

UA: ANÁLISIS DE MECANISMOS

AÑO DE ELABORACIÓN: 2018

HORAS TEÓRICAS	3.0
HORAS PRÁCTICAS	1.0
TOTAL DE HORAS	4.0
CRÉDITOS INSTITUCIONALES	7.0
TÍTULO DEL MATERIAL	Introducción
TIPO DE UNIDAD DE APRENDIZAJE	Curso
CARÁCTER DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE	Obligatoria
NÚCLEO DE FORMACIÓN	Integral
PROGRAMA EDUCATIVO	Ingeniería Mecánica
ESPACIO ACADÉMICO	Facultad de Ingeniería
RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	Juan Carlos Posadas Basurto

ÍNDICE

	Página
Presentación	1
Estructura de la unidad de aprendizaje	2
Contenido de la presentación	4
1.1 Conceptos generales	6
1.2 Terminología	10
Pares inferiores	11
Pares superiores	12
Cadena cinemática	13
Diagrama cinemático	16
1.3 Grado de libertad	18

	página
Paradojas de Gruebler	21
Teorema de Grashof	22
Clasificación de Barker	24
Isómeros	26
Inversión cinemática	27
Cognados	29
I.4 Proceso de diseño de un mecanismo	33
Fases del proceso de diseño	34
Bibliografía	37

PRESENTACIÓN

- La Unidad de Aprendizaje Análisis de Mecanismos es obligatoria y se sugiere cursarla en el sexto período.
- No tiene antecedente seriado pero se da un curso de Síntesis de Mecanismos en el octavo periodo donde el discente obtiene longitudes y ángulos en diferentes posiciones del movimiento propuesto para mecanismos aplicando el software adecuado para su evaluación.
- Se sugiere que el discente tenga conocimientos de dinámica, estática, mecánica clásica y resolución de ecuaciones trigonométricas de segundo grado.

ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. INTRODUCCIÓN.

I.1. Conceptos generales.

I.2. Terminología.

I.3. Grados de libertad.

I.4. Proceso de diseño de un mecanismo.

2. ANÁLISIS CINEMÁTICO.

2.1. Análisis de desplazamiento.

2.2. Análisis de velocidad

2.3. Análisis de aceleración.

3 DISEÑO DE LEVAS.

3.1. Tipos de levas y seguidores.

3.2. Diagramas de desplazamiento.

4. DISEÑO DE ENGRANES Y TRENES DE ENGRANES.

4.1. Engranés rectos.

4.2. Engranés helicoidales, de gusano y Bevel.

4.3. Trenes de engranes.

5. ANÁLISIS DINÁMICO EN MECANISMOS

5.1. Análisis estático de fuerzas.

5.2. Análisis cinético de fuerzas.

5.3. Volantes de inercia.

5.4. Balanceo de rotores.

CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

La presentación comprende el capítulo I, Introducción, de la Estructura de la Unidad de Aprendizaje.

- Inicia con los conceptos generales de un mecanismo y su historia
- Posteriormente se da la terminología utilizada y los grados de libertad o movilidad de un mecanismos.
- Se termina con el proceso que debe seguir el diseño de un mecanismo.
- Al final de la presentación se muestra la bibliografía utilizada en la presentación para que tanto los discentes como el docente puedan revisar y profundizar en alguno de los temas.

1. INTRODUCCIÓN

ANÁLISIS DE MECANISMOS

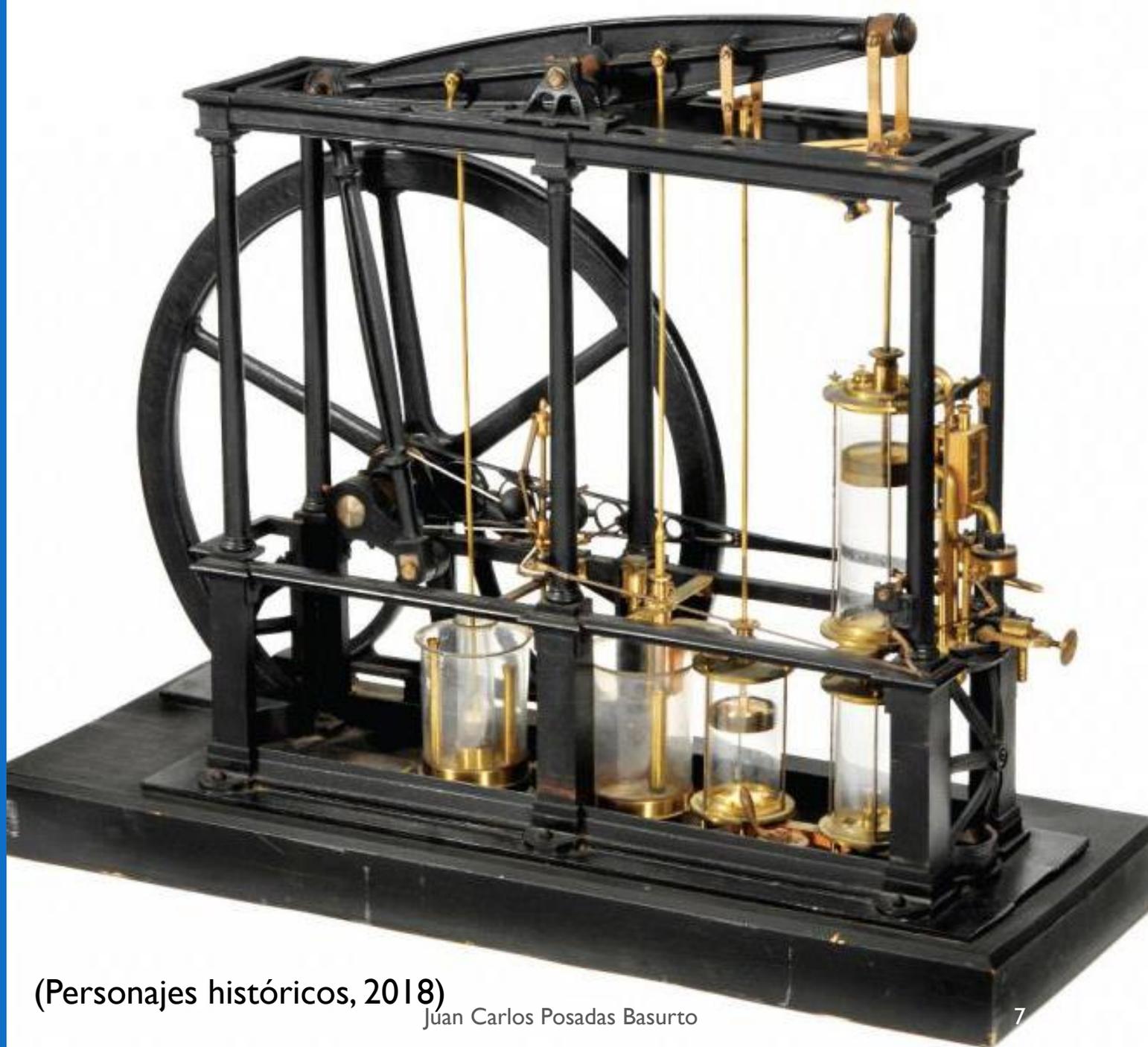
Juan Carlos Posadas Basurto



I.1 CONCEPTOS GENERALES (NORTON, 2009)

Los antiguos egipcios utilizaron la palanca, el plano inclinado (cuña) y probablemente el rodador de troncos.

Se cree que la rueda y el eje aparecieron en Mesopotamia alrededor de 3000 a 4000 a. C.



James Watt (1736 a 1819) fue de los primeros estudiosos de la cinemática por su síntesis de un eslabonamiento de línea recta para guiar émbolos de carrera muy larga de las entonces máquinas de vapor.

Oliver Evans (1755 a 1819), inventor estadounidense, también diseñó un eslabonamiento en línea recta para un motor a vapor.

(Personajes históricos, 2018)

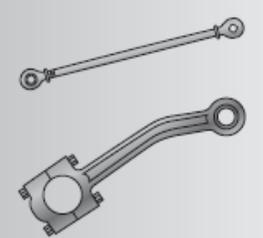
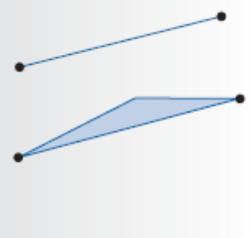
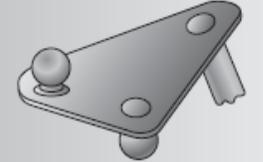
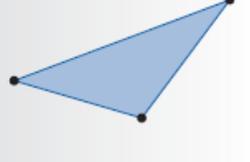
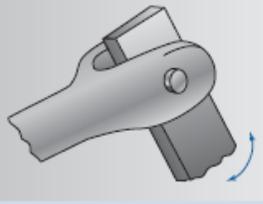
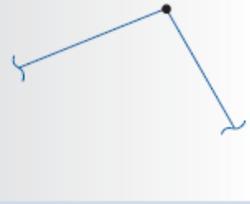
Juan Carlos Posadas Basurto

- Euler (1707 a 1783) presenta un tratamiento analítico de mecanismos en su *Mechanica sive Motus Sicentia Analytice Exposita* (1736 a 1742), donde expone los movimientos de rotación y traslación en el plano. D'Alembert y Kant propusieron ideas similares. De aquí surge la división del tema en cinemática y cinética.
- Gaspard Monge (1746 a 1818), inventor de la geometría descriptiva, creó un curso de elementos de máquinas y clasificó los mecanismos y máquinas. En 1806 Hachette concluye su trabajo y publica lo que probablemente fue el primer texto sobre mecanismos en 1811.
- André Marie Ampere (1775 a 1836) fue el primero en utilizar el término *cinematique* (del griego movimiento) en su *Essai sur la Philosophie des Sciences* (Ensayo sobre la filosofía de las ciencias).
- Robert Willis (1800 a 1875) en su texto escrito en 1841, *Principles of Mechanisms* (Principios de mecanismos), consideró cinco formas de obtener movimiento relativo entre eslabones de entrada y salida: contacto rodante, contacto deslizante, eslabonamientos, conectores envolventes (bandas, cadenas) y polipastos (malacates de cuerda o cadena).

- Franz Reuleux (1829 a 1905) publicó en 1875 Theoretische kinematik (Cinemática teórica). Proporcionó el concepto de par cinempático (junta) y definió seis componentes mecánicos básicos: Eslabón, rueda, leva, tornillo, trinquete y bancada.
- Reuleux también definió los pares superiores e inferiores. Es considerado el padre de la cinemática moderna y es responsable de la notación simbólica de eslabonamientos esqueléticos genéricos.
- En el siglo xx, antes de la segunda guerra mundial, la mayor parte del trabajo teórico sobre cinemática se realizó en Europa, sobre todo en Alemania.
- Muchos investigadores estadounidenses utilizaron la computadora para resolver problemas previamente intratables, tanto de síntesis como de análisis, e hicieron un uso práctico de muchas de las teorías de sus predecesores.
- Se ha realizado mucho trabajo nuevo, especialmente en síntesis cinemática, por ingenieros e investigadores estadounidenses y europeos, tales como J. Denavit, A. Erdman, F. Freudenstein, A.S. Hall, R. Hartenberg, R. Kaufman, B. Roth, G. Sandor y A. Soni (todos estadounidenses) y K. Hain (de Alemán)

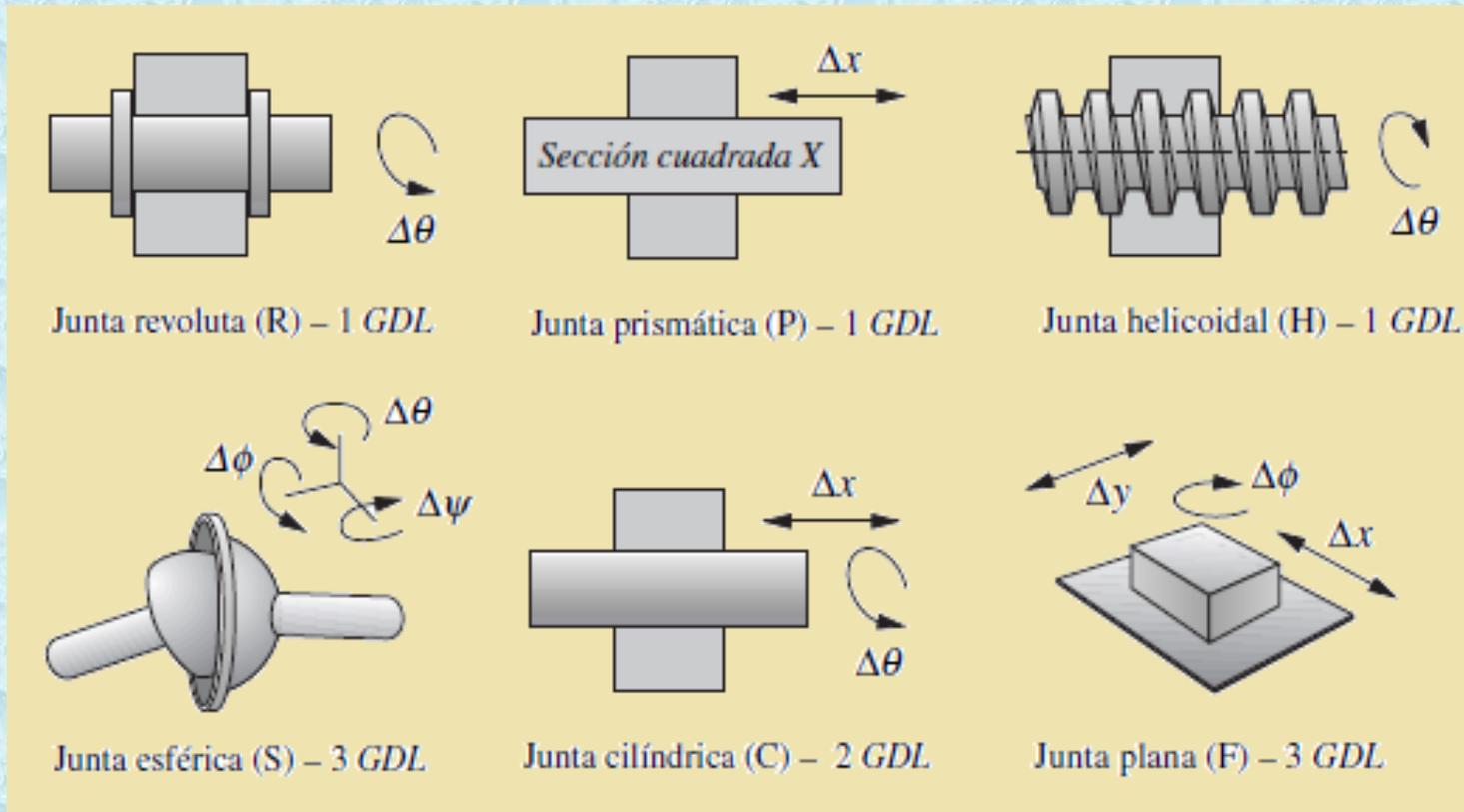
1.2 TERMINOLOGÍA

- **Eslabón:** Cuerpo rígido que posee por lo menos dos nodos que son puntos de unión con otros eslabones.
- **Junta:** Conexión entre dos o más eslabones (en sus nodos) que permite algún movimiento entre los eslabones conectados.

Componente	Forma común	Representación cinemática
Eslabón binario (Dos nodos)		
Eslabón ternario (Tres nodos)		
Junta pasador		

(Myszka, 2012)

PARES INFERIORES

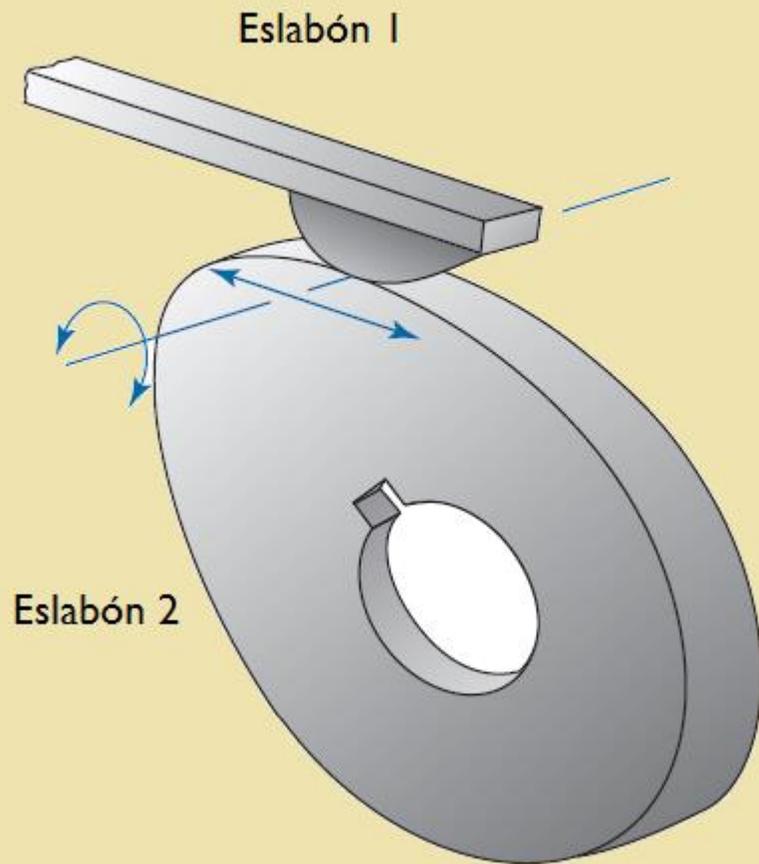


(Norton, 2009)

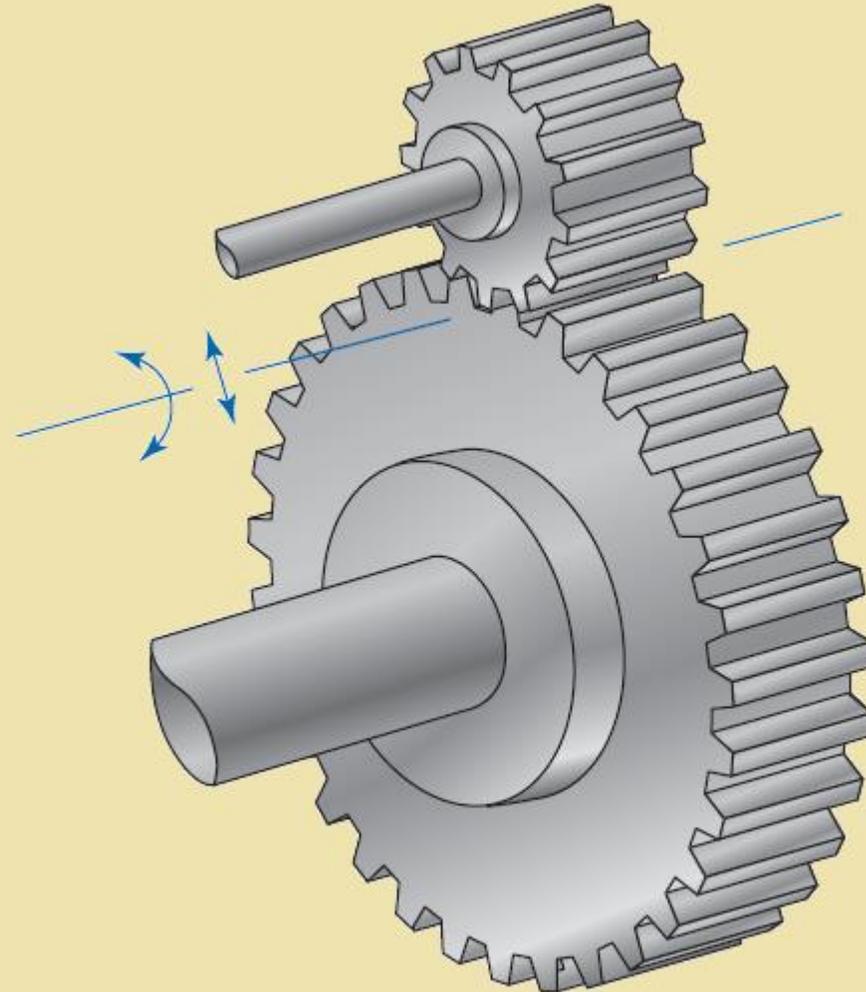
- Las juntas de contacto superficial son par inferior y, las de contacto de punto o de línea, par superior.
- Hay seis pares inferiores:
 1. Revoluta (R)
 2. Prismático (P)
 3. Tornillo (H)
 4. Esférico (S)
 5. Cilíndrico (C)
 6. Planos (F)

PARES SUPERIORES

(Myszka, 2012)



a) Leva

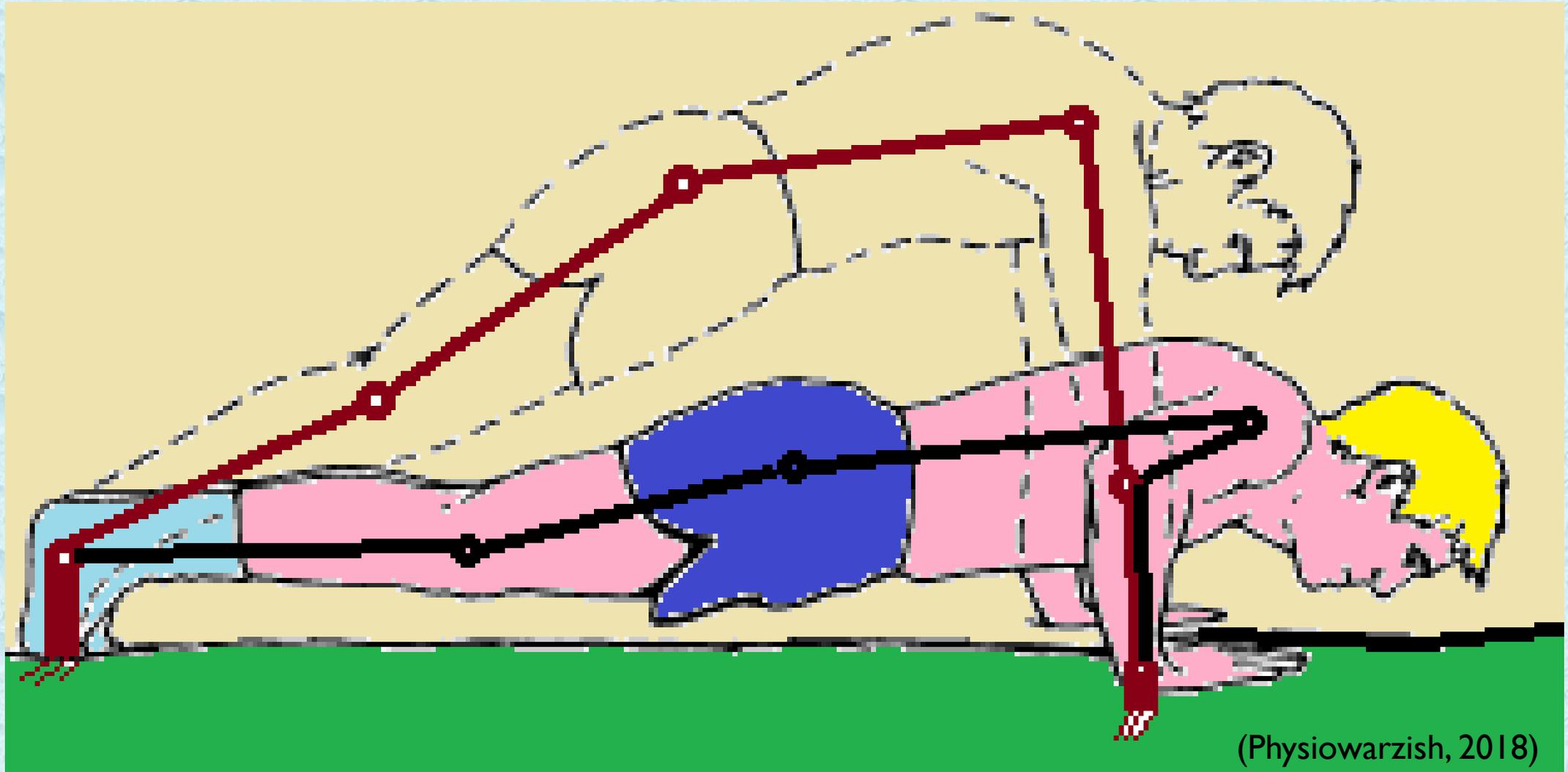


b) Engranaje

CADENA CINEMÁTICA

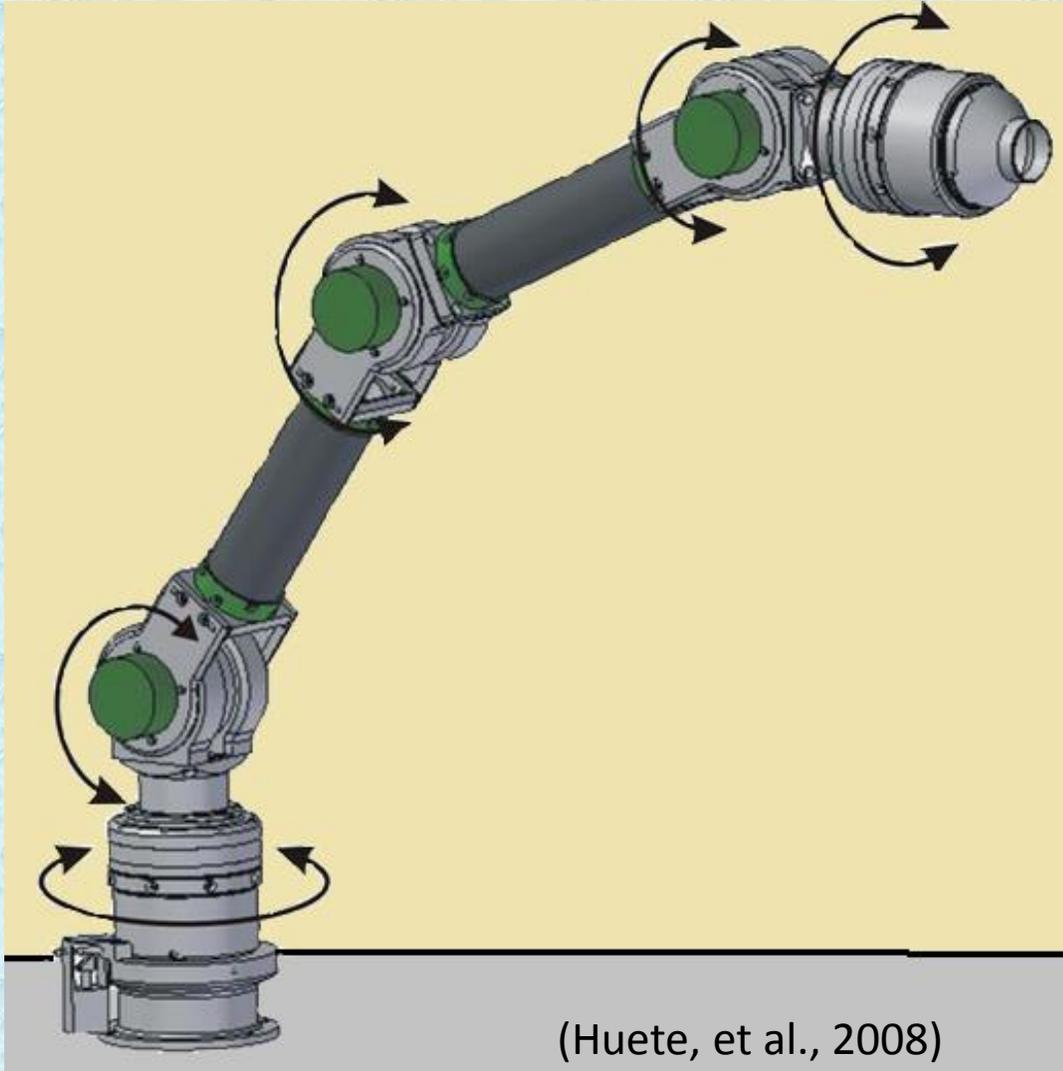
- Una cadena cinemática se define como un ensamble de eslabones y juntas interconectadas de modo que produzcan un movimiento controlado en respuesta a un movimiento suministrado.
- Las cadenas cinemáticas pueden ser abiertas o cerradas. Las primeras tendrán más de 1 GDL y las segundas no tienen puntos de fijación abiertos y pueden tener GDL mayores que 1.
- Un mecanismo es una cadena cinemática en la cual por lo menos un eslabón será fijado o sujetado al marco de referencia

CADENA CINEMÁTICA CERRADA

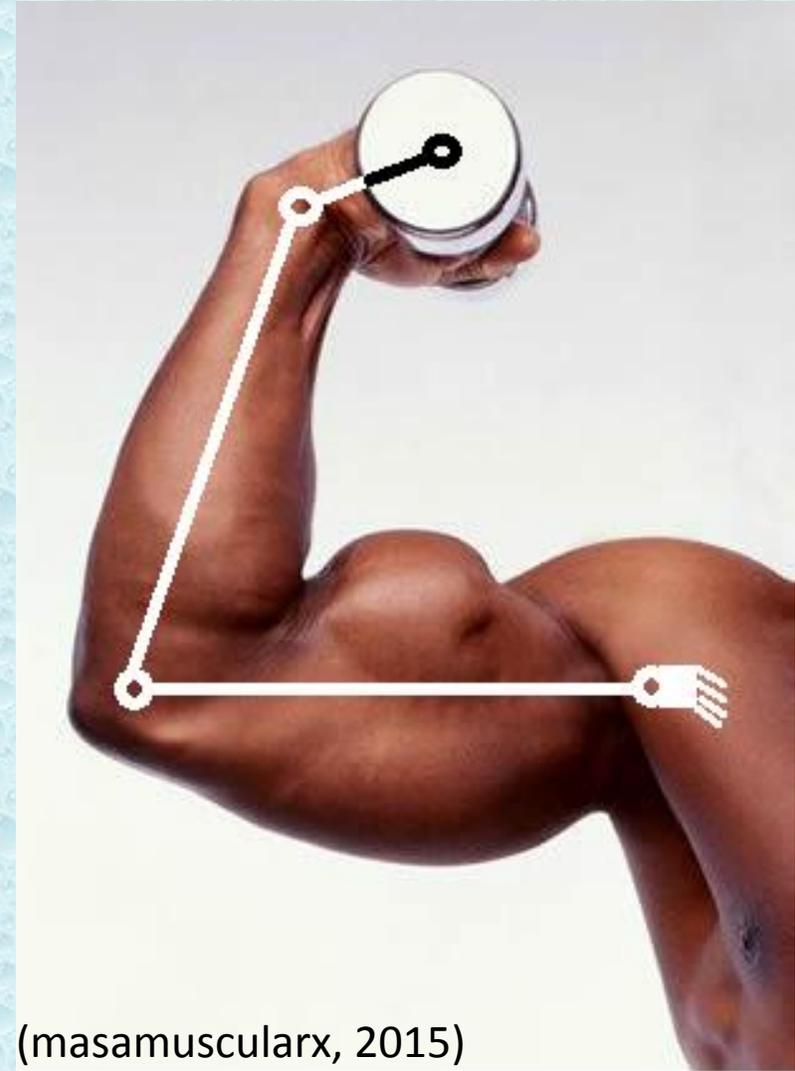


(Physiowarزش, 2018)

CADENA CINEMÁTICA ABIERTA



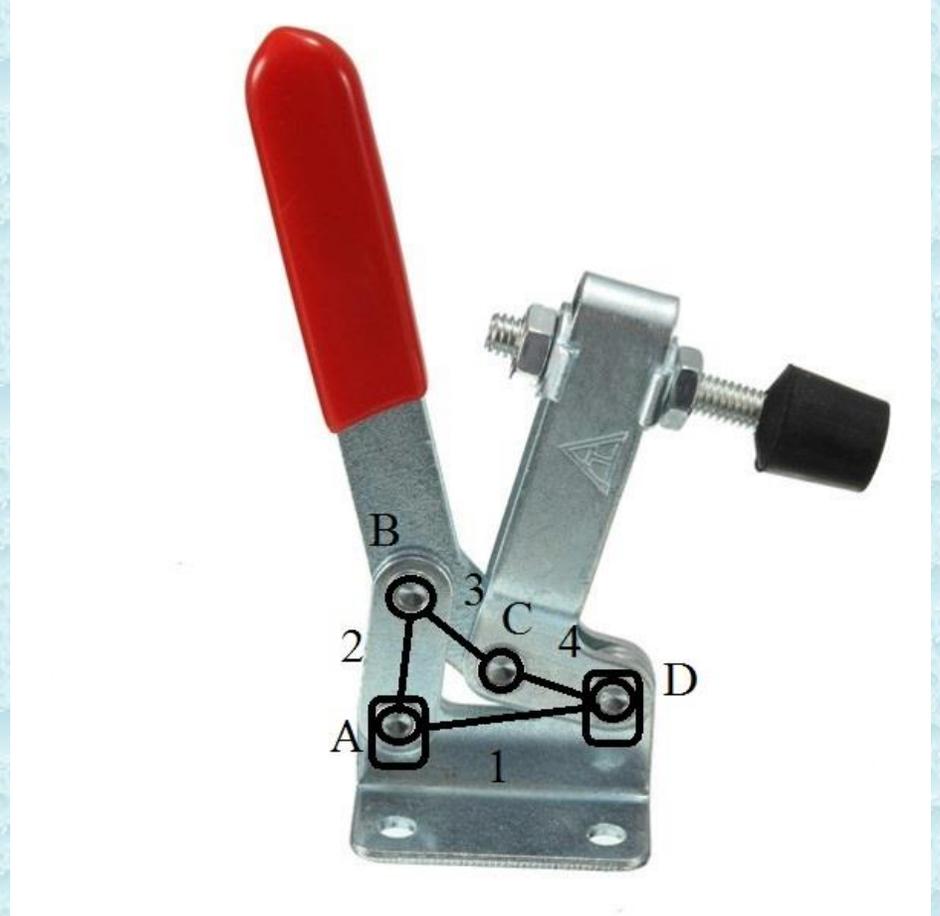
(Huete, et al., 2008)



(masamuscularx, 2015)

DIAGRAMA CINEMÁTICO

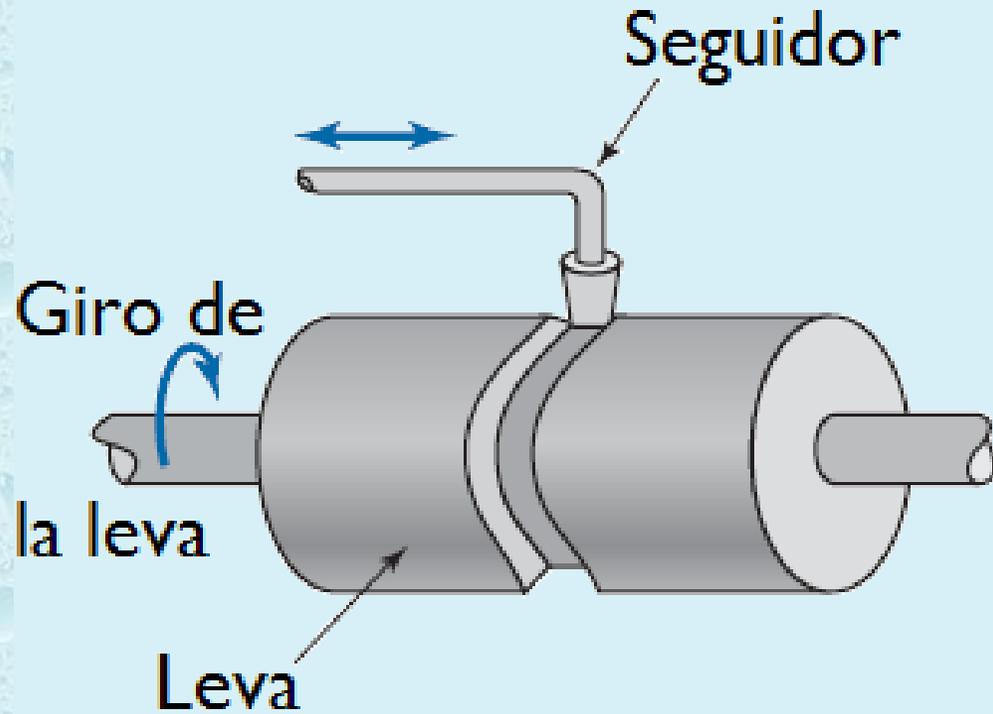
- Al analizar el movimiento de una máquina, a menudo es difícil visualizar el movimiento de los componentes en un plano de montaje completo.
- Es más fácil representar las partes en forma de esqueleto de modo que sólo se muestran las dimensiones que influyen en el movimiento del mecanismo.
- Estos bocetos se conocen como diagramas cinemáticos y se dibujan a una escala proporcional al mecanismo real.
- Para tener una referencia conveniente, los eslabones están numerados, comenzando con el eslabón fijo como número 1. Para evitar confusiones, las juntas se referencian con letras.



1.3 GRADO DE LIBERTAD

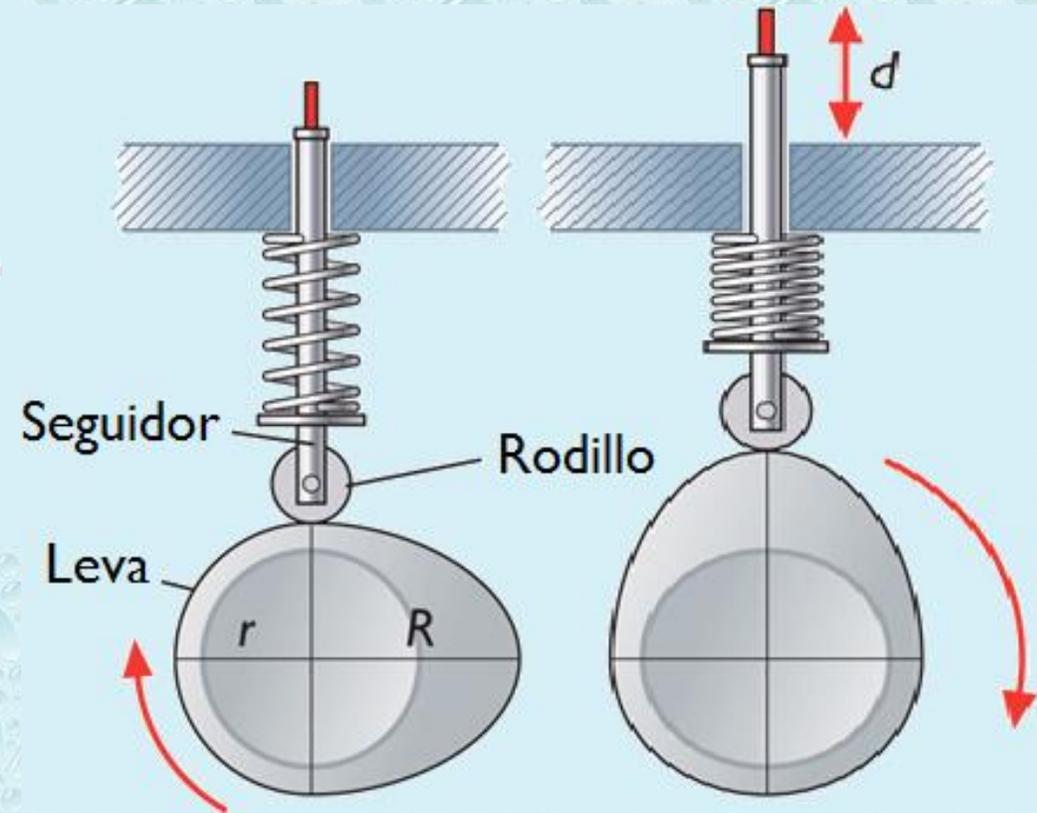
- El grado de libertad (GDL) o movilidad de un sistema es igual al número de parámetros (mediciones) independientes que se requieren para definir de manera única su posición en el espacio en cualquier instante.
- Un cuerpo rígido en movimiento plano tiene 3 GDL y cualquier cuerpo rígido en el espacio tridimensional tiene 6 GDL.
- Las juntas con 2 GDL se conocen como semijuntas o junta rodante deslizante y la juntas completas, pares inferiores.
- Las juntas con cierre de forma se mantienen unidas o cerradas por su geometría. La junta con cierre de fuerza requiere alguna fuerza externa para mantenerlas en contacto o cerrada.

CIERRE DE FORMA



(Myszka, 2012)

CIERRE DE FUERZA



(Marcos, 2011)

- El GDL de cualquier ensamble de eslabones se pronostica de la ecuación de Gruebler. Para un mecanismo de L eslabones, J número de juntas y un G número de eslabones conectados a tierra, su grado de libertad es

$$GDL = 3L - 2J - 3G$$

- Donde G siempre será igual a 1.

$$GDL = 3(L - 1) - 2J$$

- Kutzbach hace una modificación a la ecuación Gruebler. Separa el número J_1 de juntas completas (1 GDL) del número de semijuntas J_2 (2 GDL)

$$GDL = 3(L - 1) - 2J_1 - J_2$$

- Cuando un número p de eslabones están conectados en el mismo eje junta, entonces $p-1$ juntas están asociadas con el mismo eje.

PARADOJAS DE GRUEBLER



(Lombardelli, 2018)

$$GDL = 3(L - 1) - 2J$$

$$GDL = 3(5 - 1) - 2(6)$$

$$GDL = 0$$

Sin embargo, el mecanismo se mueve. Algunos autores sugieren sumar un número de eslabones que se consideren redundantes. Por ejemplo, el mecanismo de 5 eslabones, tiene un eslabón redundante.

TEOREMA DE GRASHOF

El Teorema de Grashof dice que un mecanismo de cuatro barras tiene al menos un eslabón giratorio si:

$$s + l \leq p + q$$

p : longitud de uno de los eslabones de extensión intermedia

l : longitud del eslabón más largo

s : longitud del eslabón más corto

q : longitud del otro eslabón de extensión intermedia.

CLASIFICACIÓN DE BARKER

TIPO	s+l vs. p+q	INVERSIÓN	DESIGNACIÓN BARKER
1	<	s : bancada	Manivela, manivela, manivela
2	<	s : entrada	Manivela, balancín, balancín
3	<	s : acoplador	Balancín, manivela, balancín
4	<	s : salida	Balancín, balancín, manivela
5	>	l : bancada	Balancín, balancín, balancín
6	>	l : entrada	Balancín, balancín, balancín
7	>	l : acoplador	Balancín, balancín, balancín

CLASIFICACIÓN DE BARKER (CONTINUACIÓN)

TIPO	s+l vs. p+q	INVERSIÓN	DESIGNACIÓN BARKER
8	>	s : bancada	Balancín, balancín, balancín
9	=	s : entrada	Manivela, manivela, manivela
10	=	s : acoplador	Manivela, balancín, balancín
11	=	s : salida	Balancín, manivela, balancín
12	=	l : bancada	Balancín, balancín, manivela
13	=	Dos pares iguales	Punto de cambio doble
14	=	l = s = p = q	Punto de cambio triple

- Eslabonamientos que cumplen con la desigualdad Grashof, tienen dos juntas que realizan rotaciones completas y dos que oscilan entre límites de movimiento.
- Si no cumplen Grashof, las cuatro juntas oscilan entre límites de movimiento.
- Debe tomarse en cuenta que algunas veces no es necesario para el mecanismo realizar un ciclo completo.

ISÓMEROS

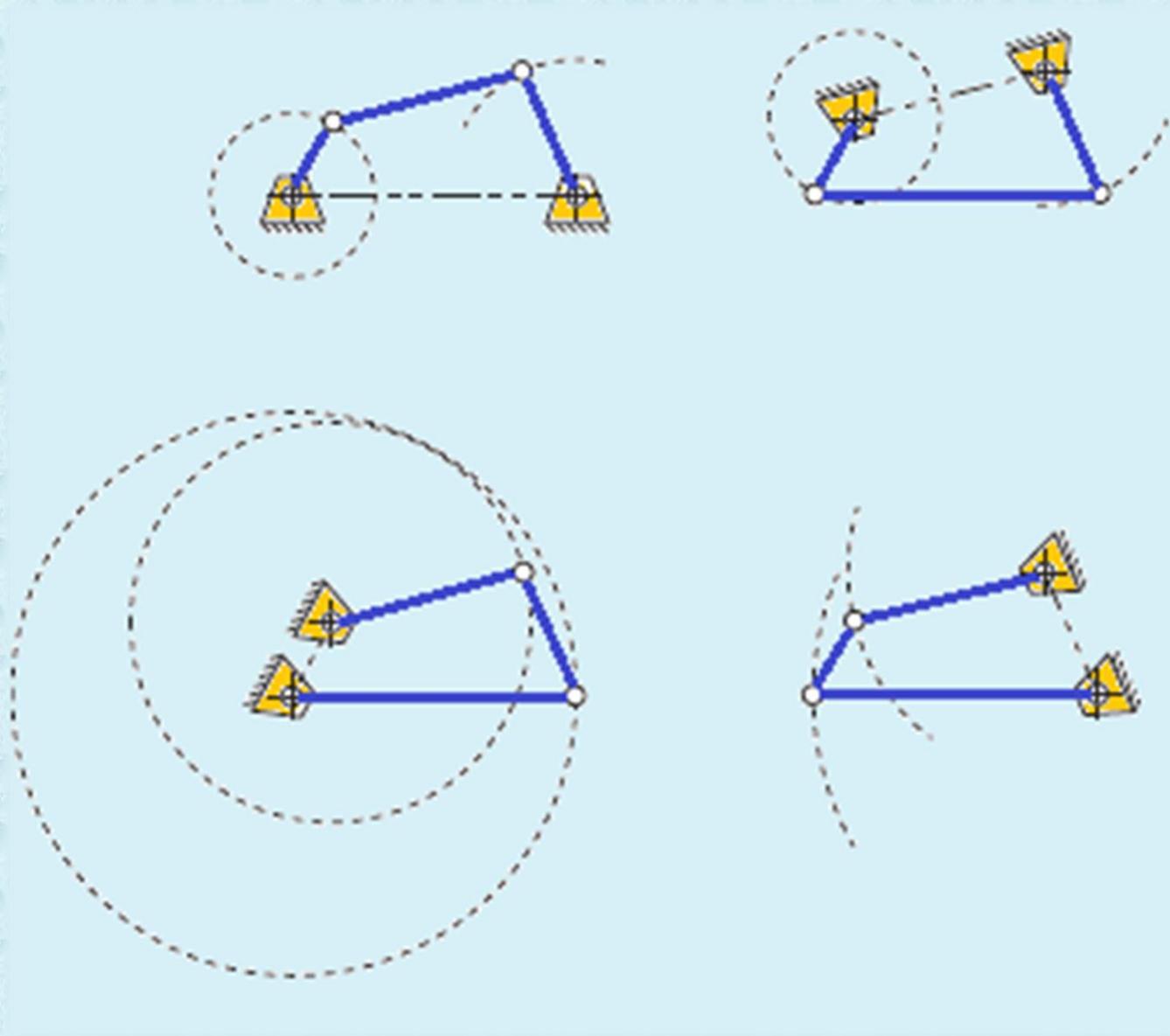
Eslabones	Isómeros válidos
4	1
6	2
8	16
10	230
12	6 856 o 6 862

- La palabra isómero se deriva del griego y significa de partes iguales.
- En los isómeros de mecanismos los eslabones tienen varios nodos (juntas) disponibles para conectarse a otros nodos de eslabones. Según las conexiones particulares de los eslabones disponibles, el ensamble tendrá diferentes propiedades de movimiento. El número de isómeros posible para un conjunto dado de eslabones está lejos de ser obvio.

INVERSIÓN CINEMÁTICA



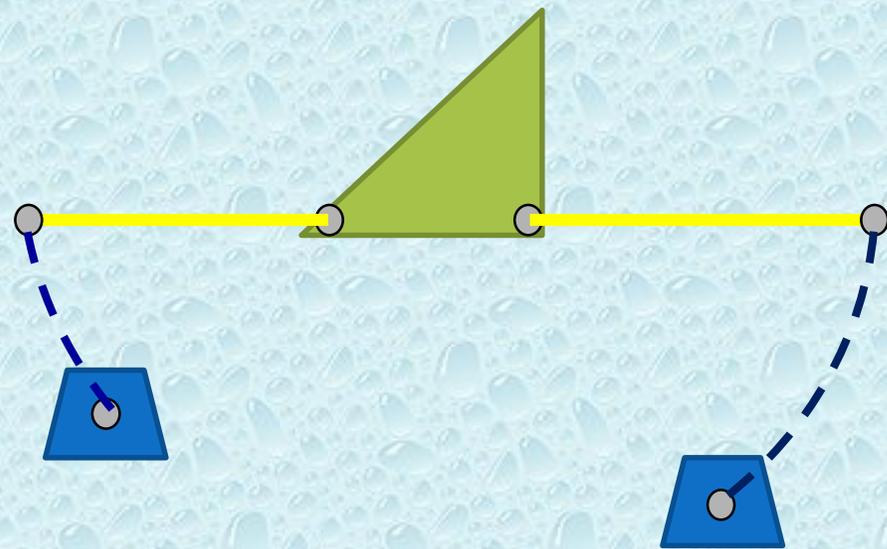
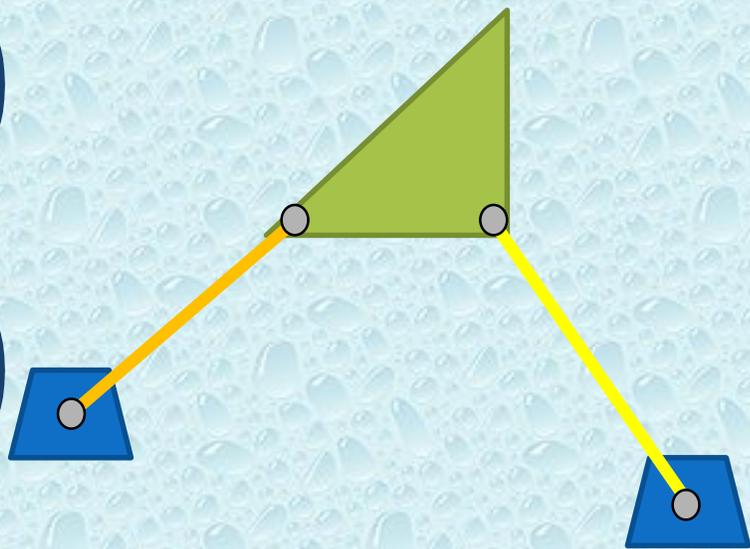
- Como los diferentes eslabones de un mecanismo se pueden elegir como fijos, su movimiento relativo no se altera, pero el movimiento absoluto puede ser drásticamente diferente.
- La utilización de eslabones alternativos para servir como el fijo se denomina inversión cinemática.

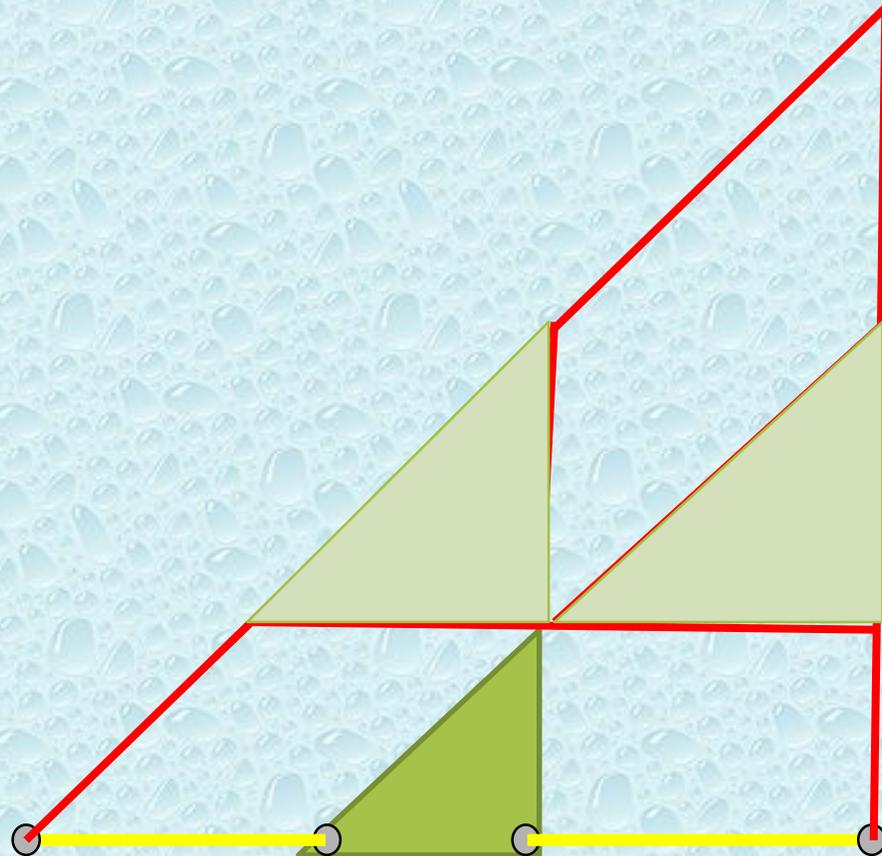


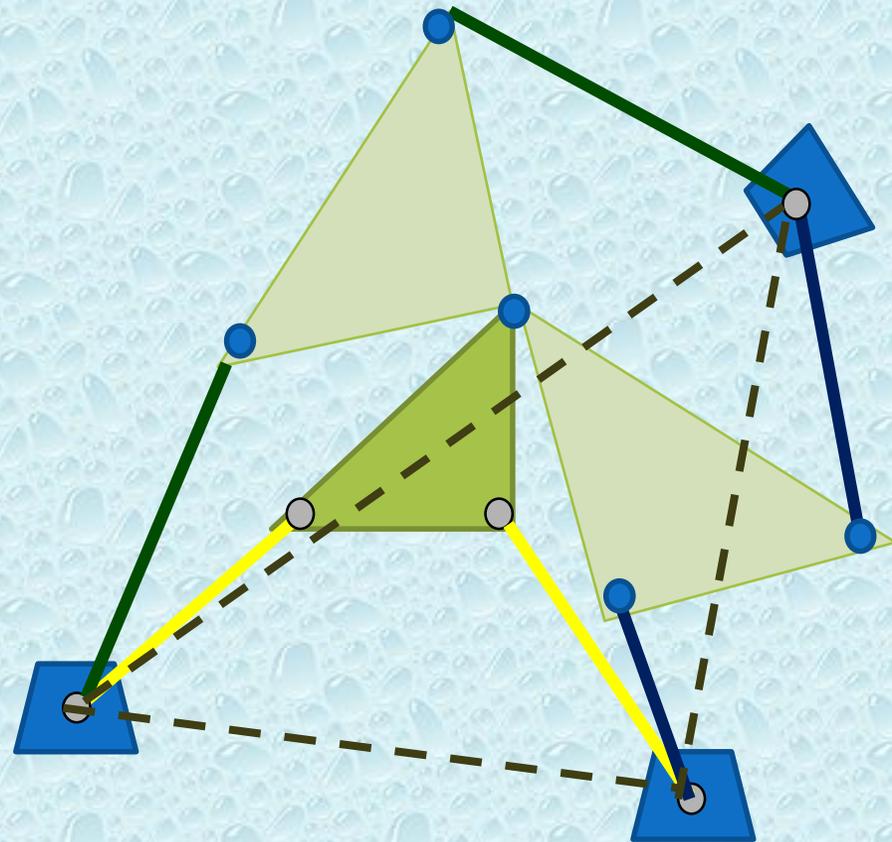
Inversión cinemática de un mecanismo de cuatro eslabones (Norton, 2009)

COGNADOS

- La solución para un problema de síntesis de un mecanismo satisfará las restricciones de generación de trayectoria, pero los pivotes fijos pueden estar en lugares inapropiados. En esos casos, el uso de un cognado del mecanismo puede ser útil. El término cognado fue utilizado por Hartenberg y Denavit para describir un mecanismo, de diferente geometría, que genera la misma curva del acoplador.
- Teorema de Roberts-Chebyshev: Tres mecanismos planos y diferentes, con juntas de pasador, trazarán curvas del acoplador idénticas.
- Hartenberg y Denavit presentaron extensiones de este teorema para los mecanismos de seis barras y de manivela-corredera: Dos mecanismos planos de corredera-manivela diferentes trazarán curvas del acoplador idénticas.

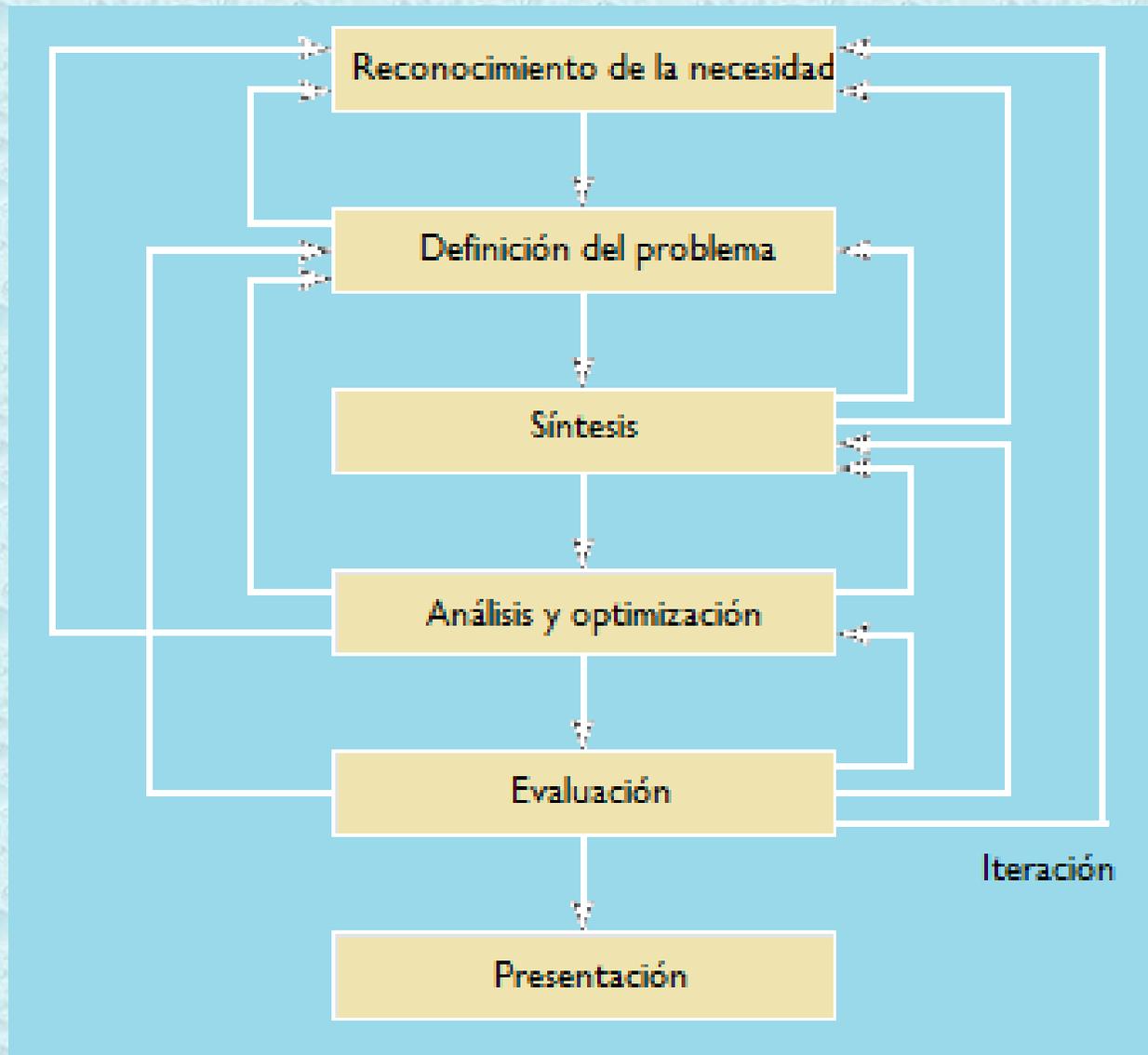






1.4 PROCESO DE DISEÑO DE UN MECANISMO (NORTON, 2009)

- El diseño de ingeniería se ha definido como “[...] el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el propósito de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficientes detalles que permitan su realización [...]”.
- El ingeniero debe saber cómo analizar sistemas de varios tipos, mecánicos, eléctricos, térmicos o fluidos. El análisis requiere un completo conocimiento tanto de las técnicas matemáticas apropiadas, como de la física fundamental de la función del sistema.
- Por la naturaleza misma del diseño, se tiene un proceso iterativo en el cual se avanza de manera vacilante, dos pasos hacia delante y uno atrás.



FASES DEL PROCESO DE DISEÑO (BUDYNAS & NISBETT, 2012)

El proceso de diseño comienza identificando una necesidad y la decisión de resolverla, después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacerla.

El ingeniero cuenta con computadoras y paquetes de software para solucionar problemas de diseño.

También puede buscar en libros de ciencia/ingeniería hasta folletos o catálogos de los fabricantes.

- Para resolver un problema de diseño se debe desarrollar un enfoque sistémico considerando los siguientes pasos (Budynas & Nisbett, 2012):
- Entender el problema. Se tiene que leer, comprender y escribir cuidadosamente el enunciado del problema.
- Identificar la información conocida. A partir del enunciado del problema, describir qué información es conocida y relevante.
- Identificar la información desconocida y formular la estrategia de solución. Establecer lo que se debe determinar, y en qué orden, para llegar a una solución del problema. Identificar los parámetros conocidos y desconocidos. Construir un diagrama de flujo de los pasos necesarios para llegar a la solución final. Se puede requerir el uso de diagramas de cuerpo libre; tablas de propiedades de materiales; ecuaciones de los principios básicos, libros de texto o manuales que relacionan los parámetros conocidos y desconocidos; gráficas trazadas en forma experimental o numérica; herramientas computacionales específicas.

- Establecer todos los supuestos y todas las decisiones. No hay soluciones únicas, ideales y cerradas. Las selecciones, como la elección de materiales y los tratamientos térmicos, exigen tomar decisiones. Los análisis requieren supuestos relacionados con el modelado de los componentes o sistemas reales. Todos los supuestos y todas las decisiones deben identificarse y registrarse.
- Analizar el problema. Con la estrategia de solución, las decisiones y supuestos, ejecutar el análisis del problema. Hacer referencia a las fuentes de todas las ecuaciones, tablas, gráficas, resultados del software. Verificar la credibilidad de los resultados. Comprobar el orden de magnitud, la dimensionalidad, las tendencias, señales.
- Evaluar la solución. Evaluar cada paso de la solución observando la forma en que los cambios de estrategia, decisiones, supuestos y ejecución podrían modificar los resultados, de manera positiva o negativa. Si es posible, incorporar los cambios positivos en su solución final.
- Presentar la solución. Aquí es donde las habilidades de comunicación son importantes. Si no se puede explicar hábilmente lo que se ha hecho, una parte o todo el trabajo puede no entenderse e incluso no aceptarse. Se tiene que conocer a la audiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Budynas, R. G. & Nisbett, J. K., 2012. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill.
- Huete, A. J., Jiménez, A., Correal, R. & Balaguer, C., 2008. ASIBOT: Robot Portátil de Asistencia a Discapacitados. Concepto, Arquitectura de Control y Evaluación Clínica. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial (RIAI)*, Abril, 5(2), pp. 48-59.
- Lombardelli, F., 2018. CENTRO EDILE LOMBARDELLI SRL. [En línea] Available at: <https://www.shoplombardelli.it/es/rejillas-de-ventilacion/3310-rejilla-de-ventilacion-ajustable-empotrada.html> [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- Marcos, J. C., 2011. *Picado de leva*. [En línea] Available at: <http://picadodeleva.blogspot.com/2011/10/que-es-el-picado-de-levas.html> [Último acceso: 29 Mayo 2018].

- masamuscularx, 2015. *Aumenta rmasa muscular*. [En línea] Available at: <http://aumentarmasamuscularx.com/top-5-ejercicios-con-mancuernas-clasicos-y-efectivos/> [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- Myszka, D. H., 2012. *Machines and mechanisms. Applied kinematics analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Norton, R. L., 2009. *Diseño de maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. México: Mc Graw-Hill.
- personajeshistoricos, 2018. *James Watt: Biografía, inventos, aportaciones, reconocimientos y mas*. [En línea] Available at: <http://personajeshistoricos.com/c-empresario/james-watt/> [Último acceso: 16 Mayo 2018].
- Physiowarzish, 2018. *Closed chain exercises*. [En línea] Available at: <http://www.physiowarzish.in/closed-chain-exercises.html> [Último acceso: 17 Mayo 2018].
- S., D.A., 2014. *La Gran Pirámide de Giza*. [En línea] Available at: <https://reydekish.com/2014/05/18/la-gran-piramide-de-giza/> [Último acceso: 16 Mayo 2018].