

4.15 REFERENCIAS

- 1 **Waldron, K. J. y S. V. Sreenivasan** (1996). "A Study of the Solvability of the Position Problem for Multi-Circuit Mechanisms by Way of Example of the Double Butterfly Linkage". *Journal of Mechanical Design*, **118**(3), p. 390.
- 2 **Chase, T. R. y J. A. Mirth** (1993). "Circuits and Branches of Single-Degree-of-Freedom Planar Linkages". *Journal of Mechanical Design*, **115**, p. 223.
- 3 **Kramer, G.** (1992). *Solving Geometric Constraint Systems: A Case Study in Kinematics*. MIT Press: Cambridge, pp. 155-158.
- 4 **Press, W. H. et al.** (1986). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press: Cambridge, pp. 145-146.
- 5 *Ibid.*, pp. 254-273.
- 6 **Chasles, M.** (1830). "Note Sur les Proprietes Generales du Systeme de Deux Corps Semblables entr'eux (Nota sobre las propiedades generales de un sistema de dos cuerpos similares combinados)". *Bulletin de Sciences Mathematiques, Astronomiques Physiques et Chimiques, Baron de Ferussac*, París, pp. 321-326.
- 7 **Ceccarelli, M.** (2000). "Screw Axis Defined by Giulio Mozzi in 1763 and Early Studies on Helicoidal Motion." *Mechanism and Machine Theory*, **35**, pp. 761-770.
- 8 **Mozzi, G.** (1763). *Discorso matematico sopra il rotamento momentaneo dei corpi (Tratado matemático sobre el giramiento momentáneo de los cuerpos)*.
- 9 **Raven, F. H.** (1958). "Velocity and Acceleration Analysis of Plane and Space Mechanisms by Means of Independent-Position Equations." *Trans ASME*, **25**, pp. 1-6.
- 10 **Wampler, C. W.** (1999). "Solving the Kinematics of Planar Mechanisms". *Journal of Mechanical Design*, **121**(3), pp. 387-391.

4.16 PROBLEMAS*

- 4-1 Se define un vector de posición con su longitud igual a su altura en pulgadas (o centímetros). La tangente de su ángulo se define como su peso en libras (o kilogramos) dividida entre su edad en años. Calcule los datos para este vector y:
 - a) Dibuje el vector de posición a escala en ejes cartesianos.
 - b) Escriba una expresión para el vector de posición con notación vectorial unitaria.
 - c) Escriba una expresión para el vector de posición con notación de números complejos, tanto en forma polar como en cartesiana.
- 4-2 Una partícula viaja a lo largo de un arco de 6.5 pulgadas de radio. El centro del arco está en el origen de un sistema de coordenadas. Cuando la partícula está en la posición *A*, su vector de posición forma un ángulo de 45° con el eje *X*. En la posición *B*, su vector forma un ángulo de 75° con el eje *X*. Dibuje este sistema a una escala conveniente y:
 - a) Escriba una expresión para el vector de posición de la partícula en la posición *A* mediante notación de números complejos, tanto en forma polar como cartesiana.
 - b) Escriba una expresión para el vector de posición de la partícula en la posición *B* mediante notación de números complejos, tanto en forma polar como cartesiana.
 - c) Escriba una ecuación vectorial para la diferencia de posición entre los puntos *A* y *B*. Sustituya la notación de números complejos para los vectores en esta ecuación y resuélvala para la diferencia de posición numéricamente.
 - d) Revise el resultado del inciso c) con un método gráfico.
- 4-3 Repita el problema 4-2 si considera que los puntos *A* y *B* representan partículas distintas, y encuentre su posición relativa.
- 4-4 Repita el problema 4-2 con la trayectoria de la partícula definida a lo largo de la línea $y = -2x + 10$.
- 4-5 Repita el problema 4-3 con la trayectoria de la partícula definida a lo largo de la línea $y = -2x^2 - 2x + 10$.
- *4-6 Las longitudes de los eslabones y el valor de θ_2 para algunos mecanismos de cuatro barras se definen en la tabla P4-1. La configuración y terminología del mecanismo se muestran en la figura

* Las figuras de estos problemas vienen como archivos PDF y algunos también como archivos animados AVI y Working Model, todos incluidos en el DVD. Los nombres de los archivos PDF son los mismos que el número de la figura. Ejecute el archivo *Animations.html* para acceder y ejecutar las animaciones.

TABLA P4-0

Tema/Matriz de problema

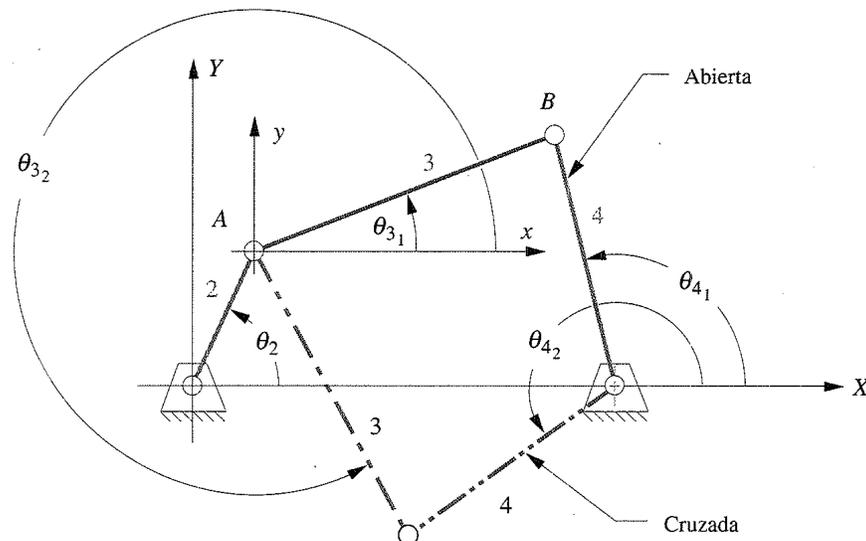
4.2 Posición y desplazamiento	4-53, 4-57
4.5 Análisis de posición de un mecanismo de cuatro barras	4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5
Cuatro barras	gráfico 4-6
Análítico	4-7, 4-8, 4-18d, 4-24, 4-36, 4-39, 4-42, 4-45, 4-48, 4-51, 4-58, 4-59
4.6 Solución de posición de un mecanismo de cuatro barras de manivela-corredera	Gráfico
	4-9
	Análítico
	4-10, 4-18c, 4-18f, 4-18h, 4-20
4.7 Solución de posición de un mecanismo de cuatro barras de corredera-manivela	Gráfico
	4-60
	Análítico
	4-61
4.8 Solución de posición de un mecanismo de manivela-corredera invertido	Gráfico
	4-11
	Análítico
	4-12, 4-48
4.9 Mecanismos de más de cuatro barras	Gráfico GFBM
	4-16
	Análítico GFBM
	4-17
	Seis barras
	4-34, 4-36, 4-37, 4-39, 4-40, 4-42, 4-49, 4-51
	Ocho barras
	4-43, 4-45
4.10 Posición de cualquier punto en un mecanismo	4-19, 4-22, 4-23, 4-46
4.11 Ángulos de transmisión	4-13, 4-14, 4-18b, 4-18e, 4-35, 4-38, 4-41, 4-44, 4-47, 4-50, 4-54
4.12 Posiciones de agarrotamiento	4-15, 4-18a, 4-18g, 4-21, 4-25, 4-26, 4-27, 4-28, 4-29, 4-30, 4-52, 4-55, 4-56
4.14 Método de solución de Newton-Raphson	4-31, 4-32, 4-33

TABLA P4-1 Datos para los problemas 4-6, 4-7 y 4-13 a 4-15

Fila	Eslabón 1	Eslabón 2	Eslabón 3	Eslabón 4	θ_2
a	6	2	7	9	30
b	7	9	3	8	85
c	3	10	6	8	45
d	8	5	7	6	25
e	8	5	8	6	75
f	5	8	8	9	15
g	6	8	8	9	25
h	20	10	10	10	50
i	4	5	2	5	80
j	20	10	5	10	33
k	4	6	10	7	88
l	9	7	10	7	60
m	9	7	11	8	50
n	9	7	11	6	120

P4-1. Para las filas asignadas, dibuje el mecanismo a escala y encuentre gráficamente todas las soluciones posibles (tanto abiertas como cerradas) para los ángulos θ_3 y θ_4 . Determine la condición de Grashof.

- *†4-7 Repita el problema 4-6, pero resuélvalo mediante el método de lazo vectorial.
- 4-8 Expanda la ecuación 4.7b y demuestre que se reduce a la ecuación 4-7c (p. 129).
- *4-9 Las longitudes de eslabón y el valor de θ_2 y descentrado de algunos mecanismos de cuatro barras manivela-corredera se proporcionan en la tabla P4-2. La configuración y terminología de los mecanismos se muestran en la figura P4-2. Para las filas asignadas, dibuje el mecanismo a escala y encuentre gráficamente todas las posibles soluciones (tanto abiertas como cerradas) para el ángulo θ_3 y la posición d de la corredera.
- *†4-10 Repita el problema 4-9, pero resuélvalo mediante el método de lazo vectorial.
- *4-11 Las longitudes de eslabón y el valor de θ_2 y γ de algunos mecanismos de cuatro barras manivela-corredera se dan en la tabla P4-3 (p. 151). La configuración y terminología de los mecanismos se muestran en la figura P4-3 (p. 151). Para las filas asignadas, dibuje el mecanismo a escala y encuentre gráficamente tanto las soluciones abiertas como cerradas para los ángulos θ_3 y θ_4 y el vector \mathbf{R}_B .
- *†4-12 Repita el problema 4-11 y resuélvalo mediante el método del lazo vectorial.
- *†4-13 Encuentre los ángulos de transmisión de los mecanismos en las filas asignadas en la tabla P4-1.
- *†4-14 Encuentre los valores mínimo y máximo del ángulo de transmisión de todos los mecanismos de Grashof de manivela-balancín en la tabla P4-1.
- *†4-15 Encuentre los ángulos de entrada correspondientes a las posiciones de inmovilidad de los mecanismos no Grashof en la tabla P4-1. (Para este problema, ignore los valores de θ_2 dados en la tabla.)



* Las figuras de estos problemas vienen como archivos PDF y algunos también como archivos animados AVI y Working Model, todos incluidos en el DVD. Los nombres de los archivos PDF son los mismos que el número de la figura. Ejecute el archivo *Animations.html* para acceder y ejecutar las animaciones.

FIGURA P4-1* Problemas 4-6 a 4-7. Configuración general y terminología de mecanismos de cuatro barras

TABLA P4-2 Datos para los problemas 4-9 a 4-10

Fila	Eslabón 2	Eslabón 3	Descentrado	θ_2
a	1.4	4	1	45
b	2	6	-3	60
c	3	8	2	-30
d	3.5	10	1	120
e	5	20	-5	225
f	3	13	0	100
g	7	25	10	330

TABLA P4-3 Datos para los problemas 4-11 a 4-12

Fila	Eslabón 1	Eslabón 2	Eslabón 4	γ	θ_2
a	6	2	4	90	30
b	7	9	3	75	85
c	3	10	6	45	45
d	8	5	3	60	25
e	8	4	2	30	75
f	5	8	8	90	150

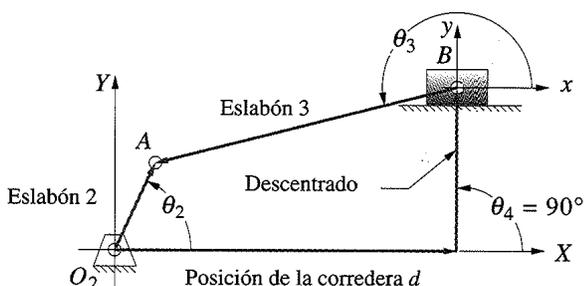


FIGURA P4-2 Problemas 4-9, 4-10, 4-60, 4-61 Configuración abierta y terminología de un mecanismo de cuatro barras manivela-corredera

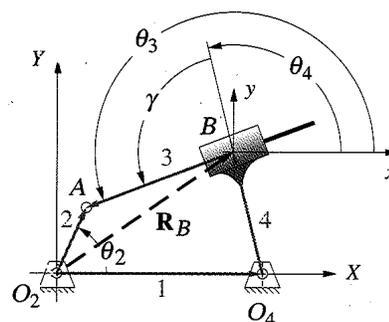


FIGURA P4-3 Problemas 4-11 a 4-12 Terminología de la inversión número 3 del mecanismo de cuatro barras manivela-corredera

- *4-16 Las longitudes de eslabón, la relación de engranes (λ), el ángulo de fase (ϕ) y el valor de θ_2 de algunos mecanismos de cinco barras engranados se dan en la tabla P4-4. La configuración y terminología de los mecanismos se muestran en la figura P4-4. Para las filas asignadas, dibuje el mecanismo a escala y encuentre gráficamente todas las soluciones posibles para los ángulos θ_3 y θ_4 .
- *†4-17 Repita el problema 4-16, pero resuélvalo con el método de lazo vectorial.
- 4-18 La figura P4-5 (p. 152) muestra los mecanismos de los siguientes problemas, cada uno de los cuales se refiere a la parte de la figura que tiene la misma letra. Refiera todos los ángulos calculados a los ejes XY globales.

* Respuestas en el apéndice F.
 † Estos problemas pueden resolverse con el programa *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver*. En la mayoría de los casos su solución puede verificarse con el programa *LINKAGES*.

- a) El ángulo entre los ejes X y x es de 25° . Encuentre el desplazamiento angular del eslabón 4 cuando el eslabón 2 gira en el sentido de las manecillas del reloj de la posición mostrada ($+37^\circ$) a la horizontal (0°). ¿Cómo varía el ángulo de transmisión y cuál es su valor máximo entre las dos posiciones? Encuentre las posiciones de agarrotamiento de este mecanismo en función del ángulo del eslabón 2.

TABLA P4-4 Datos para los problemas 4-16 a 4-17

Fila	Eslabón 1	Eslabón 2	Eslabón 3	Eslabón 4	Eslabón 5	λ	ϕ	θ_2
a	6	1	7	9	4	2	30	60
b	6	5	7	8	4	-2.5	60	30
c	3	5	7	8	4	-0.5	0	45
d	4	5	7	8	4	-1	120	75
e	5	9	11	8	8	3.2	-50	-39
f	10	2	7	5	3	1.5	30	120
g	15	7	9	11	4	2.5	-90	75
h	12	8	7	9	4	-2.5	60	55
i	9	7	8	9	4	-4	120	100

Relación de engranes $\lambda = \pm \frac{r_2}{r_5}$
 Ángulo de fase $\phi = \theta_5 - \lambda\theta_2$

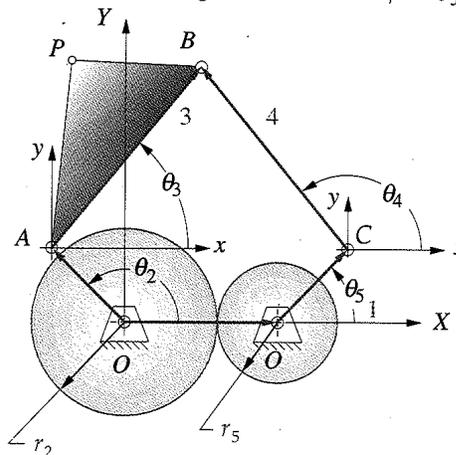
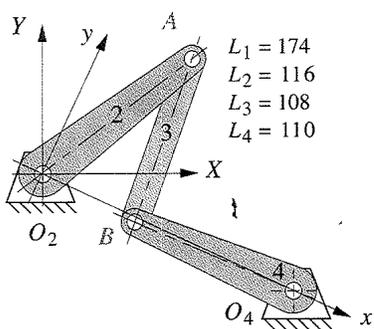
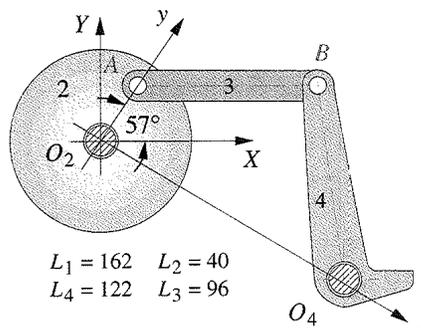


FIGURA P4-4 Problemas 4-16 a 4-17 Configuración abierta y terminología del mecanismo de cinco barras engranado

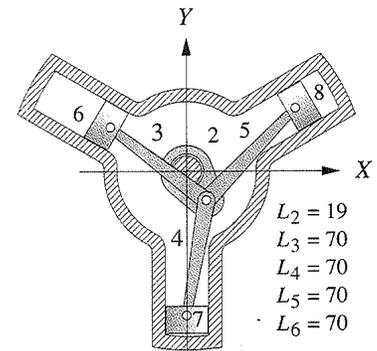
- b) Encuentre y grafique las posiciones angulares de los eslabones 3 y 4, y el ángulo de transmisión en función del ángulo del eslabón 2 cuando éste gira una revolución.
- c) Encuentre y grafique la posición de cualquier pistón en función del ángulo del eslabón 2 conforme gira una revolución. Una vez que se define el movimiento del pistón, encuentre los movimientos de los otros dos pistones y su relación de fase con el primero.
- d) Encuentre el desplazamiento angular total del eslabón 3 y la carrera total del cubo cuando el eslabón 2 realiza una revolución completa.
- e) Determine la relación de desplazamiento angular entre los eslabones 8 y 2 en función del desplazamiento angular de la manivela de entrada 2. Grafique el ángulo de transmisión en el punto B para una revolución de la manivela 2. Comente sobre el comportamiento de este mecanismo. ¿Puede realizar una revolución completa como se muestra?
- f) Encuentre y grafique el desplazamiento del pistón 4 y el desplazamiento angular del eslabón 3 en función del desplazamiento angular de la manivela 2.



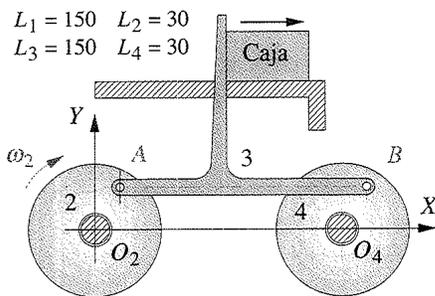
a) Mecanismo de cuatro barras



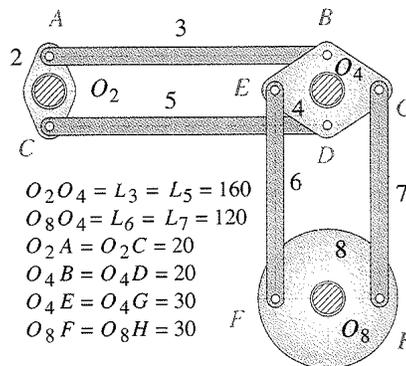
b) Mecanismo de cuatro barras



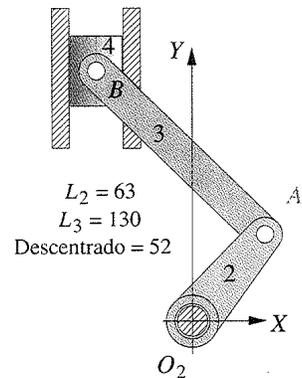
c) Compresor radial



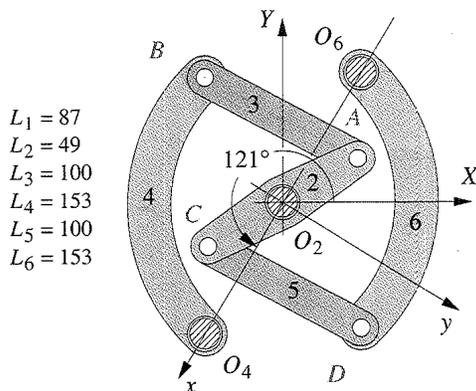
d) Transportadora de viga oscilante



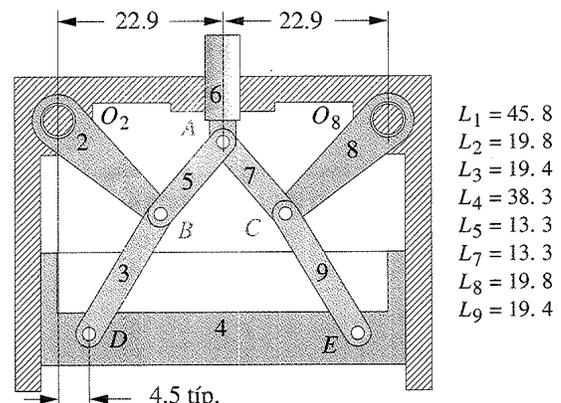
e) Mecanismo de cigüeñal o palanca angular



f) Manivela-corredera descentradas



g) Mecanismo de freno de tambor



h) Mecanismo simétrico

Todas las cotas en mm

FIGURA P4-5 Mecanismos del problema 4-18 Adaptado de P.H. Hill y W.P. Rule (1960). Mechanisms: Analysis and Design, con permiso

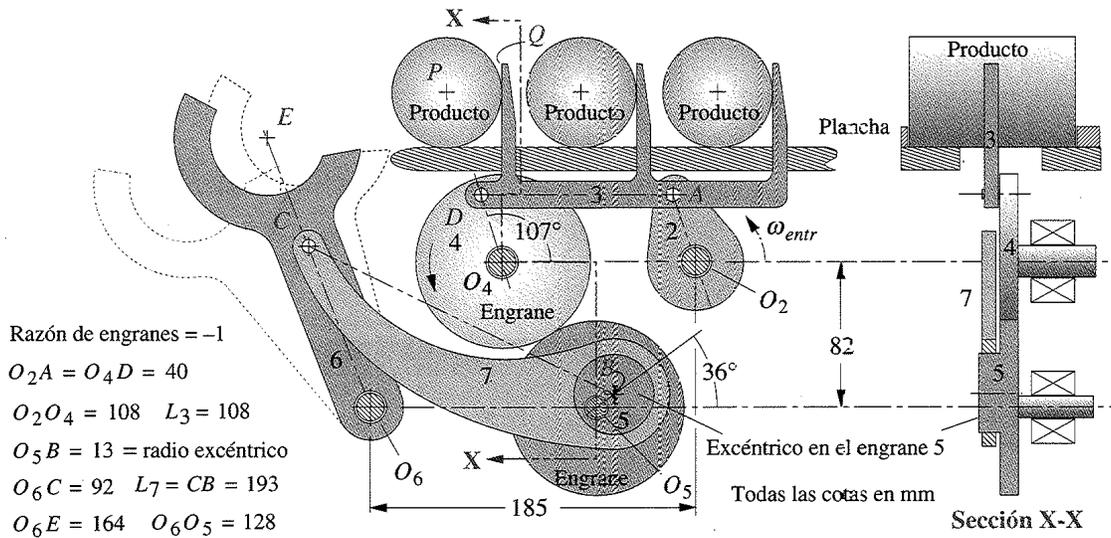


FIGURA P4-6 Problema 4-19 Indexador de viga oscilante con mecanismo para recoger y colocar. Adaptado de P. H. Hill y W. P. Rule (1960). *Mechanisms: Analysis and Design*, con autorización

- g) Encuentre y grafique el desplazamiento angular del eslabón 6 contra el ángulo del eslabón de entrada 2 cuando gira de la posición mostrada (+33°) a la posición vertical (+90°). Encuentre las posiciones de agorrotamiento de este mecanismo en función del ángulo del eslabón 2.
- h) Encuentre el desplazamiento máximo del eslabón 4 verticalmente hacia abajo de la posición mostrada. ¿Cuál será el ángulo del eslabón de entrada 2 en esa posición?

†4-19 Para una revolución del eslabón motriz 2 del mecanismo de recoger y colocar indexador de viga oscilante en la figura P4-6, encuentre la carrera horizontal del eslabón 3 para la parte de su movimiento, donde sus puntas quedan arriba de la parte superior de la plancha. Exprese la carrera como un porcentaje de la longitud de la manivela O_2A . ¿A qué parte de una revolución del eslabón 2 corresponde esta carrera? Encuentre además el desplazamiento angular total del eslabón 6 con una revolución del eslabón 2. La distancia vertical de la línea AD a la parte superior de la plancha es de 64 mm. La distancia vertical de la línea AD a la esquina superior izquierda Q del dedo que empuja que está más a la izquierda es de 73 mm. La distancia horizontal del punto A a Q es de 95 mm.

†4-20 La figura P4-7 muestra una sierra mecánica, utilizada para cortar metal. El eslabón 5 gira en O_5 y su peso hace que la hoja de la sierra se ponga en contacto con la pieza de trabajo mientras que el eslabonamiento hace que la hoja (eslabón 4) se mueva hacia delante y hacia atrás sobre el eslabón 5 para cortar la pieza. Es un mecanismo de manivela-corredera descentrada. Las dimensiones se muestran en la figura. Para una revolución del eslabón motriz 2 de la sierra en la carrera de corte, encuentre y grafique la carrera horizontal de la hoja de la sierra en función del ángulo del eslabón 2.

*†4-21 Para el mecanismo mostrado en la figura P4-8, encuentre sus posiciones límite (estacionaria) en función del ángulo del eslabón O_2A referido a la línea de centros O_2O_4 cuando es impulsado por el

† Estos problemas pueden resolverse con el programa *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver*. En la mayoría de los casos su solución puede verificarse con el programa *LINKAGES*.

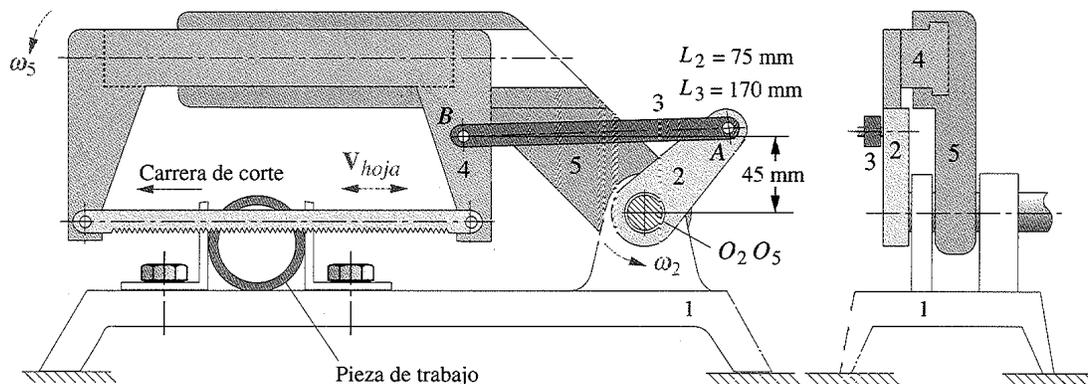


FIGURA P4-7 Problema 4-20 Sierra mecánica. Adaptado de P. H. Hill y W. P. Rule (1960). *Mechanisms: Analysis and Design*, con permiso

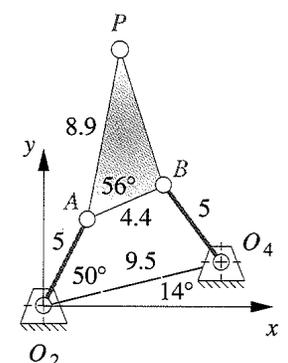


FIGURA P4-8 Problema 4-21

- †4-28 Para el mecanismo de balancín y manivela mostrado en la figura P4-14, encuentre el desplazamiento angular máximo posible para el eslabón del pedal (al cual se aplica la fuerza F). Determine las posiciones límite. ¿Cómo funciona? Explique por qué la rueda rectificadora es capaz de girar por completo a pesar de las posiciones de agarrotamiento cuando es impulsada por el pedal. ¿Cómo haría que se moviera si estuviera en una posición de agarrotamiento?
- *†4-29 Para el mecanismo mostrado en la figura P4-15, encuentre sus posiciones límite (estacionarias) en función del ángulo del eslabón O_2A con respecto a la línea de centros O_2O_4 cuando es impulsado por el eslabón O_2A . En seguida, calcule y grafique el desplazamiento angular de los eslabones 3 y 4 y las coordenadas de la trayectoria del punto P entre esos límites, con respecto al ángulo de la manivela de entrada O_2A a lo largo de su posible rango de movimiento con respecto a la línea de centros O_2O_4 .
- *†4-30 Para el mecanismo mostrado en la figura P4-15, encuentre sus posiciones límite (estacionarias) en función del ángulo del eslabón O_4B con respecto a la línea de centros O_4O_2 cuando es impulsado por el eslabón O_4B . En seguida, calcule y grafique el desplazamiento angular de los eslabones 2 y 3 y las coordenadas de la trayectoria del punto P entre esos límites, con respecto al ángulo de la manivela de entrada O_4B a lo largo de su posible rango de movimiento con respecto a la línea de centros O_4O_2 .
- *†4-31 Escriba un programa de computadora (o utilice una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver*) para encontrar las raíces de $y = 9x^2 + 50x - 40$. (Sugerencia: Grafique la función para determinar buenos valores supuestos.)
- †4-32 Escriba un programa de computadora (o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver*) para encontrar las raíces de $y = -x^3 - 4x^2 + 80x - 40$. (Sugerencia: Grafique la función para determinar buenos valores supuestos.)
- †4-33 La figura 4-18 (p. 157) muestra una gráfica de la función cúbica de la ecuación 4.38. Escriba un programa de computadora (o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para resolver la ecuación matricial) para investigar el comportamiento del algoritmo de Newton-Raphson conforme varía el valor inicial supuesto de $x = 1.8$ a 2.5 en incrementos de 0.1 . Determine el valor supuesto con el cual la convergencia cambia raíces. Explique estos fenómenos de cambio de raíces con base en observaciones de este ejercicio.
- †4-34 Escriba un programa de computadora o utilice una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición angular del eslabón 4 y la posición de la corredera 6 en la figura 3-33 (p. 106) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-35 Escriba un programa de computadora o utilice una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar los ángulos de transmisión en los puntos B y C del mecanismo mostrado en la figura 3-33 (p. 106) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-36 Escriba un programa de computadora o utilice un solucionador de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la trayectoria del punto de acoplador del mecanismo en línea recta que se muestra en la figura 3-29f (p. 99). (Utilice LINKAGES para verificar su resultado.)
- †4-37 Escriba un programa de computadora o utilice una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición angular del eslabón 6 mostrado en la figura 3-34 (p. 107) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-38 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar los ángulos de transmisión de los puntos B , C y D del mecanismo mostrado en la figura 3-34 (p. 107) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-39 Escriba un programa de computadora o utilice un solucionador de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la trayectoria del punto de acoplador del mecanismo en línea recta que se muestra en la figura 3-29g (p. 99). (Utilice LINKAGES para verificar su resultado.)
- †4-40 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición angular del eslabón 6 mostrado en la figura 3-35 (p. 107) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-41 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar los ángulos de transmisión en los puntos B , C y D del mecanismo mostrado en la figura 3-35 (p. 107) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- 4-42 Escriba un programa de computadora o utilice un solucionador de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la trayectoria del punto del acoplador del mecanismo en línea recta que se muestra en la figura 3-29h (p. 99). (Utilice LINKAGES para verificar su resultado.)

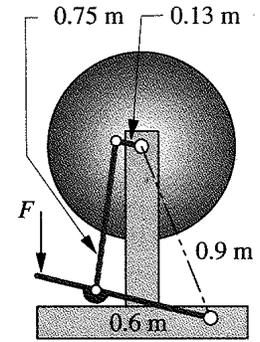


FIGURA P4-14 Problema 4-28

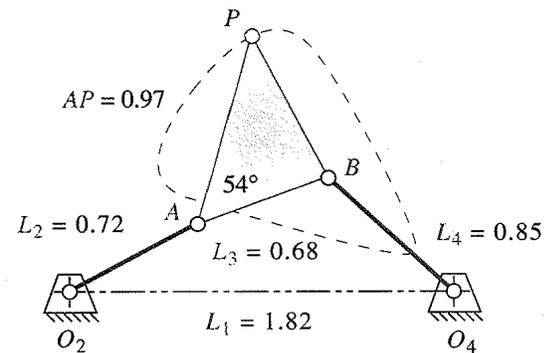


FIGURA P4-15 Problemas 4-29 a 4-30

* Respuestas en el apéndice F.
 † Estos problemas pueden resolverse con el programa *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver*. En la mayoría de los casos su solución puede verificarse con el programa LINKAGES.

- *4-43 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición angular del eslabón 8 mostrado en la figura 3-36 (p. 108) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- *4-44 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar los ángulos de transmisión en los puntos *B*, *C*, *D*, *E* y *F* del mecanismo mostrado en la figura 3-36 (p. 108) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-45 Modele el mecanismo que se muestra en la figura 3-37a (p. 108) en *LINKAGES*. Exporte las coordenadas de la curva del acoplador a *EXCEL* y calcule la función de error contra un círculo verdadero.
- †4-46 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la trayectoria del punto *P* mostrado en la figura 3-37a (p. 108) en función del ángulo del eslabón de entrada 2. También grafique la variación (error) de la trayectoria del punto *P* contra la del punto *A*, es decir, ¿qué tanto se aproxima a un círculo perfecto la trayectoria del punto *P*?
- †4-47 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar los ángulos de transmisión en el punto *B* del mecanismo mostrado en la figura 3-37a (p. 108) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-48 En la figura 3-29f (p. 99) se muestra el mecanismo de Evans en línea recta aproximada #1. Determine el rango de movimiento del eslabón 2 para el cual el punto *P* no varía más de 0.0025 desde la línea recta $x = 1.690$ en un sistema de coordenadas con origen en O_2 y su eje x rotado 60° desde O_2O_4 .
- †4-49 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la trayectoria del punto *P* en la figura 3-37b (p. 108) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.
- †4-50 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar los ángulos de transmisión en los puntos *B*, *C* y *D* del mecanismo mostrado en la figura 3-37b (p. 100) en función del ángulo del eslabón de entrada 2.

* Respuestas en el apéndice F.
 † Estos problemas pueden resolverse con el programa *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver*. En la mayoría de los casos su solución puede verificarse con el programa *LINKAGES*.

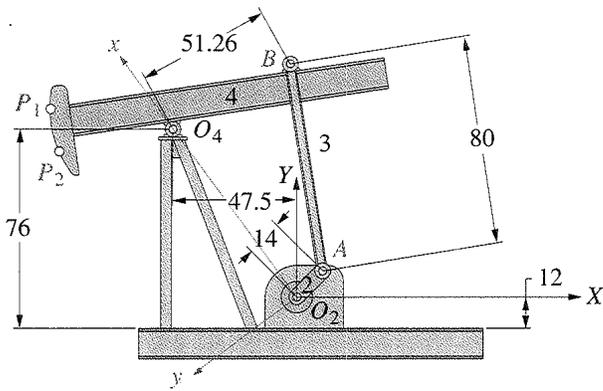


FIGURA P4-16 Problemas 4-52 a 4-54 Bomba de campo petrolero, cotas en pulgadas

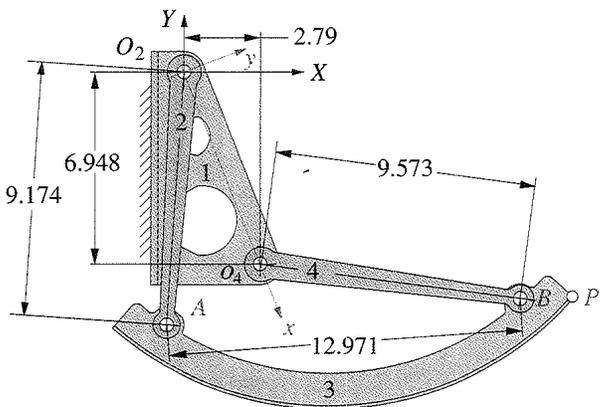


FIGURA P4-17 Problemas 4-55 a 4-57 Mecanismo de compartimiento de equipaje de cabina de avión, cotas en pulgadas

- †4-51 En la figura 3-29g (p. 99) se muestra el mecanismo de Evans en línea recta aproximada #2. Determine el rango de movimiento del eslabón 2 para el cual el punto *P* no varía más de 0.005 desde la línea recta $x = -0.500$ en un sistema de coordenadas con origen en O_2 y su eje x rotado 30° desde O_2O_4 .
- 4-52 En el mecanismo mostrado en la figura P4-16, ¿cuáles son los ángulos que el eslabón 2 forma con el eje X positivo cuando los eslabones 2 y 3 están en las posiciones de agarrotamiento?
- 4-53 Las coordenadas del punto P_1 en el eslabón 4 en la figura P4-16 son (114.68, 33.19) con respecto al sistema de coordenadas xy cuando el eslabón 2 está en la posición mostrada. Cuando el eslabón 2 está en otra posición las coordenadas del punto P_2 con respecto al sistema xy son (100.41, 43.78). Calcule las coordenadas del punto P_1 y P_2 en el sistema XY para las dos posiciones del eslabón 2. ¿Cuál es la característica sobresaliente de las coordenadas de P_1 y P_2 en el sistema XY ?
- †4-54 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición angular del eslabón 4 con respecto al sistema de coordenadas XY y el ángulo de transmisión en el punto *B* del mecanismo mostrado en la figura P4-16 en función del ángulo del eslabón 2 con respecto al sistema XY .
- 4-55 Para el mecanismo de la figura P4-17, calcule la rotación máxima en el sentido de las manecillas del reloj del eslabón 2 a partir de la posición mostrada, la cual está a -26° con respecto al sistema de coordenadas xy local. ¿Qué ángulos giran los eslabones 3 y 4 con la excursión del eslabón 2?
- †4-56 Escriba un programa de computadora o use una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición del punto *P* del acoplador del mecanismo mostrado en la figura P4-17 con respecto al sistema de coordenadas XY en función del ángulo del eslabón 2 con respecto al sistema XY . La posición del punto *P* del acoplador en el eslabón 3 con respecto al punto *A* es: $p = 15.00$, $\delta_3 = 0^\circ$.

- 4-57 Para el mecanismo mostrado en la figura P4-17, calcule las coordenadas del punto P en el sistema de coordenadas XY si sus coordenadas en el sistema xy son $(12.816, 10.234)$.
- †4-58 El compás de barra elíptica mostrado en la figura P4-18 debe ser impulsado al hacer girar el eslabón 3 una circunferencia completa. Derive expresiones analíticas para las posiciones de los puntos A , B y el punto C en el eslabón 3 a medio camino entre A y B en función de θ_3 y la longitud AB del eslabón 3. Use una ecuación de lazo vectorial. (*Sugerencia:* Coloque el origen global fuera del mecanismo, de preferencia abajo y a la izquierda y use un total de 5 vectores.) Codifique su solución en una calculadora de ecuaciones como *Mathcad*, *Matlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la trayectoria del punto C con una revolución del eslabón 3.
- †4-59 En la figura P4-19 se muestra un mecanismo que comúnmente se utiliza como bisagra para puertas de gabinete. Escriba un programa de computadora o utilice un solucionador de ecuaciones como *Mathcad*, *Mathlab* o *TKSolver* para calcular y graficar la posición angular del eslabón 6 en la figura P4-19 como una función del ángulo de entrada del eslabón 2. $O_2O_4 = AB = BC = DE = 1$. $O_2A = O_4B = BE = CD = 1.75$. $O_4C = AE = 2.60$. (*Sugerencia:* Debido a que la geometría del mecanismo es sencilla y simétrica, el análisis puede realizarse con trigonometría simple.)
- 4-60 En la tabla P4-5 se definen las longitudes de eslabón y el valor de d para algunos eslabonamientos de cuatro barras de corredera-manivela. En la figura 4-2 (p. 124) se muestran la configuración y terminología del eslabonamiento. Para las filas asignadas, dibuje el eslabonamiento a escala y encuentre gráficamente todas las soluciones posibles (tanto abiertas como cruzadas) para los ángulos θ_2 y θ_3 .

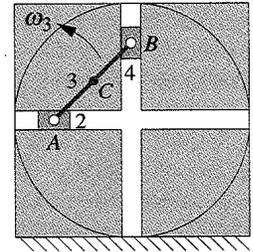


FIGURA P4-18 Compás de barra elíptica, problema 4-58

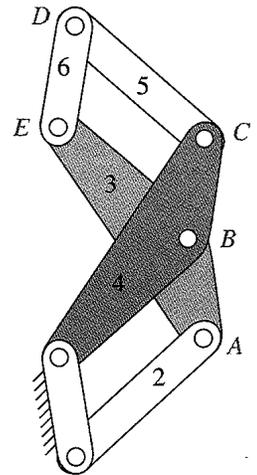


FIGURA P4-19 Problema 4-59

TABLA P4-5 Datos para los problemas 4-60 a 4-61

Fila	Eslabón 2	Eslabón 3	Desviación	d
a	1.4	4	1	2.5
b	2	6	-3	5
c	3	8	2	8
d	3.5	10	1	-8
e	5	20	-5	15
f	3	13	0	-12
g	7	25	10	25

- 4-61 Repita el problema 4-60, pero resuélvalo con el método del lazo vectorial.

† Observe que éstos pueden ser problemas largos de resolver y puede que sean más apropiados para una asignación de proyecto que para un problema de un día para otro. En la mayoría de los casos su solución puede verificarse con el programa LINKAGES.