



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “ANÁLISIS DE LA SÍNTESIS DEL MECANISMO PARA OBTENER EL
FUNCIONAMIENTO ADECUADO DEL MECANISMO BIELA MANIVELA DEL MOTOR A
GASOLINA DE TRES CILINDROS UTILIZANDO PROGRAMAS COMPUTACIONALES”**

AUTOR: CHANCUSI ALMACHI, MARCO ALEXANDER

TUTOR: ING. LARA NÚÑEZ, MARIO ALCIDES

LATACUNGA, MARZO 2022

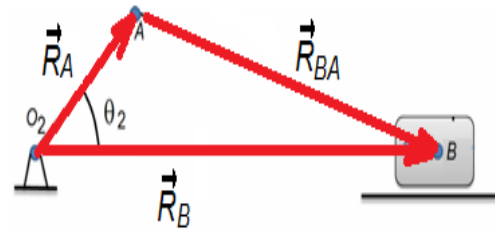
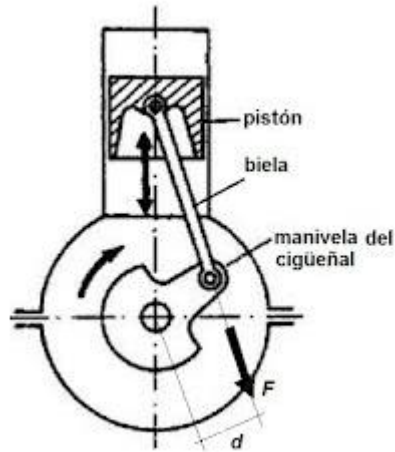


- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



- 1** Introducción
- 2** Justificación
- 3** Objetivos
- 4** Metodología
- 5** Resultados
- 6** Conclusiones
- 7** Recomendaciones





Programas computacionales

El mecanismo manivela corredera se trata de un mecanismo capaz de transformar el movimiento circular de una manivela en un movimiento lineal alternativo en el pistón

El estudio del movimiento de los mecanismos y maquinas puede estar tomado desde diferentes puntos de vista, uno de ellos es el análisis cinemático y por otra parte la síntesis cinemática.

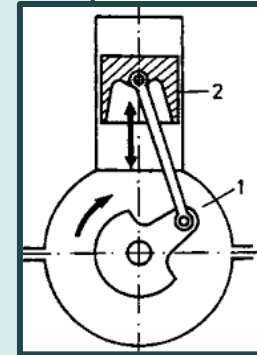
La síntesis cinemática es lo contrario del análisis cinemático, busca la determinación del mecanismo que cumpla ciertas especificaciones de movimientos en los que se considera la velocidad, aceleración desplazamientos



- 1 Introducción
- 2 Justificación**
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



La importancia de un buen planteamiento para el diseño de mecanismos tiene incidencia directa con la síntesis de mecanismos



Ayuda a la obtención de resultados satisfactorios y esperados con la finalidad de disminuir el tiempo de búsqueda de una o varias soluciones

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos**
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



OBJETIVO GENERAL

Analizar la síntesis del mecanismo para obtener el funcionamiento adecuado del mecanismo biela manivela del motor a gasolina de tres cilindros utilizando programas computacionales

Objetivos específicos

Determinar la síntesis gráfica generación de funciones estableciendo pasos secuenciales para la obtención de las longitudes de los eslabones que conforma el mecanismo biela manivela de un motor de gasolina

Comprobar que el movimiento del mecanismo biela manivela de un motor de gasolina de tres cilindros sean adecuados mediante la utilización de programas computacionales para verificar su movilidad.

Describir la síntesis analítica por medio de conceptos cinemáticos para la obtención de las longitudes de los eslabones que conforman el mecanismo biela manivela de un motor a gasolina



Establecer la síntesis del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina de tres cilindros conforme a los parámetros de requerimientos preestablecidos para determinar las dimensiones de sus eslabones y la incidencia de las mismas

Crear una tabla de resultados obtenidos de los estudios y objetivos planteados mediante el programa EXCEL para su análisis y discusión



- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología**
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



Obtención de medidas

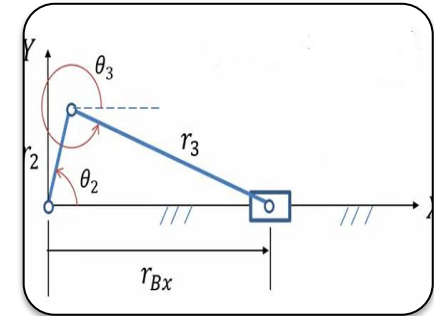
- Toma de medidas de los eslabones que conforma el mecanismo

Procedimiento de síntesis método grafico

- Se establece los pasos que se debe realizar mediante intersecciones bisecciones, etc.


Procedimiento de síntesis método analítico

- Se establece analíticamente ecuaciones para la solución de síntesis



Inicialmente se presenta varios datos que corresponde al motor Suzuki Forsa 1, además de las medidas principales obtenidas en la toma de medidas.

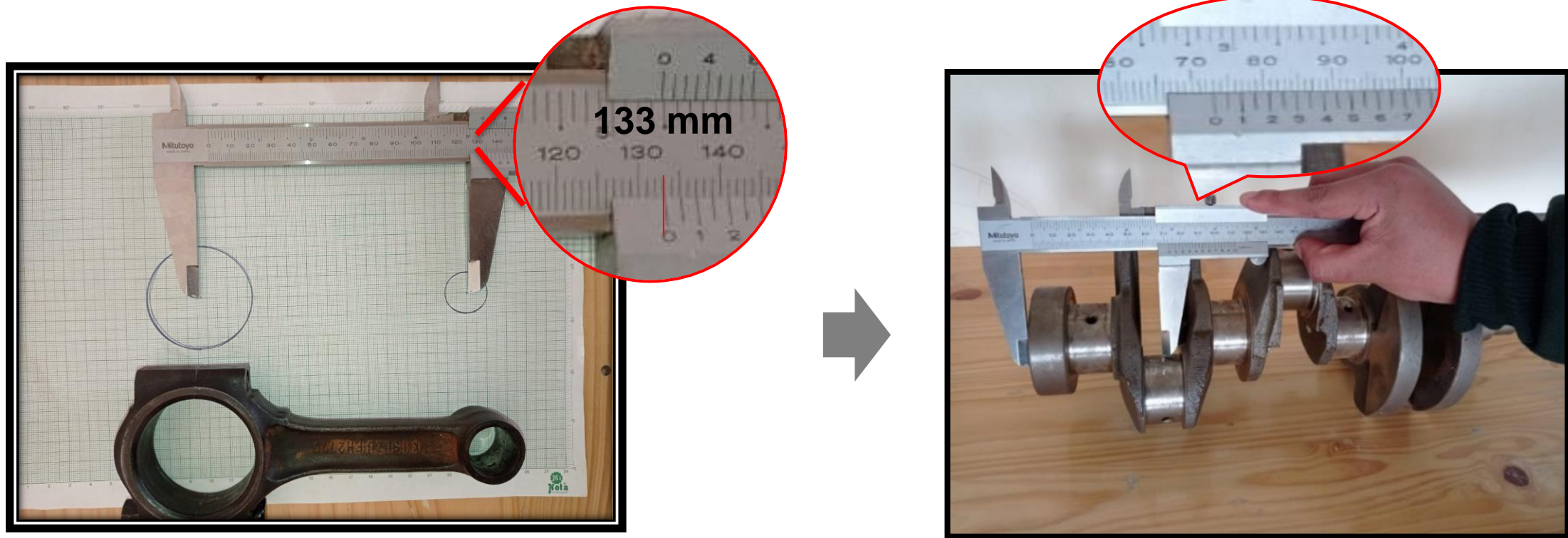
TIPO	SOHC 3 cilindros en línea/ cuatro tiempos/
MATERIAL	Aluminio bloque/cabezote/admisión
PESO	60.1 Kg (134.5 lbs) / completamente armado
CILINDRADA	993 cc (61 in.cu)
DIAMETRO x CARRERA	74 x 77 (mm) / 2.91 x 3.03 (in)
RELACION DE COMPRESION	9.5:1
POTENCIA	48 Hp @ 5100 rpm
TORQUE	57 lbs-ft @ 3200 rpm
CARBURADOR	AISAN descendente, doble cuerpo
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	Bomba mecánica
CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE	8.3 galones
TIPO DE COMBUSTIBLE	Gasolina extra 82 Octanos
SISTEMA DE ESCAPE	Simple
SISTEMA DE ENCENDIDO	Electrónico
BUJIAS	NGK BPR6ES
ORDEN DE ENCENDIDO	1-3-2
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Circulación forzada de agua por bomba
CAPACIDAD REFRIGERANTE	4.1 litros
SISTEMA DE LIBRICACION	Bomba de rotor
CAPACIDAD DE LUBRICANTE	3.5 litros
LUBRICANTE	10W40
PRESION DE ACEITE	42-54 psi @ 3000 rpm
ALTERNADOR	55 amp
BATERIA	400 cca
CAMPO DE REVOLUCIONES	800 – 5700 rpm

- 
- ✓ Carrera del pistón
77 mm
 - ✓ Campo de revoluciones
800 -5700 RPM

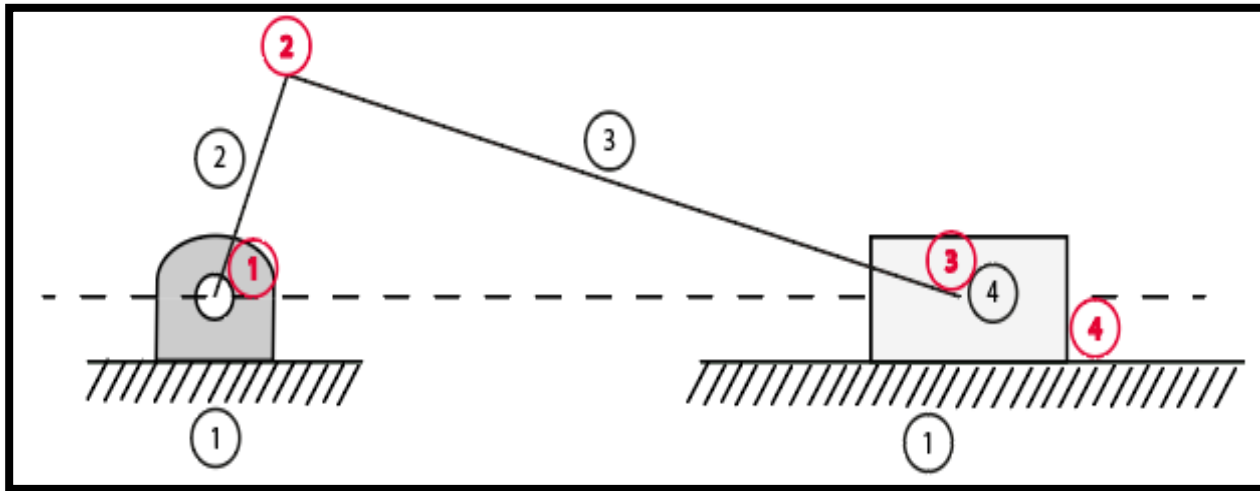


✓ METODOLOGÍA

Se realiza las mediciones de los componentes que conforman el mecanismo:



Con los datos obtenidos gracias a medición se comprueba criterios de movilidad



$$GDL = M = 3(4 - 1) - 2(4) - 0$$

$$GDL = M = 3(3) - 8$$

$$GDL = M = 9 - 8$$

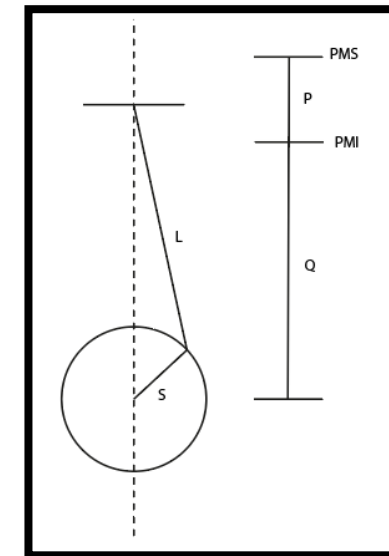
$$GDL = M = 1$$

CRITERIO DE PULKRABEK
RELACIÓN MANIVELA/BIELA NO DEBE SER >0.33 adimensionales



Con los datos obtenidos gracias a medición se comprueba la condición de Grashof:

Característica	Parámetro	Longitud [mm]
Manivela	s	38.5 mm
Biela	l	133 mm
Carrera	$p = 2s$	77 mm
Longitud del eslabón 1 en el PMI	$q = l - s$	94.5 mm



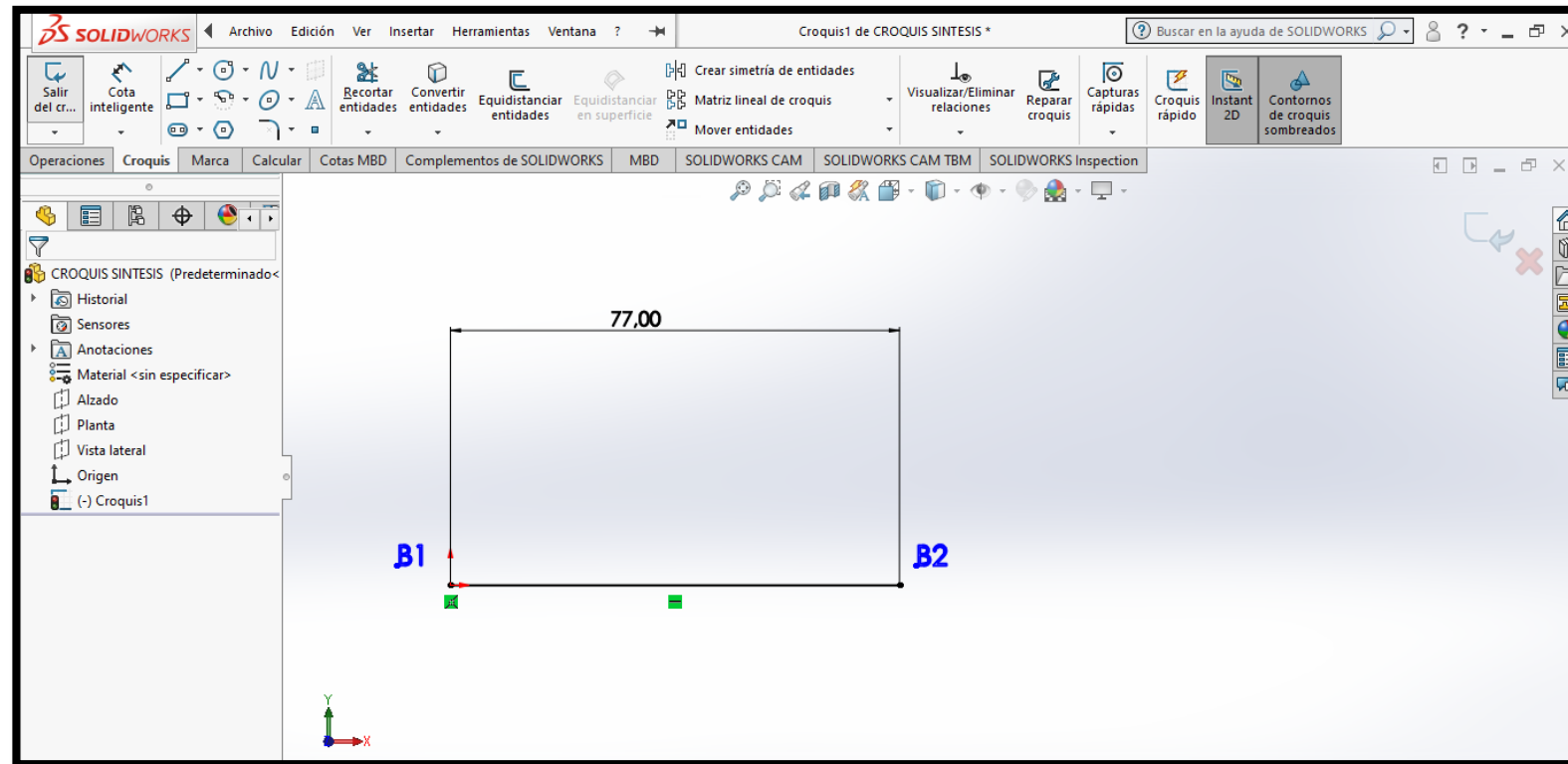
$$S + L \leq P + Q$$

$$38.5 \text{ mm} + 133 \text{ mm} \leq 77 \text{ mm} + 94.5 \text{ mm}$$

$$171.5 \text{ mm} \leq 171.5 \text{ mm}$$

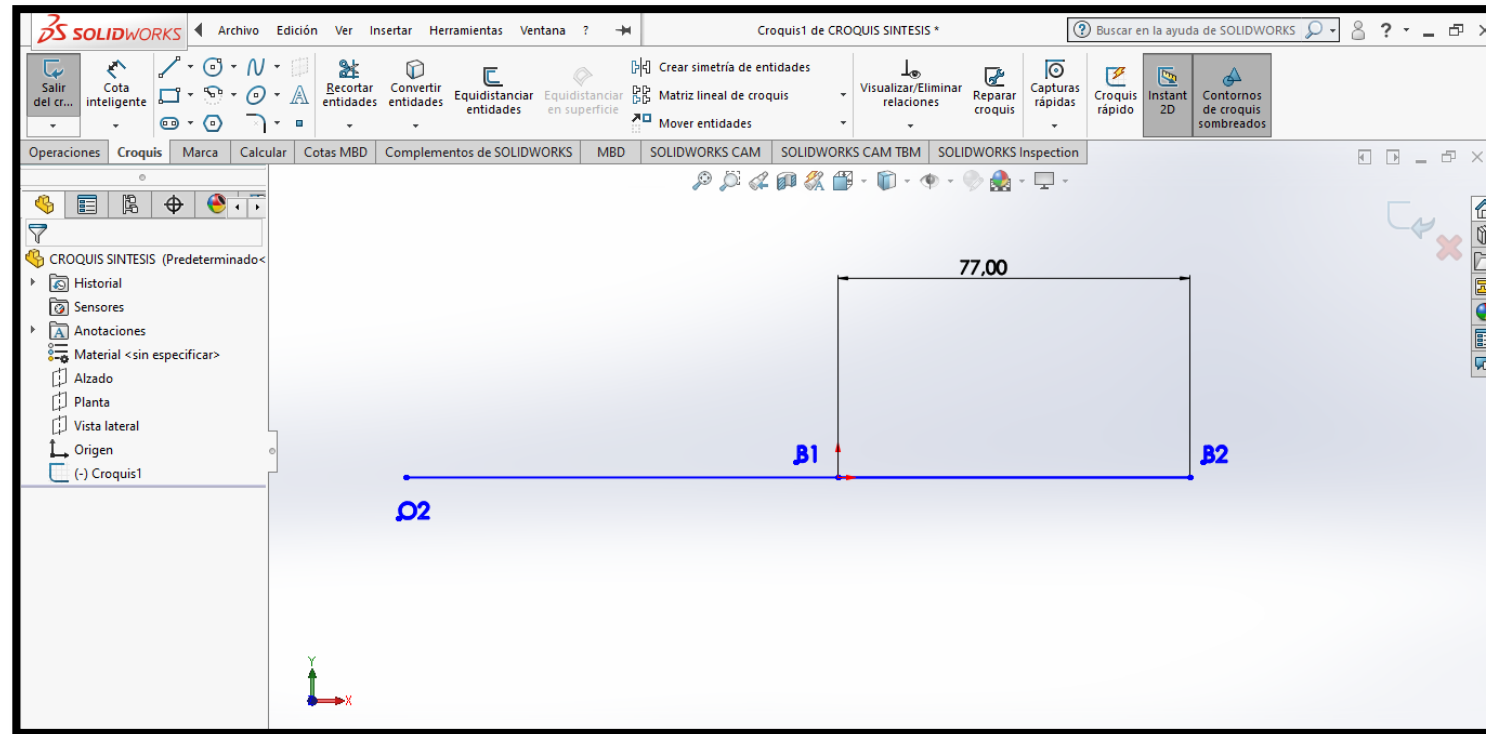
Una vez verificado que cumpla con criterios de movilidad y condición de Grashof se procede a los pasos para SÍNTESIS GRÁFICA GENERACIÓN DE FUNCIONES

1. Se traza el eslabón de salida en las dos posiciones B1, B2 cumpliendo con el $\Delta S=77$ mm



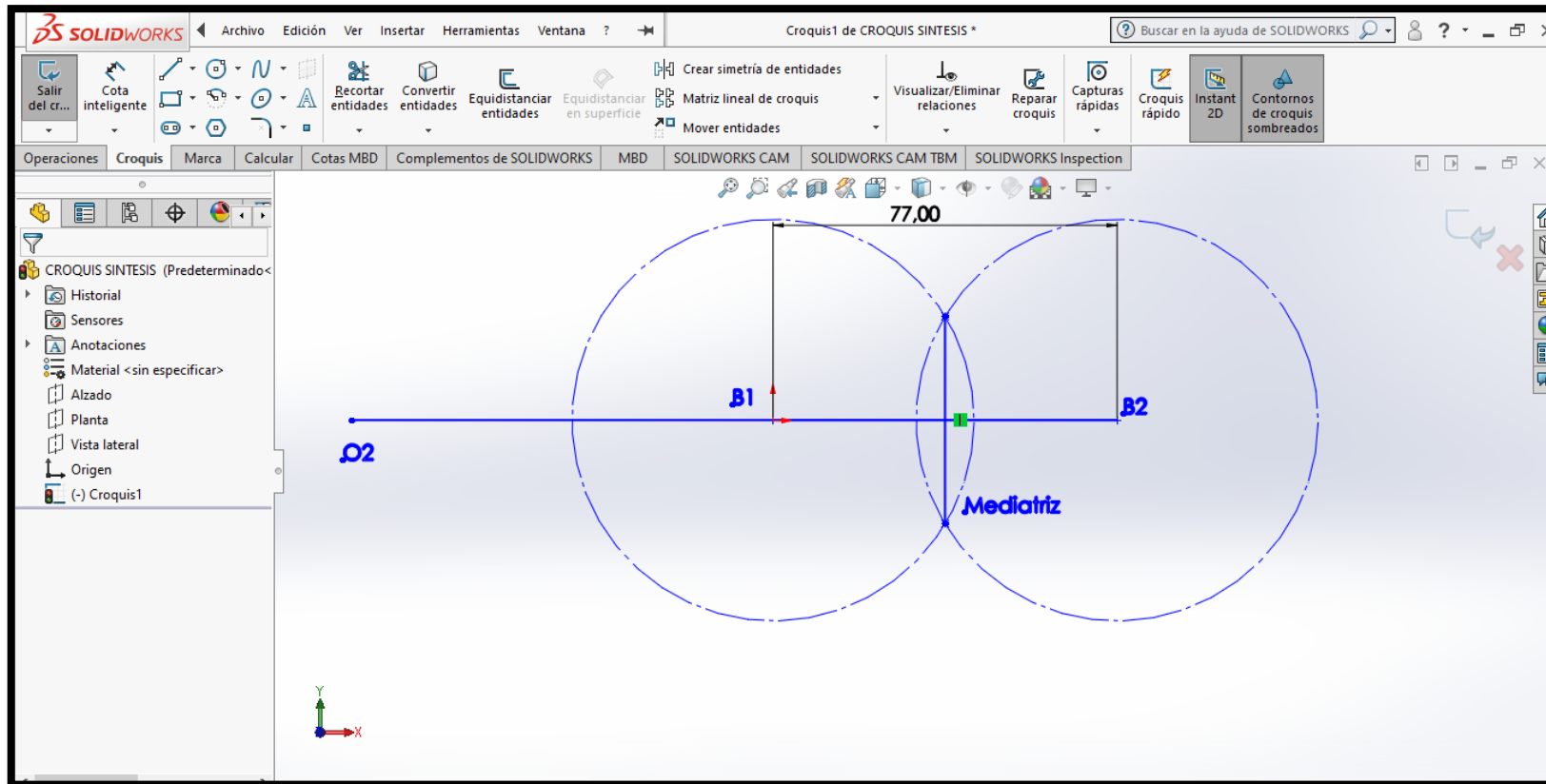
SÍNTESIS GRÁFICA GENERACIÓN DE FUNCIONES

2. Se prolonga una recta que pase por los puntos B1,B2 y seleccionamos un punto conveniente O2



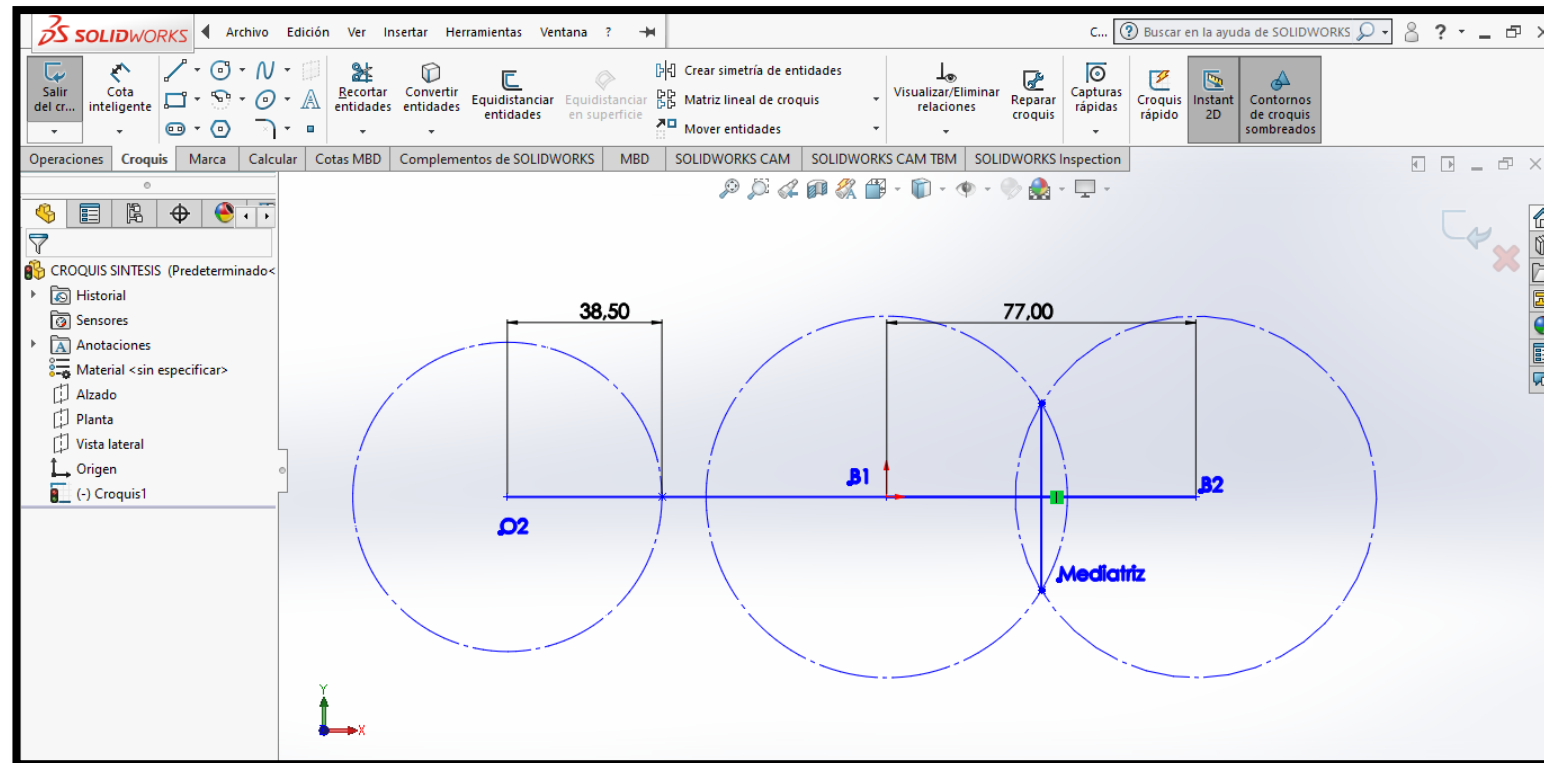
SÍNTESIS GRÁFICA GENERACIÓN DE FUNCIONES

3. Se bisecta el eslabón de salida B1, B2 trazando circunferencias de un radio menor a la distancia B1B2 y mayor que su distancia media



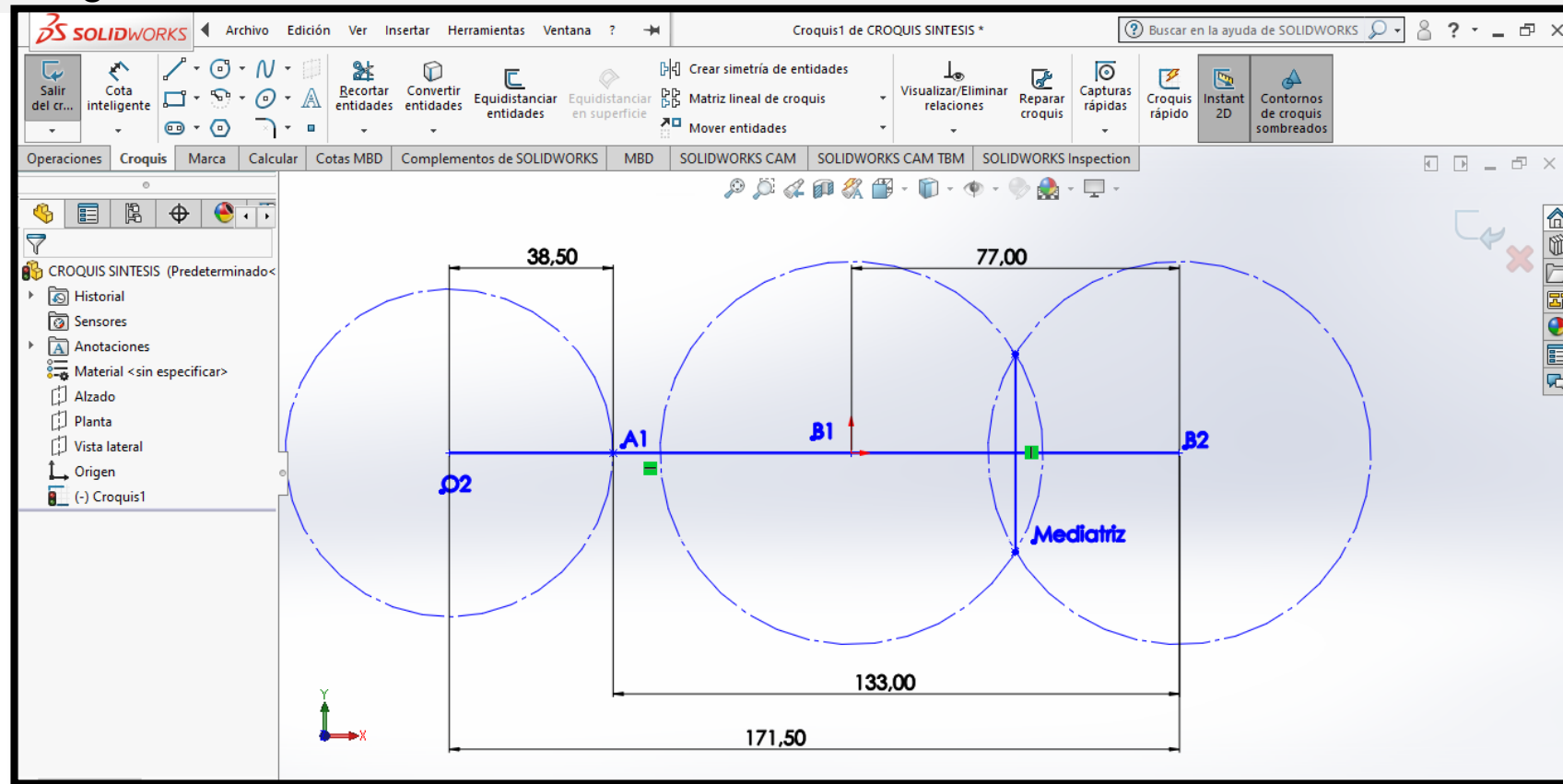
SÍNTESIS GRÁFICA GENERACIÓN DE FUNCIONES

4. La distancia media que tiene entre los puntos B1 y B2, será la longitud para trazar una circunferencia en el punto O2.



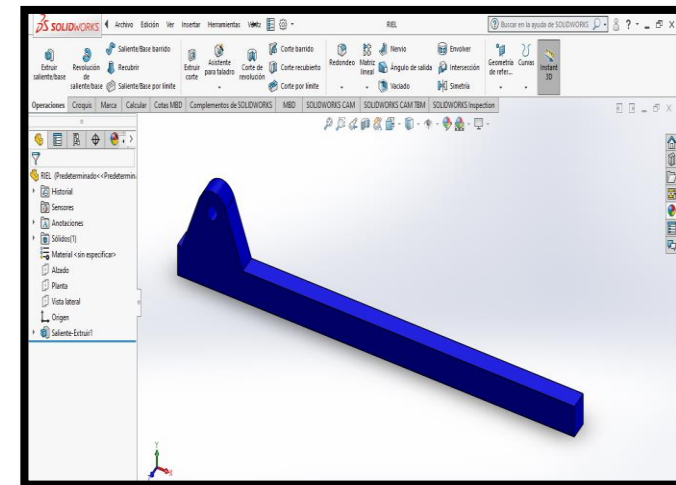
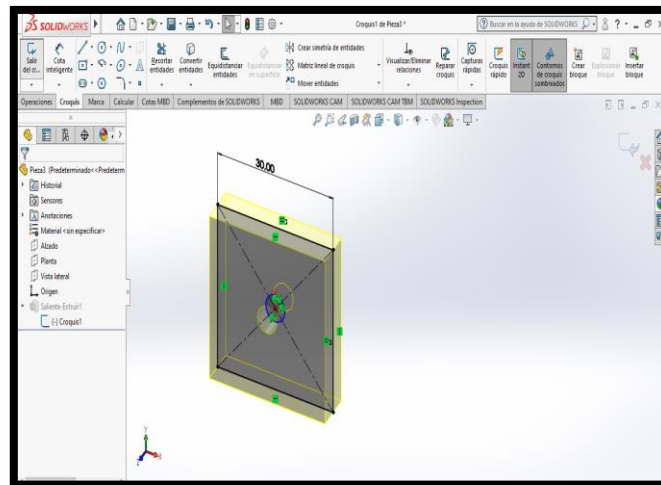
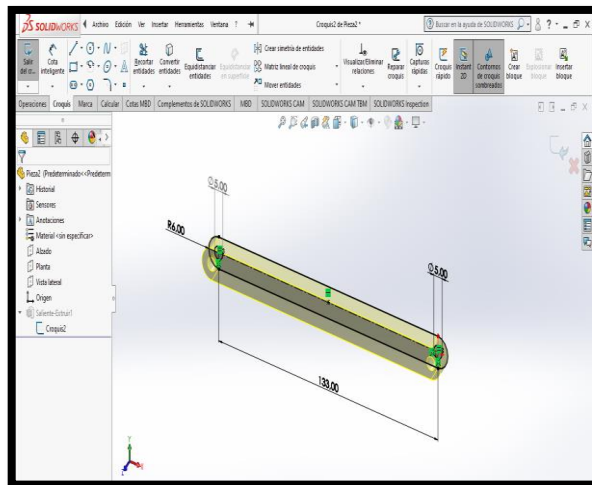
SÍNTESIS GRÁFICA GENERACIÓN DE FUNCIONES

5. Se tiene en cuenta que los puntos de precisión son los límites del movimiento de la corredera. Se debe trazar una línea desde O2 hasta B2, luego se resta la longitud del eslabón 2 y el residuo de la resta será la longitud del eslabón 3



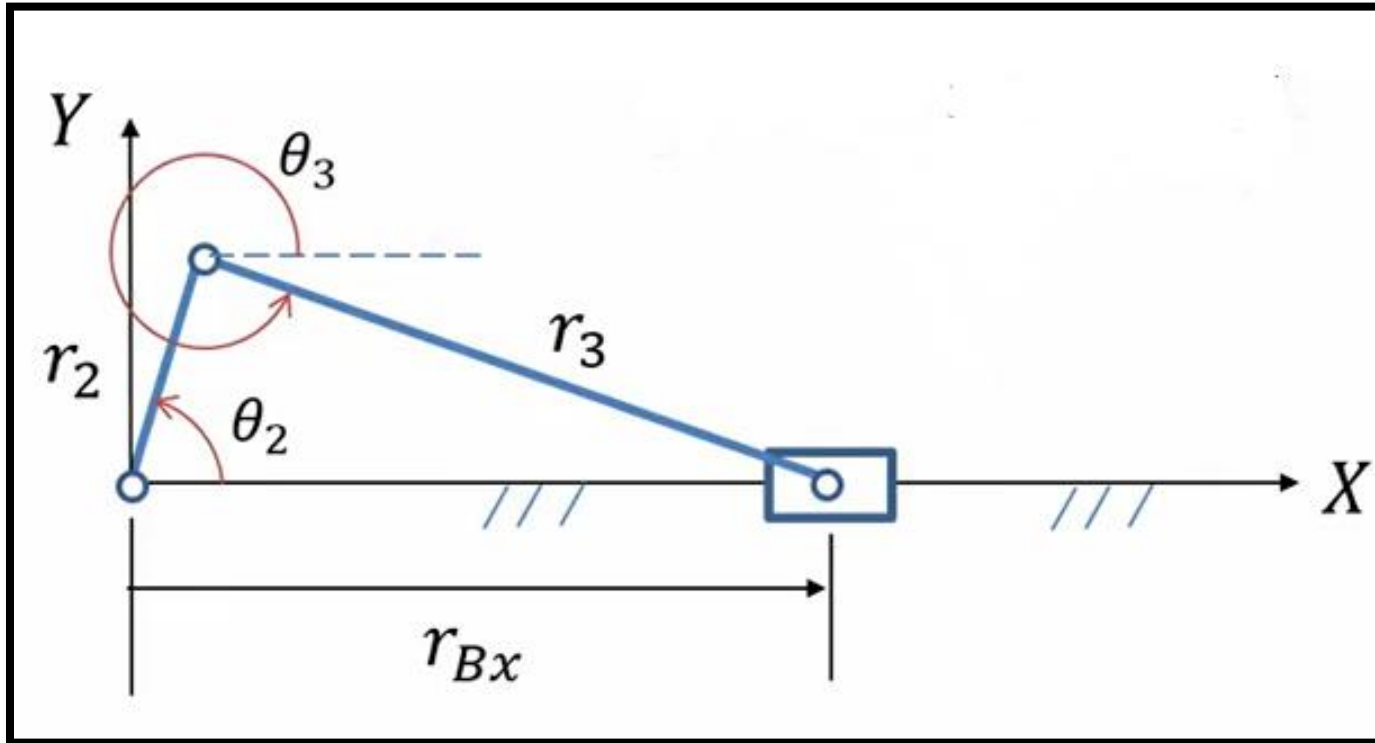
SÍNTESIS GRÁFICA GENERACIÓN DE FUNCIONES

Representación CAD de los eslabones



SÍNTESIS MÉTODO ANALÍTICO

Se obtiene ecuaciones mediante criterios de análisis cinemáticos



$$r_{Bx} = r_2 \cos \theta_2 + \sqrt{r_3^2 - r_2^2 (\sin \theta_2)^2}, \forall r_3 > r_2 \sin \theta_2$$

$$V_{Bx} = -r_2 \sin \theta_2 \left(1 + \frac{r_2 \cos \theta_2}{\sqrt{r_3^2 - r_2^2 (\sin \theta_2)^2}} \right) \omega_2$$

$$\omega_3 = \left(\frac{-r_2 \cos \theta_2}{\sqrt{r_3^2 - r_2^2 (\sin \theta_2)^2}} \right) \omega_2$$

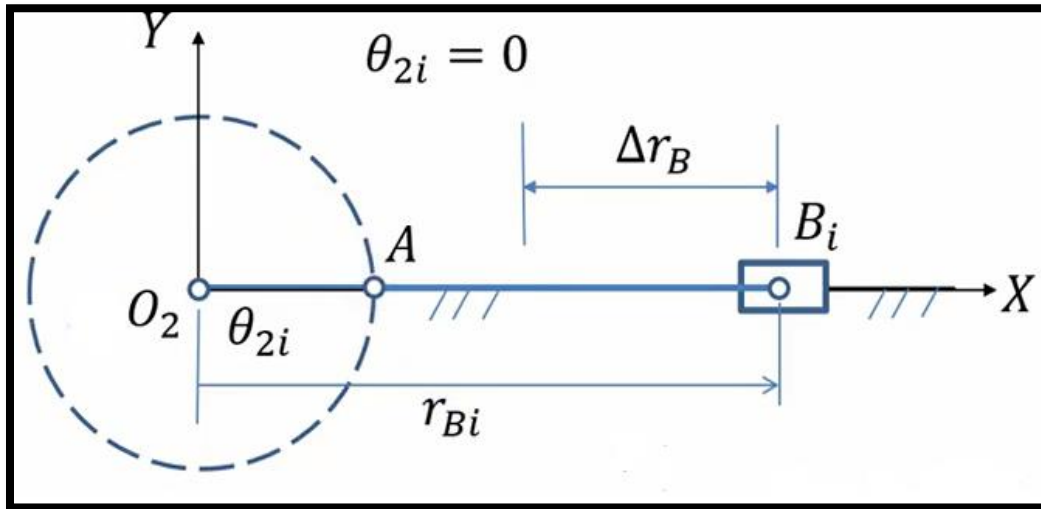
$$a_{Bx} = -r_2 (\omega_2^2 \cos \theta_2 + \alpha_2 \sin \theta_2) - r_3 \left(\left(\frac{-r_2 \cos \theta_2}{r_3 \cos \theta_3} \right)^2 \omega_2^2 \cos \theta_3 + \alpha_3 \sin \theta_3 \right)$$

$$\alpha_3 = \left(\frac{r_2 \omega_2^2 \sin \theta_2 - r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + r_3 \omega_2^2 \sin \theta_3}{r_3 \cos \theta_3} \right)$$

✓ METODOLOGÍA

SÍNTESIS MÉTODO ANALÍTICO

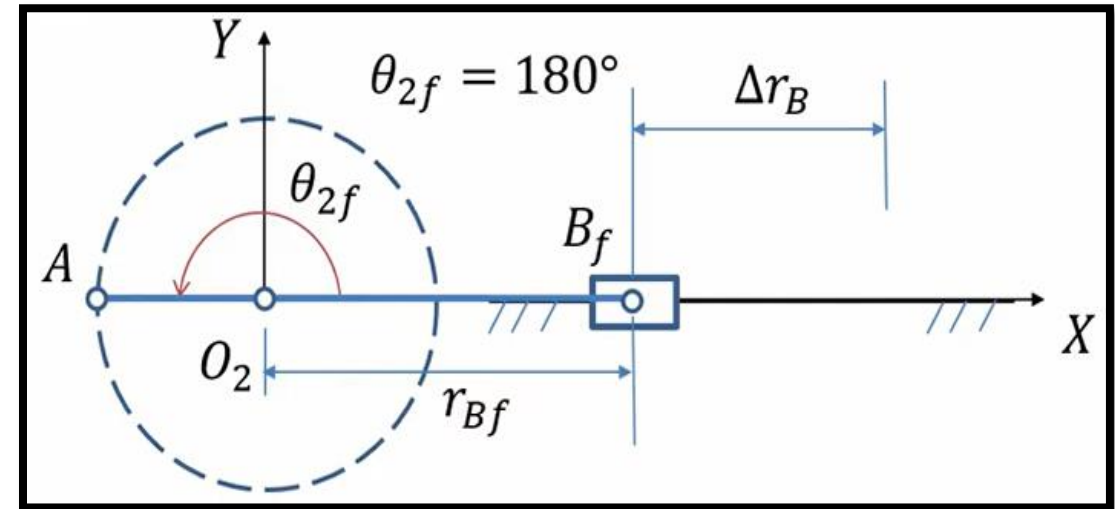
POSICIONES LÍMITES CUANDO $\theta_2 = 0^\circ$



$$r_{Bi} = r_2 \cos(0) + \sqrt{r_3^2 - r_2^2 (\sin(0))^2}$$

$$r_{Bi} = r_2 + r_3$$

POSICIONES LÍMITES CUANDO $\theta_2 = 180^\circ$



$$r_{Bf} = r_2 \cos(180) + \sqrt{r_3^2 - r_2^2 (\sin(180))^2}$$

$$r_{Bf} = -r_2 + r_3$$

$$\Delta r_B = 2r_2$$

SÍNTESIS MÉTODO ANALÍTICO

De los parámetros encontrados a partir de las posiciones límites se tiene que la aceleración máxima del pistón esta denotada por:

$$a_{Bmax} = -r_2(\omega_2^2 \cos 0 + 0 \sin 0) - r_3 \left(\frac{-r_2 \cos 0}{r_3 \cos 0} \right)^2 \omega_2^2 \cos 0 + 0 \sin 0$$

$$a_{Bmax} = \left(r_2 + r_3 \left(\frac{r_2}{r_3} \right)^2 \right) \omega_2^2$$

$$a_{Bmax} = \left(r_2 + \frac{r_2^2}{r_3} \right) \omega_2^2$$

$$a_{Bmax} = \left(1 + \frac{r_2}{r_3} \right) r_2 \omega_2^2$$



Para encontrar la longitud de biela

$$r_3 = \frac{\omega_2^2 \Delta r_B^2}{2(2a_{Bmax} - \omega_2^2 \Delta r_B)}$$

SINTESIS MÉTODO ANALÍTICO

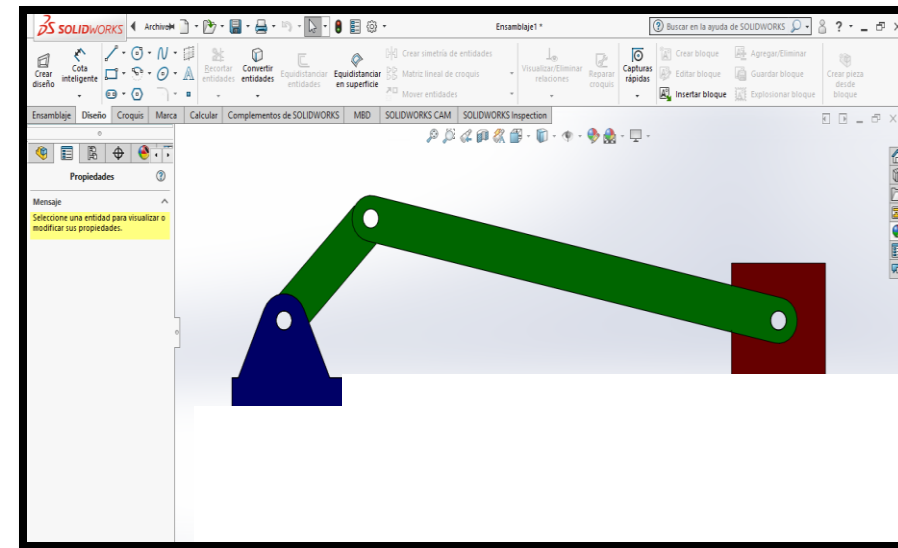
Requerimientos

Característica	Parámetro	Condiciones
Velocidad del motor	4000 rpm	Requerimiento especificado por el usuario
Aceleración máxima del pistón requerida	–	Requerimiento especificado por el usuario
Aceleración máxima del pistón obtenida	–	Se obtiene mediante síntesis, necesario tener un rango de la longitud de la biela requerida por el usuario para su análisis
Carrera del pistón	77 mm	Requerimiento especificado por el usuario
Longitud de la manivela	–	Se obtiene mediante síntesis
Longitud de la biela requerida	60mm – 300mm	Necesario tener un rango de la longitud de la biela requerida por el usuario para su análisis
Longitud de la biela obtenida	–	Necesario tener el requerimiento establecido de la aceleración máxima del pistón por el usuario

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados**
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



ESLABONES	Longitud [mm]
Manivela	38.5 mm
Biela	133 mm
Carrera	77 mm
Longitud del eslabón 1 en el PMI	94.5 mm



Se describe el ingreso de parámetros según los requerimientos del usuario para la generación de la síntesis del mecanismo mediante el software computacional.

SINTESIS MECANISMO MANIVELA BIELA PISTON

INGRESO DE REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

Carrera del pistón

$carrera := 77$ mm

Velocidad del motor

$RPM := 4000$ rpm

Rango de longitud de la biela

$r3 := 60 .. 300$ mm

INGRESO DE ECUACIONES PARA LA SOLUCION DE SINTESIS

Para la longitud del eslabón 2 o manivela

$$r2 := \frac{carrera}{2} \quad \text{mm}$$

Para la velocidad angular del eslabón de entrada o manivela

$$w2 := RPM \cdot 2 \frac{\pi}{60} \quad \text{rad/s}$$

Para la relación biela manivela

$$r(r3) := \frac{r3}{r2} \quad \text{adm}$$

Para la aceleración máxima del pistón

$$ab(r3) := \left(1 + \left(\frac{r2}{r3}\right)\right) \cdot r2 \cdot w2^2 \quad \text{mm/s}^2$$



Resultados obtenidos de la síntesis

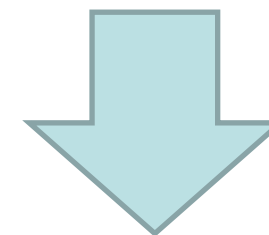
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SINTESIS		Aceleración máxima del pistón respecto a la variación de la longitud de la biela	
Longitud del eslabón manivela			
$r_2 = 38.5$ mm			
Velocidad angular de la manivela			
$w_2 = 418.879$ rad/s			
Relación manivela biela			
mm	adm	mm	mm/s ²
$r_3 =$	$r(r_3) =$	$r_3 =$	$ab(r_3) =$
$\begin{bmatrix} \vdots \\ 113 \\ 114 \\ 115 \\ 116 \\ 117 \\ 118 \\ 119 \\ 120 \\ 121 \\ 122 \\ 123 \\ 124 \\ \vdots \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \vdots \\ 0.341 \\ 0.338 \\ 0.335 \\ 0.332 \\ 0.329 \\ 0.326 \\ 0.324 \\ 0.321 \\ 0.318 \\ 0.316 \\ 0.313 \\ 0.31 \\ 0.308 \\ \vdots \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \vdots \\ 127 \\ 128 \\ 129 \\ 130 \\ 131 \\ 132 \\ 133 \\ 134 \\ 135 \\ 136 \\ 137 \\ 138 \\ \vdots \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \vdots \\ 8.803 \cdot 10^6 \\ 8.787 \cdot 10^6 \\ 8.771 \cdot 10^6 \\ 8.756 \cdot 10^6 \\ 8.741 \cdot 10^6 \\ 8.725 \cdot 10^6 \\ 8.711 \cdot 10^6 \\ 8.696 \cdot 10^6 \\ 8.682 \cdot 10^6 \\ 8.668 \cdot 10^6 \\ 8.654 \cdot 10^6 \\ 8.64 \cdot 10^6 \\ \vdots \end{bmatrix}$



✓ SÍNTESIS ANALÍTICA

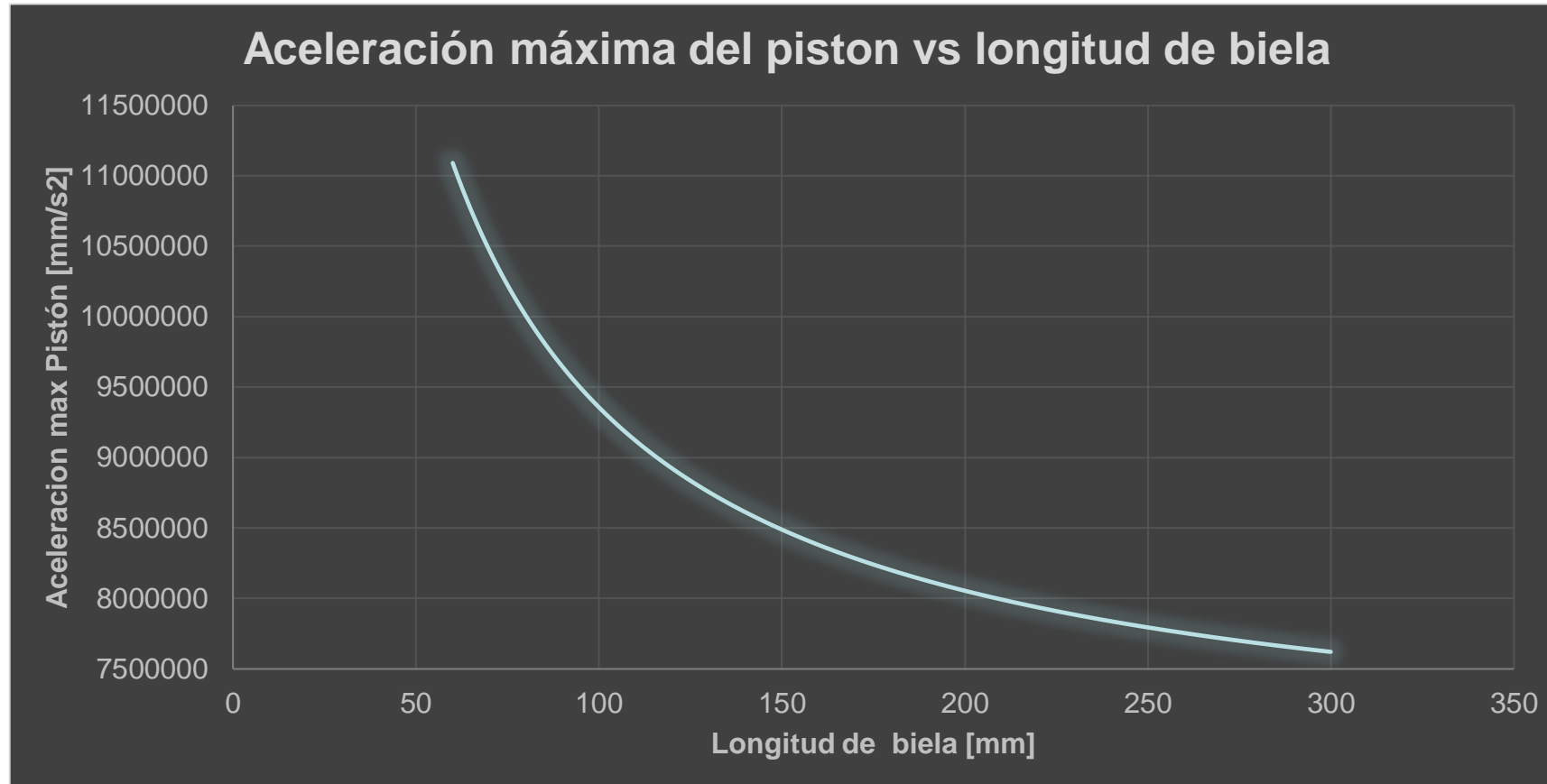
Longitud de la biela (l)	Relación biela manivela	Aceleración máxima del pistón	Longitud de la manivela (s)	Carrera del pistón (p)	Longitud del eslabón fijo (q)
mm	adm	mm/s ²	mm	mm	mm
115	0,334782609	9016718,007	38,5	77	76,5
116	0,331896552	8997222,127	38,5	77	77,5
117	0,329059829	8978059,51	38,5	77	78,5
118	0,326271186	8959221,683	38,5	77	79,5
119	0,323529412	8940700,457	38,5	77	80,5
120	0,320833333	8922487,919	38,5	77	81,5
121	0,318181818	8904576,415	38,5	77	82,5
122	0,31557377	8886958,542	38,5	77	83,5
123	0,31300813	8869627,139	38,5	77	84,5
124	0,310483871	8852575,274	38,5	77	85,5
125	0,308	8835796,239	38,5	77	86,5
126	0,305555556	8819283,538	38,5	77	87,5
127	0,303149606	8803030,879	38,5	77	88,5
128	0,30078125	8787032,168	38,5	77	89,5
129	0,298449612	8771281,5	38,5	77	90,5
130	0,296153846	8755773,149	38,5	77	91,5
131	0,29389313	8740501,567	38,5	77	92,5
132	0,291666667	8725461,372	38,5	77	93,5
133	0,289473684	8710647,346	38,5	77	94,5
134	0,287313433	8696054,425	38,5	77	95,5
135	0,285185185	8681677,695	38,5	77	96,5
136	0,283088235	8667512,388	38,5	77	97,5
137	0,281021898	8653553,873	38,5	77	98,5

La relación manivela biela, según el criterio de la suposición de Pulkrabek, el valor resultante no puede ser mayor a 0.33, dando a entender que la biela puede tomar valores de su longitud a partir desde los 117 mm para que el eslabón manivela pueda rotar los 360°



La aceleración máxima del pistón considerando los parámetros del mecanismo es 8710647,346 mm/s²





Cuando la longitud de la biela tiende al 0 la aceleración del pistón va incrementando de tal manera que en una cierta longitud de la biela la aceleración del pistón se eleva exponencialmente y podría producirse que el mecanismo se embale.

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones**
- 7 Recomendaciones



Mediante la síntesis grafica generación de funciones se estableció una serie de pasos donde se detalla la secuencia y lógica para ir obteniendo los valores correspondientes a las longitudes de los eslabones del mecanismo manivela biela pistón, por lo que se utilizó conceptos de geometría para la correcta síntesis del mecanismo

Para comprobar que el movimiento del mecanismo biela manivela de un motor de gasolina de tres cilindros es correcto se necesita emplear conceptos de movilidad y ley de Grashof para afirmar que es un mecanismo y por lo menos un eslabón tendrá a rotar 360° siendo este el eslabón 2, mientras que el eslabón 4 o de salida se desplaza conforme a la rotación del eslabón de entrada



Al utilizar conceptos cinemáticos como de posición, velocidad, aceleración y conceptos de condiciones límites se facilita la solución por síntesis analítica, debido a que la síntesis es lo contrario al análisis cinemático, pero es indispensable para la solución mediante síntesis

Se debe conocer al menos dos parámetros de entrada del mecanismo manivela biela corredera, como la carrera deseada, la velocidad angular del mecanismo o la aceleración máxima del pistón deseada por el usuario o cliente, para definir mediante síntesis los parámetros como son longitudes de los eslabones

Al considerar el criterio de suposición de Pulkrabek, se estableció que la longitud mínima que podría llegar a tener el eslabón 3 o biela, por lo que se obtuvieron resultados de la incidencia de la longitud de la biela respecto a la aceleración



- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



➤ RECOMENDACIONES

A medida de realizar alguna comparación para el estudio de síntesis del mecanismo manivela biela pistón, se recomienda realizar la síntesis de otro mecanismo biela manivela con la diferencia que este sea excéntrico para denotar la diferencia de las posibles soluciones

Es recomendable emplear otros programas computacionales como es el Matlab ya que se podría generar programas relacionados a la solución de síntesis específicamente del mecanismo manivela biela corredera mediante solo se ingresen los requerimientos a cumplir el mecanismo y arroje resultados inmediatamente.



Se recomienda tener en cuenta las condiciones límites del mecanismo ya que facilita la solución mediante síntesis, y ayuda a despejar variables que podrían causar confusión y problemas al querer resolver el problema de síntesis.



¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA