = 1:nelx
n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
n2 = (nely+1)* elx +ely;
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) = -penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue; 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)/l2 > 1e-4)
lmid = 0.5*(l2+l1);
xnew(find(passive))=0.001
xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid))))); if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely
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)
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),1); U =sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),1);
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)
end
end
% DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM) F(2,1) = 1;
fixeddofs =2*nelx*(nely+1)+1:2*(nelx+1)*(nely + 1); 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)

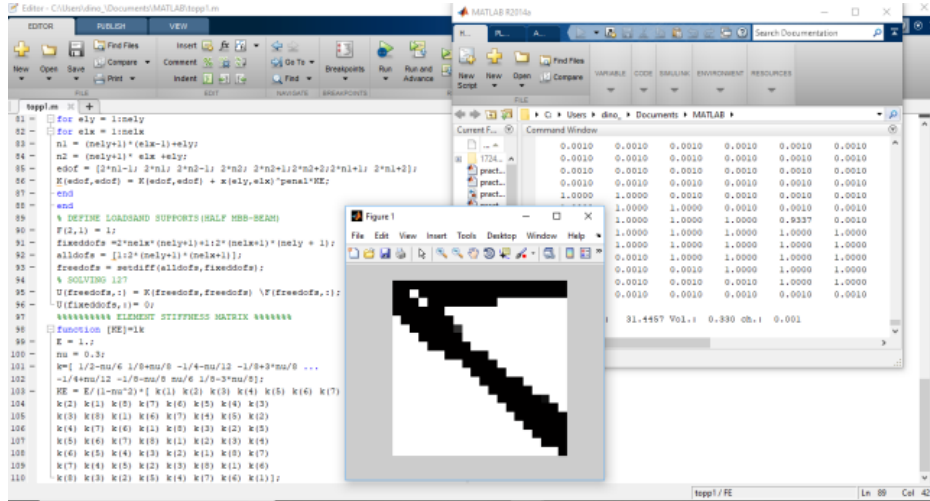


Figure 6: Resultado de la optimización.

5 Conclusiones

• Manuel Exiquio Barrera Suárez

Con esta actividad pusimos una vez más en practica el uso de la optimización topológica en matlab, en este caso para el marco de una bicicleta en la cual apoyados de los datos geométricos hemos logrado identificar como podemos ser capaces de ahorrarnos material, costos y producción. A lo largo de la actividad fuimos capaces de apreciar como cambiaban los resultados de la optimización según los parámetros que usemos..

• Ernesto Axel Moreno García

En conclusión con esta segunda práctica donde pudimos observar la optimización topológica del marco de una bicicleta, en donde notamos que los puntos geométricos del marco influyen en su optimización lo cual nos ayuda a identificar como podemos ahorrar costos en material y producción. Por ultimo a lo largo del código nos fuimos dando cuenta que conforme modificábamos los parámetros se veía como cambiaba el resultado final de la optimización.

• Alberto Alan Ramirez Velazquez

En la práctica vista esta semana se pudo observar la optimización topológica del marco de una bicicleta, se observó los puntos de la geometría del marco influye en su optimización, lo cual nos ayuda a que podamos usar menos material para lograr el mismo objetivo y a su vez es mejor ya que con menos material menos costo de producción y mas ganancia. Este tipo de programas puede ser muy útiles en la ingeniería en el área de diseño..

• Juan Ángel Hernández Antonio

A lo largo de nuestra historia se busca una constante mejora en los procesos y en gastar la menor cantidad de material obteniendo mejores resultados, pues con la topología podemos optimizar la geometría de las cosas que pueden ir desde el cuadro de una bicicleta hasta partes complejas de aeronaves, con su optimización viene acompañada de más cosas como lo son la reducción de costos de producción, la mejora en las propiedades de la pieza y también la sustentabilidad de la misma puesto que, al optimizar geoméricamente uno de los aspectos que puede hacer que decantemos por una o por otra es el impacto de la misma.

References

- [1] Geometría bicicleta : DNA de los cuadros. URL <https://www.materiel-velo.es/infos/geometria-bicicleta-dna-de-los-cuadros#:~:text=Geometr%C3%ADa%20cuadro%20bicicleta%20%3A%20los%20elementos%20que%20definen,tubo%20superior%20no%20es%20tan%20evidente%20establecer%20%21>.