

## Enunciado

En la figura 6.15, se muestra la gráfica de una leva de elevación-detención-retorno. Los perfiles de la leva citados en orden son H-1, velocidad constante, C-2, Detención, C-3 y H-4. Se sabe que  $L_3 = L_5 = L_6 = 2$  in,  $\beta_3 = 120^\circ$  y  $\beta_6 = 60^\circ$ .

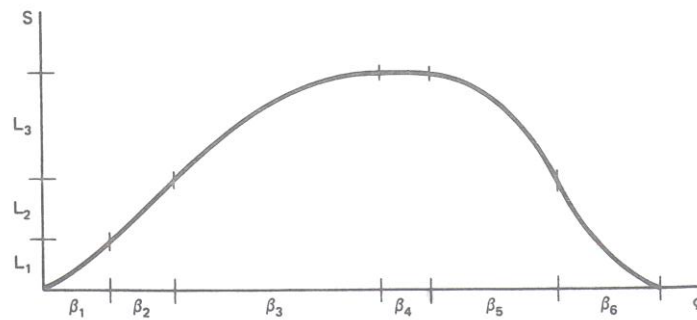


Figura P6.15

- Determine  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_4$ ,  $\beta_5$ ,  $L_1$  y  $L_2$ . Esboce los diagramas S, V y A.
- Realice un diseño de una leva de disco con seguidor de rodillo en translación radial.  $R = 3.5$  in.

## Desarrollo

### 1. Ecuaciones

$$V_{C-2}(\phi = 0) = V_{H-1}(\phi = \beta_1)$$

$$\frac{2L_3}{\beta_3} = \frac{\pi L_1}{2 \beta_1} \quad (1)$$

$$A_{H-4}(\phi = \beta_6) = A_{H-1}(\phi = 0)$$

$$\frac{L_6}{\beta_6^2} = \frac{L_1}{\beta_1^2}$$

$$L_1 = \frac{\beta_1^2 L_6}{\beta_6^2} \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (6)$$

$$\beta_1 = 38,197^\circ$$

Y, por la ecuación (2), tenemos que:

$$L_1 = 0,811 \text{ in}$$

Tenemos que:

$$L_1 + L_2 = L_6 \quad (3)$$

Por tanto,

$$L_2 = 1,189 \text{ in}$$

Calculando la velocidad en la sección constante para  $\beta_2$ :

$$V_1 = \frac{\pi L_1}{2 \beta_1} = 0,0334 \left[ \frac{\text{in}}{\text{deg}} \right]$$

Por definición,

$$V_1 = \frac{L_2}{\beta_2} \quad (4)$$

De la anterior ecuación, obtenemos que:

$$\beta_2 = \frac{L_2}{V_1} = 35,6^\circ$$

$$A_1 = \frac{\pi^2 L_1}{4 \beta_1^2} = 0,001371 \left[ \frac{\text{in}}{\text{deg}^2} \right]$$

Calculando la velocidad entre  $\beta_5$  y  $\beta_6$ , tenemos que:

$$V_2 = -\frac{\pi L_6}{2 \beta_6} = -0,0524 \left[ \frac{\text{in}}{\text{deg}} \right]$$

Con el anterior cálculo, podemos obtener  $\beta_5$ :

$$V_2 = -\frac{\pi L_5}{2 \beta_5} \quad (5)$$

Despejando  $\beta_5$  de la ecuación (5), tenemos que:

$$\beta_5 = 76,34^\circ$$

Por último, como se tienen todos los ángulos, podemos calcular la detención:

$$\text{det} = 360 - (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6)$$

$$\text{det} = 29,86^\circ$$

## 2. Diagramas

Una vez obtenidos los valores de  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_4$ ,  $\beta_5$ ,  $L_1$  y  $L_2$  se procede a realizar los diagramas de posición, velocidad y aceleración. En la siguiente figura se muestra el diagrama de posición de la leva obtenido a través de Matlab, la cual se construyó a partir de las ecuaciones de posición de los perfiles H1, C2, C3, y H4.

El código utilizado para realizar esta gráfica se muestra en la figura (2). Para desarrollarlo en primer lugar se declararon todas las variables halladas previamente, y como se muestra en la figura (2) se declararon los vectores para cada  $\phi$  que para este caso fueron seis, contando el perfil lineal y de detención, los cuales tienen valores desde 0 hasta su  $\beta$  respectivo para delimitar entre que valores en  $x$  se encuentra cada perfil. Posterior a esto se construyó un ciclo para cada perfil del tamaño de cada  $\phi$ , para que  $S$  fuera un vector con todos los valores de posición a lo largo

de la gráfica de cada perfil.

Como último paso se graficó cada vector de posición con respecto a su  $\phi$  correspondiente, para lo cual como se observa en la figura (3) se tuvo que realizar los siguientes ajustes a  $\phi$  y a  $\beta$  para cada perfil, para obtener una gráfica continua:

$$\phi_R = \phi_n + \sum \beta_{ant} \quad (6)$$

Donde  $\phi_R$  será el  $\phi$  que se graficará,  $\phi_R$  es el respectivo para cada perfil, y  $\sum \phi_{ant}$  es la suma de los  $\beta$  de perfiles anteriores

$$S_R = S_n + \sum S_{ant} \quad (7)$$

Donde  $S_R$  será el S que se graficará,  $S_R$  es el respectivo para cada perfil, y  $\sum S_{ant}$  es la suma de los S de perfiles que le darán la altura correcta en el diagrama.

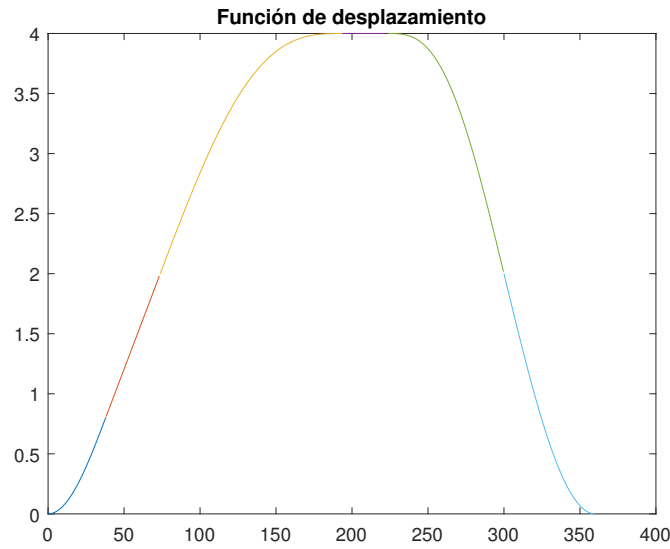


Figura 1: Diagrama de posición de la leva

```

phi1 = 0:B1;
phi2 = 0:B2;
phi3 = 0:B3;
phi4 = 0:B4;
phi5 = 0:B5;
phi6 = 0:B6;

%Perfil H-1
for i=1:length(phi1)
    S1(i) = L1*(1-cos((pi/2)*(phi1(i)/B1)));
    V1(i) = ((pi/2)*(L1/B1))*sin((pi/2)*(phi1(i)/B1));
    A1(i) = ((pi^2/4)*(L1/B1^2))*cos((pi/2)*(phi1(i)/B1));
end

%Perfil Lineal
for i=1:length(phi2)
    S2(i) = (L2/B2)*phi2(i);
    V2(i) = V1(length(V1));
    A2(i) = 0;
end

%Perfil C-2
for i=1:length(phi3)
    S3(i) = L3*((phi3(i)/B3)+(1/pi)*sin(pi*(phi3(i)/B3)));
    V3(i) = (L3/B3)*(1 + cos(pi*(phi3(i)/B3)));
    A3(i) = -((pi*L3/B3^2)*(sin(pi*(phi3(i)/B3)));
end

%Detencion
for i=1:length(phi4)
    S4(i) = S3(length(S3));
    V4(i) = 0;
    A4(i) = 0;
end

%Perfil C-3
for i=1:length(phi5)
    S5(i) = L5*(1-(phi5(i)/B5)+(1/pi)*sin(pi*(phi5(i)/B5)));
    V5(i) = -(L5/B5)*(1-cos(pi*(phi5(i)/B5)));
    A5(i) = -((pi*L5/B5^2)*(sin(pi*(phi5(i)/B5)));
end

%Perfil H-4
for i=1:length(phi6)
    S6(i) = L6*(1-sin((pi/2)*(phi6(i)/B6)));
    V6(i) = -((pi/2)*(L6/B6))*cos((pi/2)*(phi6(i)/B6));
    A6(i) = ((pi^2*L6)/(4*B6^2))*sin((pi/2)*(phi6(i)/B6));
end

```

Figura 2: Código para la construcción de diagramas

```

%Grafica posicion
figure, plot(phi1,S1)
hold on
plot(phi2+B1,S2+L1)
hold on
plot(phi3+B2+B1,S3+L2+L1)
hold on
plot(phi4+B3+B2+B1,S4+L2+L1)
hold on
plot(phi5+B4+B3+B2+B1,S5+L2+L1)
hold on
plot(phi6+B5+B4+B3+B2+B1,S6), title('Función de desplazamiento')

```

Figura 3: Código para graficar el diagrama de posición

Para realizar este diagrama como se puede observar en la figura (4) se hicieron los mismos pasos que con la gráfica de posición, solo que tomando en cuenta dentro del ciclo la respectiva ecuación de velocidad para cada perfil. Para graficar el diagrama de velocidad se realizó con el respectivo vector de velocidad para cada perfil con respecto a el  $\phi$  correspondiente, realizando la misma operación de la ecuación (6), como se muestra en la figura (4).

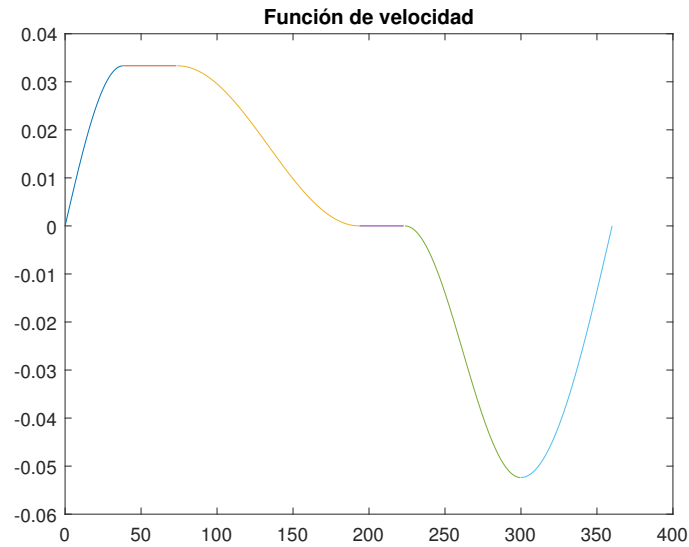


Figura 4: Diagrama de Velocidad

```

%Grafica de velocidad
figure, plot(phi1,V1)
hold on
plot(phi2+B1,V2)
hold on
plot(phi3+B2+B1,V3)
hold on
plot(phi4+B3+B2+B1,V4)
hold on
plot(phi5+B4+B3+B2+B1,V5)
hold on
plot(phi6+B5+B4+B3+B2+B1,V6), title('Función de velocidad')

```

Figura 5: Código para graficar el diagrama de Velocidad

Para el diagrama de aceleración mostrado en la figura (6) se realiza el mismo procedimiento anterior tomando en cuenta solo la ecuación de aceleración respectiva para cada perfil como se observa en la figura (7):

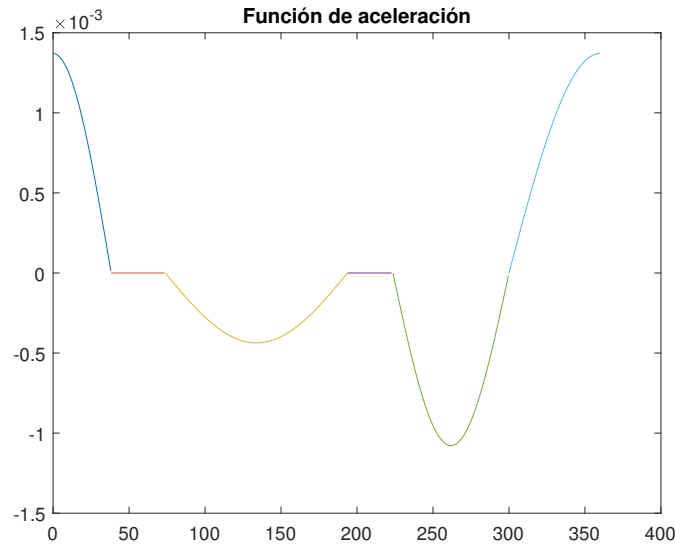


Figura 6: Diagrama de aceleración

```
%Grafica de aceleracion
figure, plot(phi1,A1)
hold on
plot(phi2+B1,A2)
hold on
plot(phi3+B2+B1,A3)
hold on
plot(phi4+B3+B2+B1,A4)
hold on
plot(phi5+B4+B3+B2+B1,A5)
hold on
plot(phi6+B5+B4+B3+B2+B1,A6), title('Función de aceleración')
```

Figura 7: Código para graficar el diagrama de aceleración

### 3. Perfil de la Leva

Para graficar el perfil de la leva en Matlab se realizó el código mostrado en la figura (8). Donde se declara un vector  $\phi$  que tendrá valores de 0 a 360 con un conteo de 5, que representa el  $\phi$  de toda la gráfica que es la sumatoria de los  $\phi$  de cada perfil que siempre debe ser igual a 360, por tanto para hallar el de cada perfil se realiza lo siguiente:

$$\phi_n = \phi - \sum \beta_a n t$$

Donde  $\phi_n$  es el respectivo a cada perfil,  $\phi$  el total y  $\sum \beta_a n t$  la sumatoria de los  $\beta$  anteriores a cada perfil.

Posterior a esto se escriben las ecuaciones de posición de cada uno de los perfiles de la leva, en los cuales se escogen los valores de  $\phi$  correspondiente para cada perfil, con base a los intervalos

que son previamente descritos y se observan en la figura (8). Por último se calcula el radio de la leva que es igual a:

$$R = r + S(\phi)$$

Donde  $r=3.5$  in como se indica en el inciso b. Para graficar el perfil de la leva se utiliza la función de Matlab polarplots que permite graficar en coordenadas polares.

```
phi = 0:5:360;
phi1 = phi;
phi2 = phi-B1;
phi3 = phi-B1-B2;
phi4 = phi-B1-B2-B3;
phi5 = phi-B1-B2-B3-B4;
phi6 = phi-B1-B2-B3-B4-B5;

S1 = L1*(1-cos((pi/2)*(phi1/B1)));
S2 = L1+(phi2*(1/30));
S3 = L1+L2+(L3*((phi3/B3)+(1/pi)*sin(pi*(phi3/B3))));
S4 = ((L1+L2+L3)+phi*0);
S5 = L1+L2+(L5*(1-(phi5/B5)+(1/pi)*sin(pi*(phi5/B5))));
S6 = L6*(1-sin((pi/2)*(phi6/B6)));

S1 = S1(phi<=B1);
S2 = S2(phi>B1 & phi<=B1+B2);
S3 = S3(phi>B1+B2 & phi<=B1+B2+B3);
S4 = S4(phi>B1+B2+B3 & phi<=B1+B2+B3+B4);
S5 = S5(phi>B1+B2+B3+B4 & phi<=B1+B2+B3+B4+B5);
S6 = S6(phi>B1+B2+B3+B4+B5 & phi<=B1+B2+B3+B4+B5+B6);
S = [S1 S2 S3 S4 S5 S6];

figure, plot(phi,S)
R = 3.5 + S;
figure, polarplot(pi*phi/180,R), title('Perfil de la leva')
```

Figura 8: Código para graficar el perfil de la leva

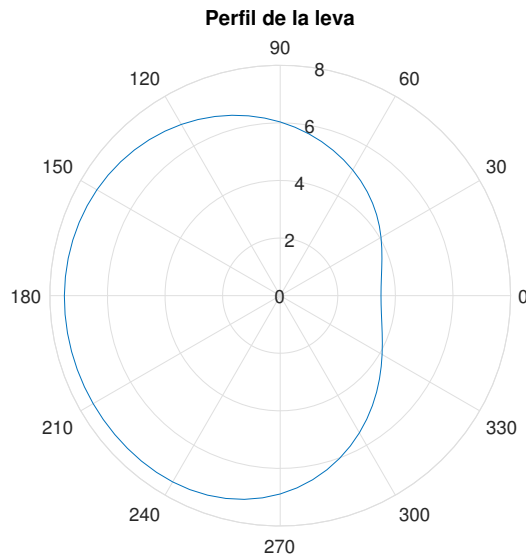


Figura 9: Perfil de la leva

#### 4. Diseño en NX

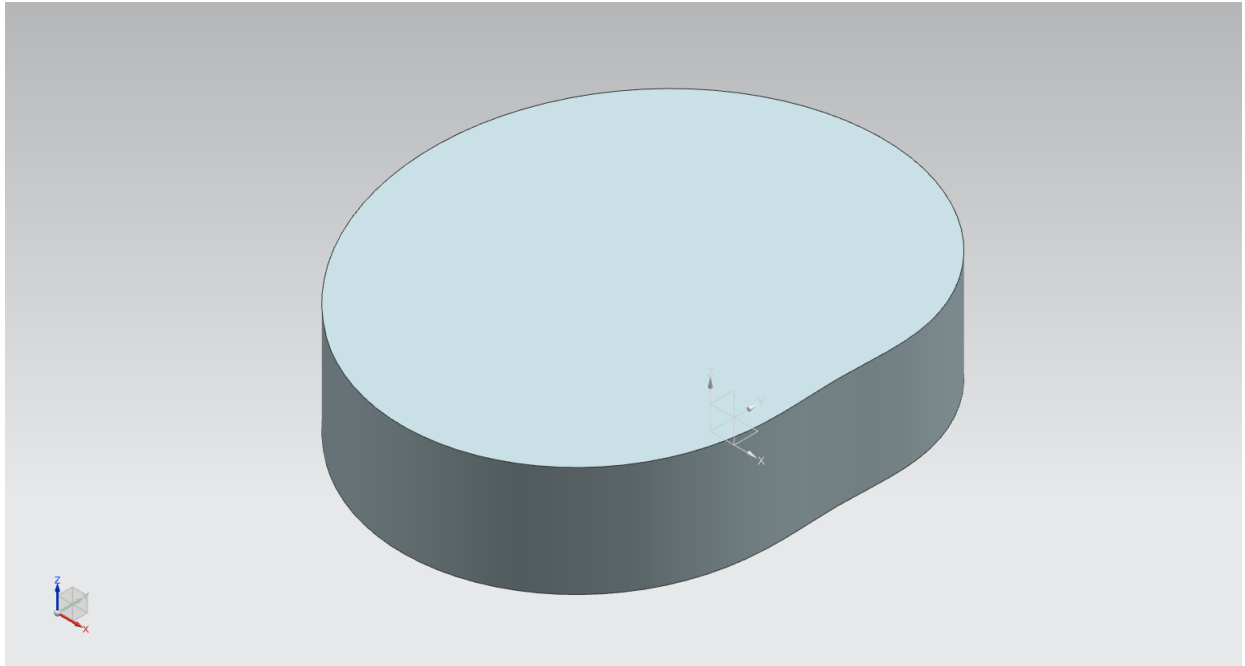


Figura 10: Diseño de la leva en NX

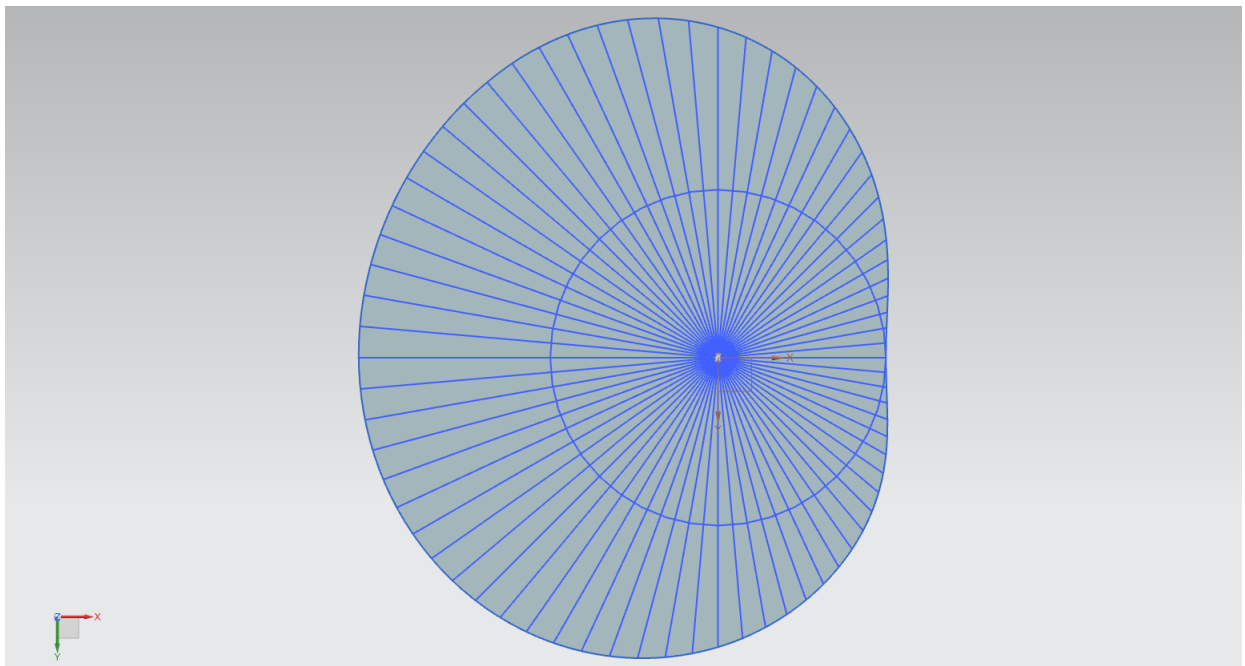


Figura 11: Croquis