

6 APLICACIONES A TRES PROBLEMAS REALES:

Nota: para ejecutar las aplicaciones ver carpeta 'APLICACIONES', del CD-ROOM.

CASO1. LEVA TIPO 6:

En este modelo, el movimiento final no es el de una válvula sino que se corresponde con el de una varilla de un sistema de inyección por lo que el movimiento no es simétrico.

Los datos de partida son los siguientes:

L	40,3 mm
E	32,0 mm
DB	32,0 mm
RINT_ROD	5,0 mm
RINT_L	15,0 mm
DV	20 mm
OMEGA_B	125°
OMEGA_L	7,12°
RG4	0,0 mm
OMEGA_G4	0°
M5	0,1 kg
IN01	0,0001 kg m ²
M4	0,3 kg
K	200 kN/m
FM0	150 N

Otros datos que también necesita el programa se han tomado:

RROD	0.9 mm		
MU	0		
RINT_B	15 mm		
MROD	0.07 kg		
INROD	0		
MASA_P_U_AREA	75 kg/m ²		
ANGULO PRESIÓN MAX	35°		
RAZÓN RROD/RCURMAX	0.95		
FUERZA SEGURIDAD	100 N		
DMAX=	0.050 m;	IGMAX=	0;
DMIN=	libre;	IGMIN=	1;

Cabe señalar que INROD se ha tomado cero porque si se toma distinto puede degenerar el cálculo de fuerzas. Esto es debido a que el programa supone que el rodillo rueda sin deslizar, lo que implica que F_{23_T} debe ser menor que $MU * F_{23_N}$, y en este caso esto no se cumple pues $MU=0$, y además el ángulo de giro del rodillo se vería sometido a fuertes aceleraciones si rodara sin deslizar, lo que provocaría un fuerte momento de inercia que sólo puede equilibrarse con el momento de F_{23_T} respecto del centro del rodillo.

DATOS CINEMÁTICOS

Velocidad de giro de la leva 1000 rpm

ÁNGULO (°)	DESPLAZAMIENTO BARRA 5 (mm)	VELOCIDAD (m/s)	ACELERACIÓN (m/s ²)
50	3,0	0,8 – 1,5	
58 - 62	5,0	2,3 – 2,5	
	7,0	0,0	0,0

Las magnitudes con un rango indican que siempre que el movimiento final esté dentro de éste la leva es válida.

El dato de desplazamiento máximo de 7,0 mm puede darse en cualquier ángulo, por lo que no está restringido. Para este movimiento, lo único determinante son las velocidades indicadas entre 3 y 5 mm de desplazamiento.

La mayor dificultad que tiene el diseño de esta leva es mantener el **ÁNGULO DE PRESIÓN** entre unos límites aceptables (+-35) . Existe en el libro ‘Optimization of Cam Mechanism’ (ver bibliografía) una expresión para el ángulo de presión para el TIPO DE LEVA 4, que puede extenderse al TIPO 6 pues el nombre de las variables que intervienen son los mismos:

$$\tan(\text{ÁNGULO DE PRESIÓN}) = (E \cdot (1 + d_{FI}/d_{PSI}) - L \cdot \cos(FI)) / (L \cdot \sin(FI)) ;$$

(Ver nota al final)

d_{FI}/d_{PSI} es la derivada de FI respecto de FI.

Nota: en el mencionado libro es posible que haya una errata, y aparezca un signo cambiado. He comprobado que la expresión correcta es ésta.

Tanto E, como L están fijos, y para fijar FI, el único parámetro geométrico que no está fijo es DMIN, a través del cual se puede calcular el valor mínimo de S (recuérdese que los datos de posición que da el usuario son en realidad S-mínimo de S). Sabemos que podemos actuar sobre el **ÁNGULO DE PRESIÓN** a través de DMIN, pues influirá en el valor de FI.

Investiguemos si podemos actuar sobre el **ÁNGULO DE PRESIÓN** cambiando la curva de entrada pero respetando los datos de entrada. La respuesta es negativa, pues en el punto más desfavorable (el punto entre 58 y 62ª en el que el **DESPLAZAMIENTO** es de 5 mm), la velocidad nos viene limitada, y portando d_{FI}/d_{PSI} también está

limitado, con lo que no hay manera de manipular la curva para mejorar el **ÁNGULO DE PRESIÓN** en ese punto.

Aunque con otro objetivo, la curva de entrada se ha optimizado usando la función ‘matrizoptimizada’ (ver ayuda en la guía de usuario o tecleando ‘help matrizoptimizada’ en la línea de comandos). En esta optimización se ha minimizado la aceleración (en realidad se minimiza la media entre la integral de la aceleración al cuadrado, dividido por el intervalo de variación de PSI ($2 \cdot \pi$), y el valor máximo del valor absoluto de la aceleración). Para esta optimización se deben usar los siguientes parámetros de la función ‘matrizoptimizada’: PONDERA1= un valor muy alto, si no importa la sobreaceleración; PONDERA2=0.

De esta manera se minimizan las fuerzas de inercia, que dependen de la aceleración, y se reducen las fuerzas que soporta el mecanismo. También se consigue una curva suave: recuérdese que los splines son las curvas que minimizan la integral de la aceleración al cuadrado que antes se ha explicado.

Veamos pues los ejemplos, en los se ha usado la curva optimizada:

EJEMPLO 1:

Tomamos un valor de DMIN de 35mm; un valor compromiso para bajar el **ÁNGULO DE PRESIÓN** y no tener una leva excesivamente grande. A partir de 3.5mm mejora poco el **ÁNGULO DE PRESIÓN** al subir DMIN.

La matriz PUNTOS que define la curva de entrada se encuentra en el fichero ‘caso1_ej1’, y es la siguiente:

PUNTOS =

0	0	0	0
50.0000	0.0030	0.9796	313.0202
58.0000	0.0050	2.3000	-269.2888
71.2612	0.0070	0	0
360.0000	0	0	0

Ejecutando ‘intent1’ se obtienen los siguientes resultados:

La posición de la válvula: S (m); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

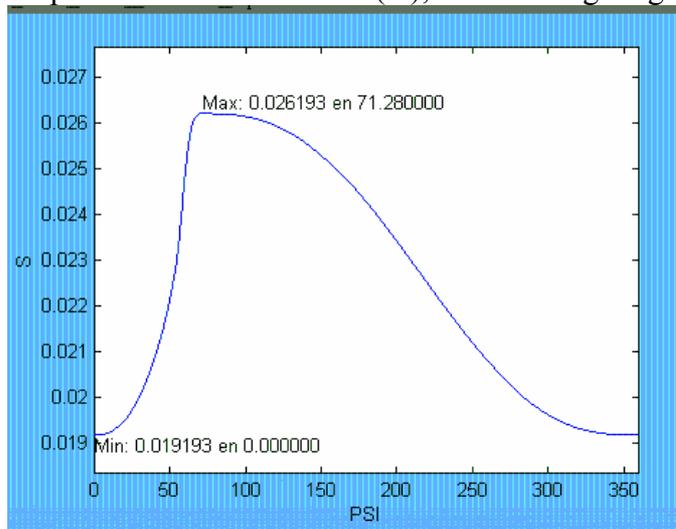


Figura 6.1

La aceleración de la válvula: ACEL_S (m/s²); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

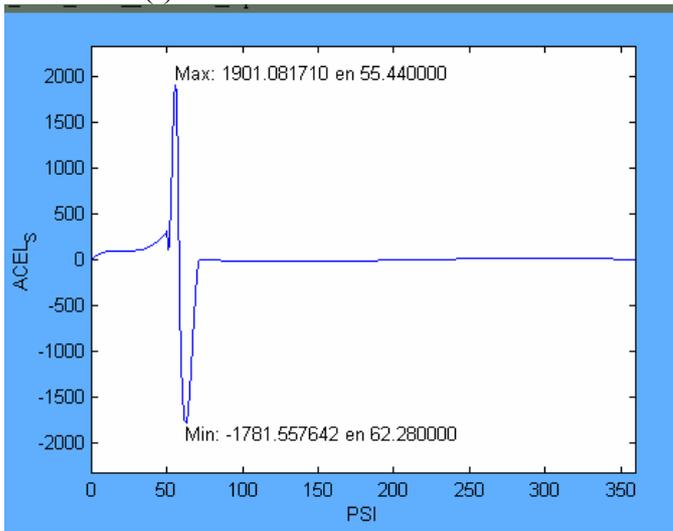


Figura 6.2

Puede verse que a pesar de haber optimizado los parámetros libres, hay picos en la aceleración

La leva resultante:

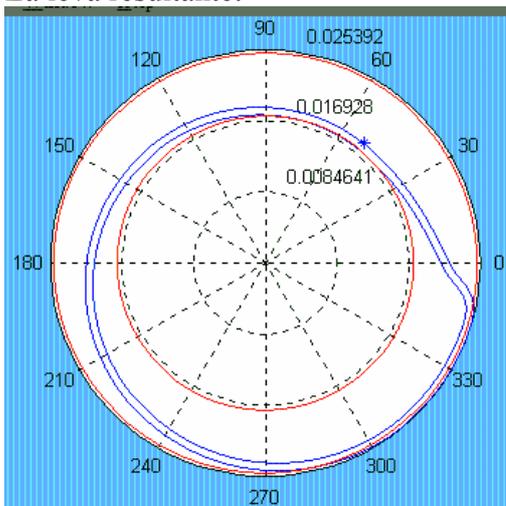


Figura 6.3

La curva azul exterior representa la leva primitiva, la interior la leva real, la circunferencia interior DMIN, y la exterior DMAX,

El ANGULO DE PRESIÓN (°); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

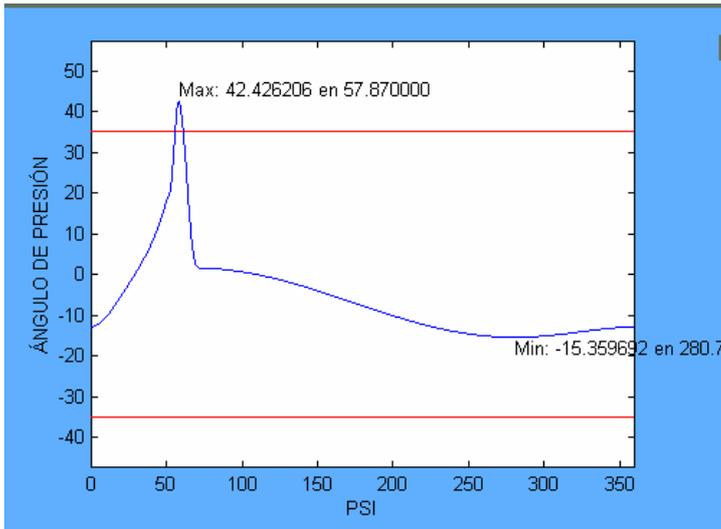


Figura 6.4

El ángulo de presión es mayor de lo recomendable. Ya se ha discutido que optimizando la curva de entrada no puede mejorarse.

La RAZON RROD/RCUR; frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

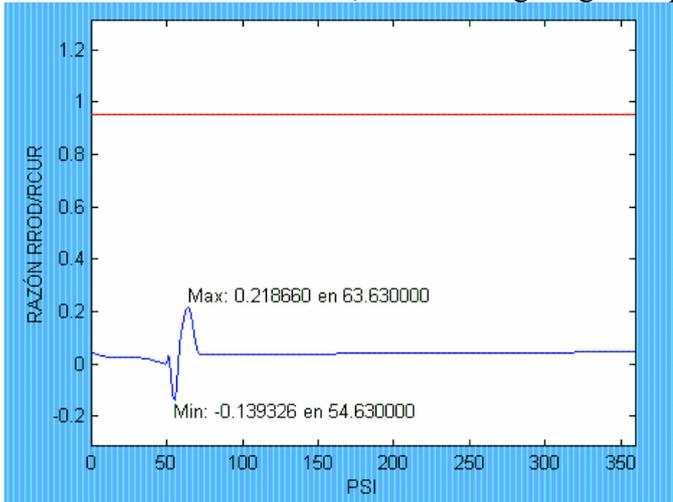


Figura 6.5

La línea roja es un límite que introduce el usuario: RAZON RROD/RCUR MAX. Si la RAZON RROD/RCUR fuera mayor o igual que uno, se produciría una cúspide. El RADIO DE CURVATURA no siempre es positivo. Al contrario de en los CASOS 2 y 3, en este caso no importa.

La fuerza que se ejerce sobre el árbol de levas, en valor absoluto: $|F12|$ (N); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

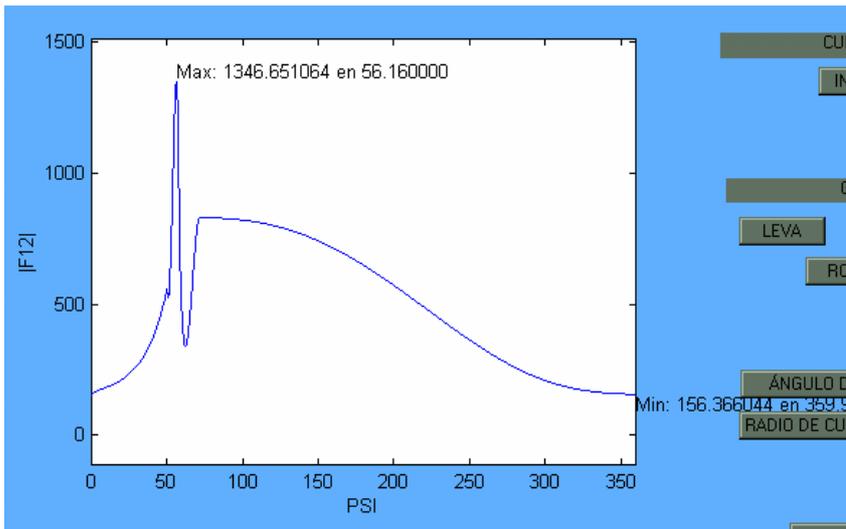


Figura 6.6

Puede observarse el pico debido a la aceleración.

La componente normal de la fuerza leva-seguidor: $F23_N$ (N); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

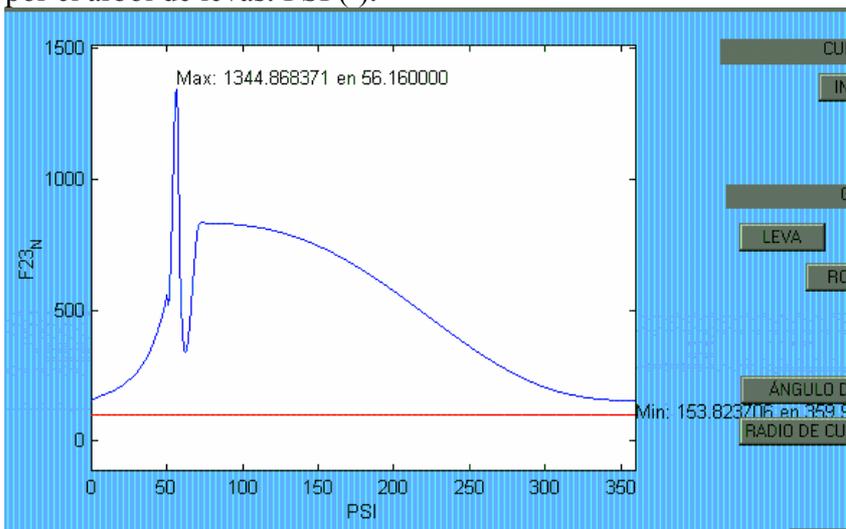


Figura 6.7

Si esta fuerza se hiciera negativa habría despegue. Podemos ver que no sólo no se hace negativa, sino que está por encima del valor de seguridad: FUERZA SEGURIDAD, representado por la línea roja.

La fuerza $F45_Y$ (N); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

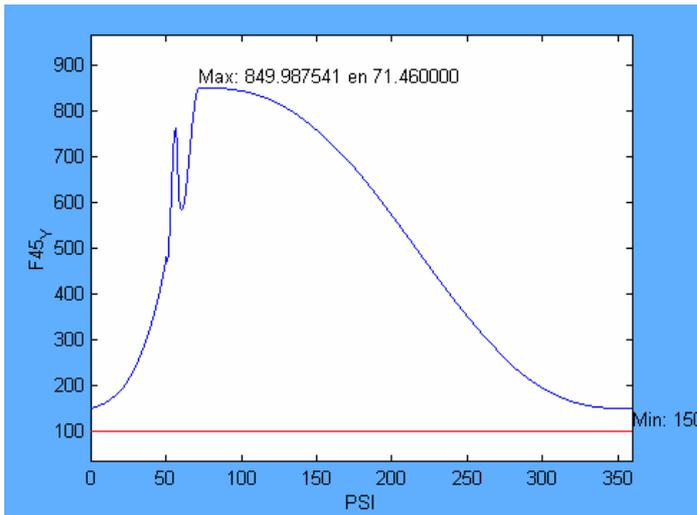


Figura 6.8

Si esta fuerza se hiciera negativa habría despegue. Podemos ver que no sólo no se hace negativa, sino que está por encima del valor de seguridad: FUERZA SEGURIDAD, representado por la línea roja.

El área de la leva es: 13.70 cm^2 .

El trabajo consumido en el ciclo es: 0 J , como era de esperar pues $\text{MU}=0$.

EJEMPLO 2:

Tratamos ahora de cumplir los requisitos en cuanto al ángulo de presión, y a la vez de disminuir en lo posible DMIN . Para ello, modificamos el parámetro geométrico: E .

Además introducimos el rozamiento.

Los valores de DMIN , E , y MU son:

$\text{DMIN}=3.1 \text{ e-}2 \text{ m}$;

$E=28.9 \text{ e-}3 \text{ m}$;

$\text{MU}=0.1$;

La curva de entrada y el resto de datos son los mismos del EJEMPLO 1.

Se consigue en este caso que el ángulo de presión se mueva desde -34.6° hasta 34.7° , con lo que se cumplen las exigencias en el límite.

Ejecutando 'intent1' se obtienen los siguientes resultados:

La posición de la válvula: $S \text{ (m)}$; frente al ángulo girado por el árbol de levas: $\text{PSI } (^\circ)$.

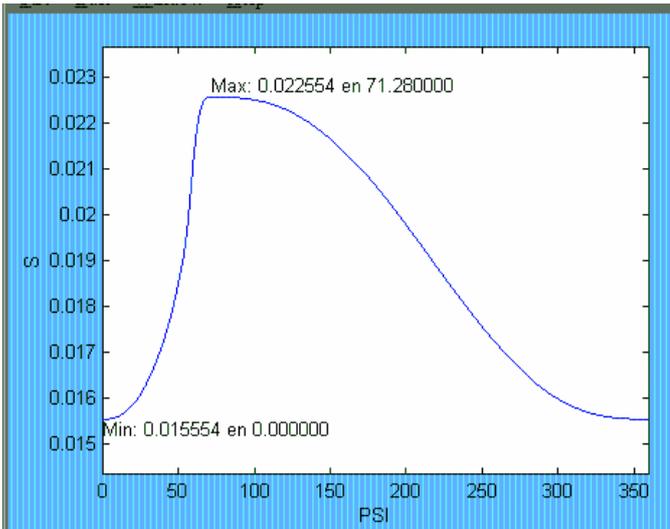


Figura 6.9

La aceleración de la válvula: ACEL_S (m/s²); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

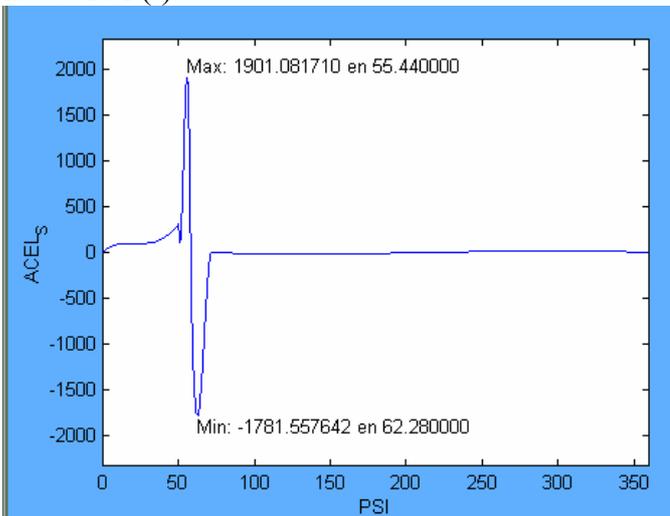


Figura 6.10

Puede verse que a pesar de haber optimizado los parámetros libres, hay picos en la aceleración

La leva resultante:

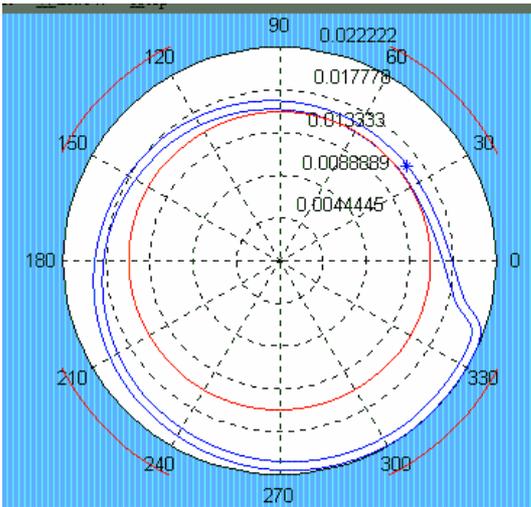


Figura 6.11

La curva azul exterior representa la leva primitiva, la interior la leva real, la circunferencia interior DMIN, y la exterior DMAX,

El ÁNGULO DE PRESIÓN (°); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

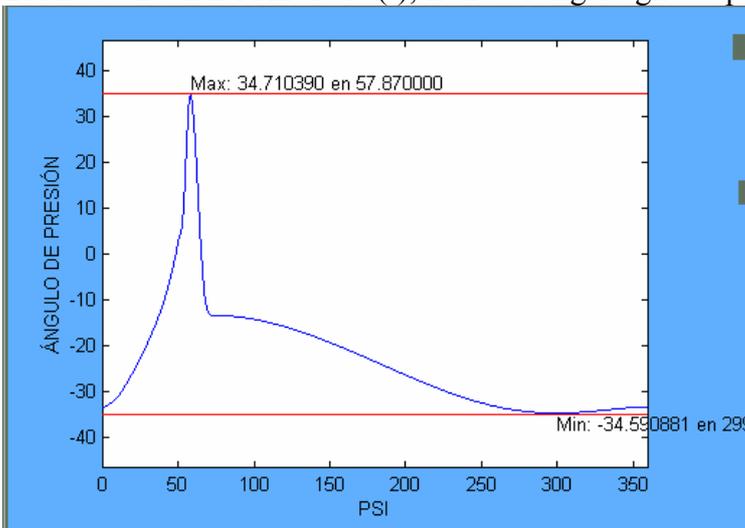


Figura 6.12

El ángulo de presión es mayor de lo recomendable. Ya se ha discutido que optimizando la curva de entrada no puede mejorarse.

El efecto de disminuir DMIN hace que el máximo del ÁNGULO DE PRESIÓN suba (aunque poco), y que el mínimo baje (desfavorable en los dos extremos).

El efecto de disminuir E hace que el máximo del ÁNGULO DE PRESIÓN baje (favorable), y que el mínimo baje (desfavorable). Sin embargo, partiendo del EJEMPLO 1, podemos permitirnos bajar el mínimo.

Finalmente se ha adoptado un compromiso con E=28.9 mm, y DMIN=31 mm, de manera que se cumplen las restricciones estando lo más cerca posible del límite (+-35°).

La RAZON RROD/RCUR; frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

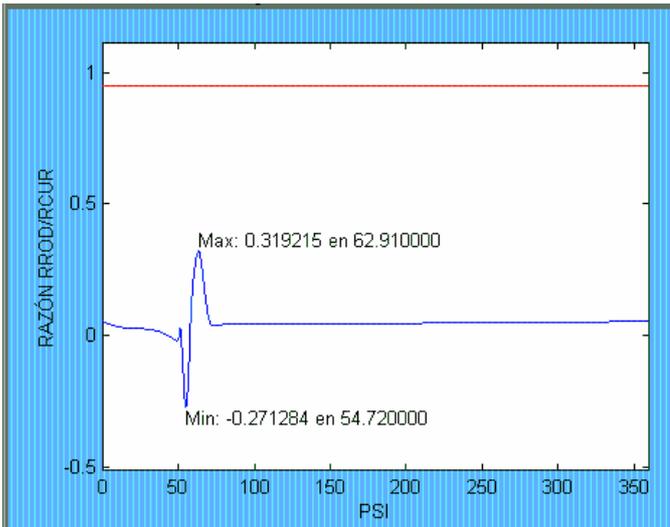


Figura 6.13

La línea roja es un límite que introduce el usuario: RAZON RROD/RCUR MAX. Si la RAZON RROD/RCUR fuera mayor o igual que uno, se produciría una cúspide. El RADIO DE CURVATURA no siempre es positivo. Al contrario de en los CASOS 2 y 3, en este caso no importa.

La fuerza que se ejerce sobre el árbol de levas, en valor absoluto: $|F12|$ (N); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI ($^{\circ}$).

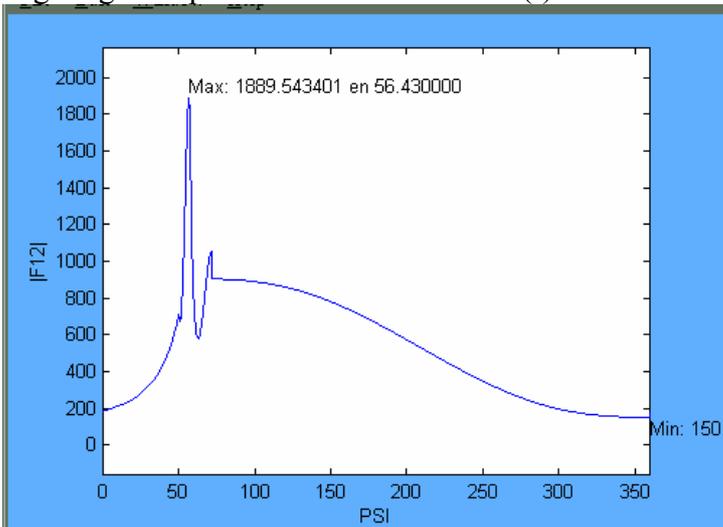


Figura 6.14

Puede observarse el pico debido a la aceleración.

La componente normal de la fuerza leva-seguidor: $F23_N$ (N); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI ($^{\circ}$).

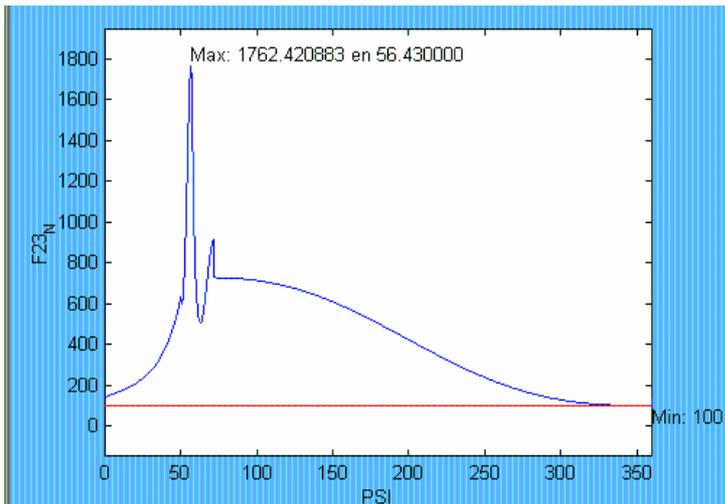


Figura 6.15

Si esta fuerza se hiciera negativa habría despegue. Podemos ver que no sólo no se hace negativa, sino que está por encima del valor de seguridad: FUERZA SEGURIDAD, representado por la línea roja.

La fuerza F_{45} Y (N); frente al ángulo girado por el árbol de levas: PSI (°).

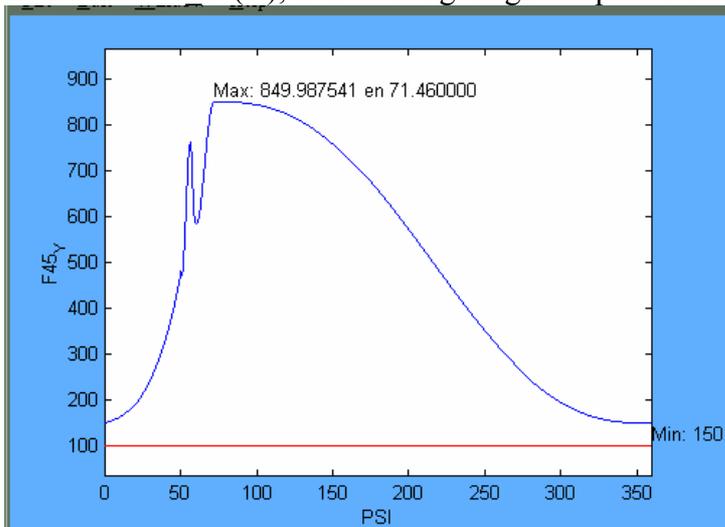


Figura 6.16

Si esta fuerza se hiciera negativa habría despegue. Podemos ver que no sólo no se hace negativa, sino que está por encima del valor de seguridad: FUERZA SEGURIDAD, representado por la línea roja.

El área de la leva es: 10.50 cm^2 .

El trabajo consumido en el ciclo es: 44.5 J .

NOTA: En el caso del TIPO 3, el **ÁNGULO DE PRESIÓN** se obtiene como:

$$\text{Tg}(\text{ÁNGULO DE PRESIÓN}) = (d_S/d_{\text{PSI}} - E) / S$$