

3.2. Máquina, Mecanismo y otros Conceptos.

En esta sección se comienza realizando la clásica discusión entre *mecanismo* y *máquina*, que consiste en indicar que un mecanismo se suele considerar que su objetivo es la transmisión del movimiento, mientras en una máquina es la transmisión de potencia. A continuación se utiliza esta distinción para introducir los conceptos de *cinemática* y *cinética* (o *dinámica*), y como normalmente se asocian los nombres *cinemática* con *mecanismo*, y el *dinámica* con *máquina*. Se indica que la separación entre el estudio de la *cinemática de mecanismos* y la *dinámica de máquinas*, según Euler es posible sólo cuando se estudian los sistemas formados por cuerpos rígidos, que es lo que se hace en este módulo. Por último se introducen los conceptos de *análisis y síntesis de mecanismos*.



Imagen 2.29. Leonhard Euler (1707-1783).

La Ingeniería se basa en las matemáticas, la física y la química. Estas tres ciencias están más o menos relacionadas entre sí, particularmente las dos primeras. *Mecánica* es la rama del análisis científico que se ocupa de los movimientos, el tiempo y las fuerzas, y se divide en dos partes, *estática* y *dinámica*. La *estática* trata del análisis de sistemas estacionarios, es decir, de aquellos en que el tiempo no es un factor determinante, y la *dinámica* se refiere a los sistemas que cambian con el tiempo. La *dinámica* también está constituida por dos disciplinas generales que Euler fue el primero en reconocer como entidades separadas, en 1775: "La investigación del movimiento de un cuerpo rígido se puede separar de manera conveniente en dos partes, una geométrica y la otra mecánica. En la primera de ellas, se debe investigar la transferencia del cuerpo de una posición dada a cualquier otra sin hacer mención de las causas del movimiento, y es preciso representarla mediante fórmulas analíticas, las que definirán la posición de cada punto del cuerpo. Por lo tanto, esta investigación se referirá exclusivamente a la geometría o, más bien, a la estereotomía. Es evidente que mediante la separación de esta parte de la cuestión, de la otra, que pertenece más bien a la Mecánica, la determinación del movimiento basada en principios dinámicos se facilitará de una manera más notable que si ambas partes se consideraran en forma conjunta".

Estos dos aspectos de la *dinámica* se reconocieron posteriormente como las ciencias diferentes denominadas *cinemática* (del vocablo griego *kinema*, que significa movimiento) y *cinética* que se ocupan, respectivamente, del movimiento y de las fuerzas que lo producen. El problema inicial en el diseño de un sistema mecánico es, por consiguiente, la comprensión de su *cinemática*. *Cinemática* es el estudio del movimiento, independientemente

de las fuerzas que lo producen. De manera más específica, la cinemática es el estudio de la posición, el desplazamiento, la rotación, la rapidez, la velocidad y la aceleración. El estudio del movimiento planetario u orbital, póngase por caso, constituye también un problema de la cinemática; pero este módulo se concentrará en los aspectos cinemáticos que surgen en el diseño de sistemas mecánicos. Como consecuencia, la cinemática de las máquinas y los mecanismos es el foco de atención de los siguientes temas. No obstante, la estática y la cinética son también partes vitales de un análisis de diseño completo, y se tocarán también en temas posteriores.

Es preciso observar con cuidado en la cita anterior, que Euler basó su división de la dinámica en cinemática y cinética basándose en la suposición de que deben tratar con **cuerpos rígidos**. Esta es una suposición de gran importancia que permite que ambos aspectos se traten por separado. En el caso de cuerpos flexibles las formas mismas de los cuerpos y, por ende, sus movimientos, dependen de las fuerzas ejercidas sobre ellos. En tal situación, el estudio de la fuerza y el movimiento se debe realizar en forma simultánea, incrementando notablemente con ello la complejidad del análisis.

Por fortuna, aunque todas las piezas de máquinas reales son flexibles en cierto grado, éstas se diseñan casi siempre con materiales más o menos rígidos y manteniendo en un mínimo sus deformaciones. Por lo tanto, al analizar el funcionamiento cinemático de una máquina es práctica común suponer que las deflexiones son despreciables y que las piezas son rígidas, y luego, una vez que se ha realizado el análisis dinámico, cuando las cargas se conocen, se suele diseñar las piezas de manera que esta suposición se justifique.

La mecánica de máquinas, o teoría de mecanismos y máquinas, o cinemática y dinámica de mecanismos tiene por objeto el estudio de las masas, los movimientos y las fuerzas en las máquinas. Esta materia no incluye el estudio de las fuerzas elásticas y las deformaciones en los componentes de las máquinas, ya que ello corresponde a la resistencia de materiales; tampoco trata de la determinación de las formas y dimensiones de las piezas de las máquinas necesarias para soportar las cargas y transmitir los esfuerzos a que son sometidas, pues esto entra en el campo del cálculo de máquinas.

La teoría de los mecanismos y las máquinas es una ciencia aplicada que sirve para comprender las relaciones entre la geometría y los movimientos de las piezas de una máquina o un mecanismo, y las fuerzas que generan tales movimientos.

Una *máquina* es una combinación de cuerpos rígidos o resistentes agrupados y conectados de tal modo que tengan entre sí movimientos relativos determinados y transmitan fuerzas; desde la fuente de energía a la resistencia a vencer. Por tanto, la máquina tiene en sí la doble función de transmitir movimientos relativos determinados y transmitir esfuerzos. Cuando la atención se centra en la primera (supuestas resistencia y rigidez necesarias para transmitir dichos esfuerzos), el término *mecanismo* se aplica a la combinación de cuerpos geométricos que constituyen la máquina o parte de ella. Un mecanismo puede, pues, definirse como la combinación de cuerpos rígidos o resistentes agrupados y conectados de tal modo que tengan entre sí movimientos relativos determinados. La palabra mecanismo usada con más amplio sentido, tal y como se hace a lo largo de este tema, se aplica preferentemente al estudio de las funciones, las propiedades geométricas y los movimientos relativos de varios mecanismos de uso común. El estudio de movimientos en un sentido más amplio (incluyendo velocidades y aceleraciones) se reserva para los siguientes capítulos. Aunque, en general, se estudien primero los mecanismos y luego la cinemática y dinámica de máquinas, también se tratarán en este tema los principios elementales de mecánica que se consideren oportunos.

La **cinemática** de máquinas estudia los movimientos de las piezas de las máquinas sin tener en cuenta cómo influyen los factores (fuerza y masa) que afectan al movimiento. Trata de los conceptos fundamentales de espacio y tiempo y de sus magnitudes derivadas, velocidad y aceleración. La dinámica de máquinas se ocupa de las piezas de las máquinas sometidas a fuerzas, equilibradas o no, teniendo en cuenta sus masas y aceleraciones, así como las fuerzas exteriores.

Existe una analogía directa entre los términos estructura, mecanismo y máquina, y las tres ramas de la mecánica especificadas. El término "estructura" es a la estática lo que el término "mecanismo" es a la cinemática y el término "máquina" es a la cinética.

Si el movimiento de una pieza de máquina es normalmente tal, que todos sus puntos se mantienen en planos paralelos, a este tipo de movimiento se le llama plano.

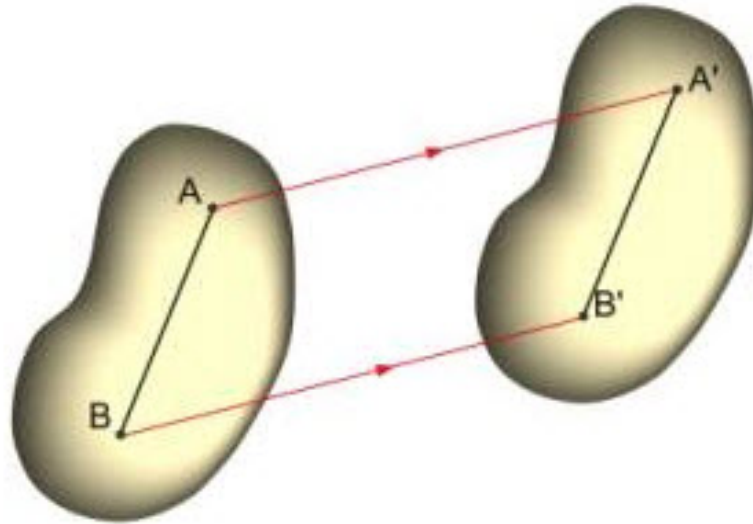


Imagen 2.30. Traslación rectilínea de un cuerpo rígido.

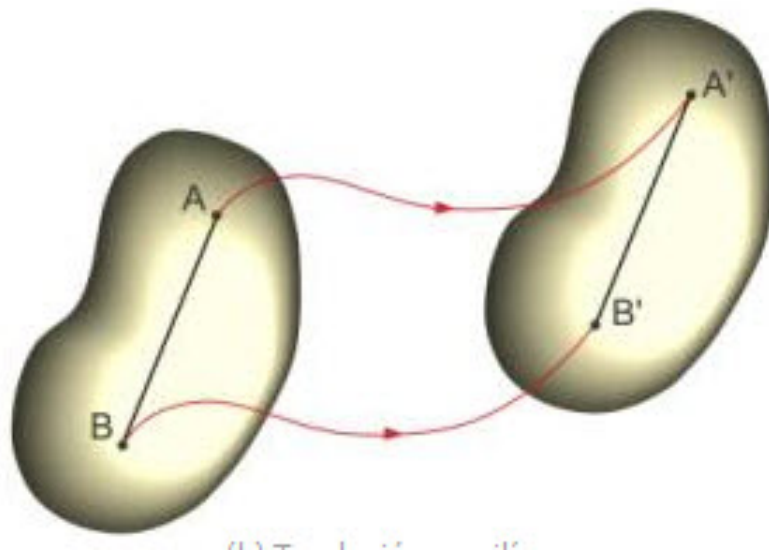


Imagen 2.31. Traslación curvilínea de un cuerpo rígido.

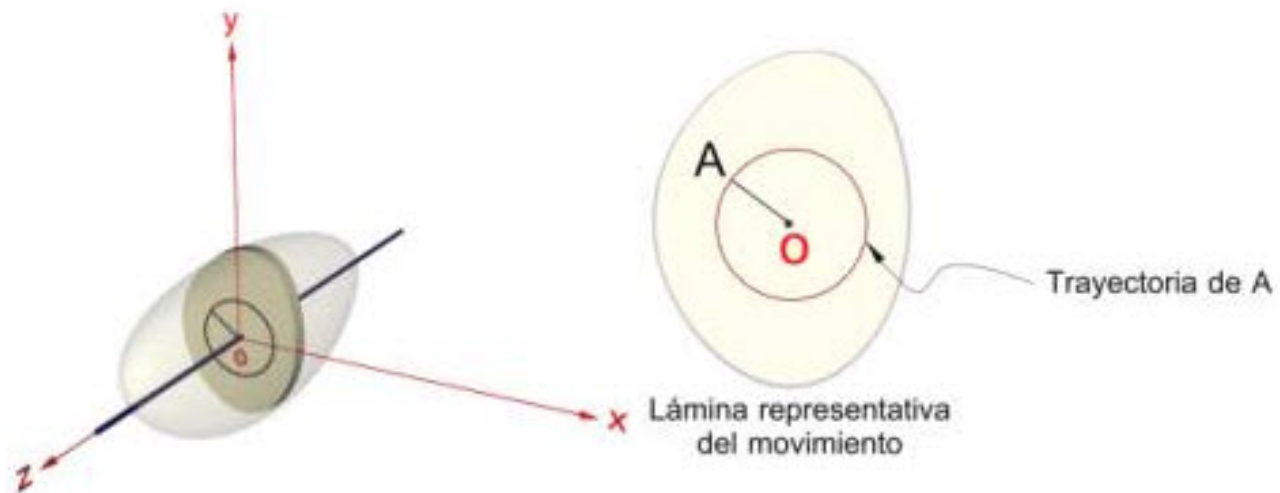


Imagen 2.32. Rotación alrededor de un cuerpo rígido.

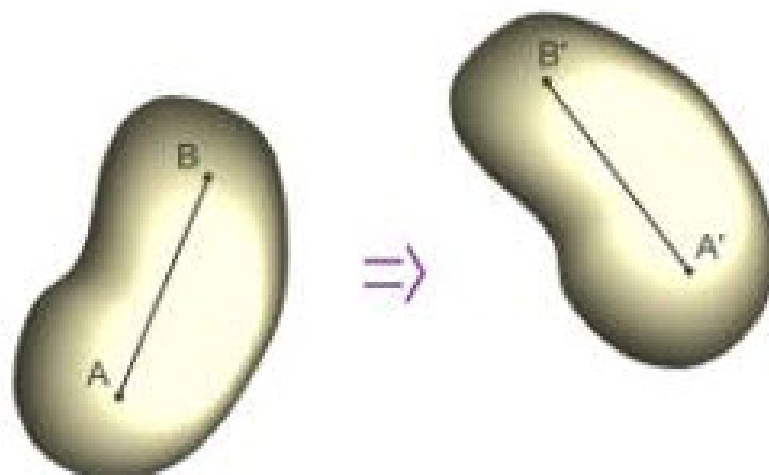


Imagen 2.33. Movimiento plano general de un cuerpo rígido.

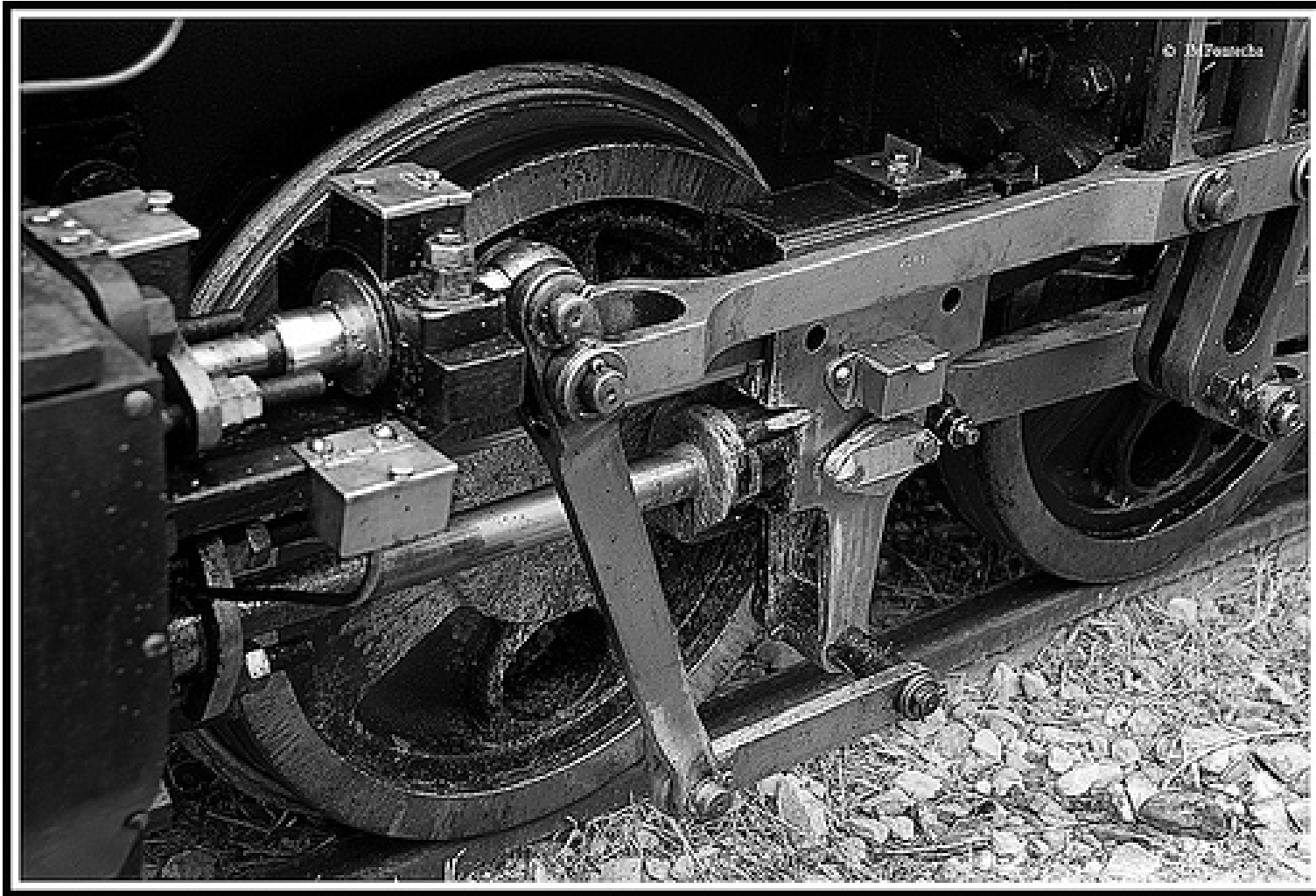


Imagen 2.34. Ejemplo de los distintos tipos de movimiento plano de un cuerpo rígido.

Un mecanismo en el cual todos sus puntos se mueven en planos paralelos se llama **mecanismo plano**. Los movimientos reales de todos los puntos de un mecanismo de este tipo pueden proyectarse sobre un mismo plano, lo que permite eliminar una dimensión en el análisis del movimiento. El movimiento plano puede a veces, ventajosamente, considerarse como la combinación de dos tipos más sencillos de movimiento: traslación y rotación.

Hay **traslación** de una pieza de una máquina cuando cualquier línea dibujada sobre ella permanece siempre paralela a sí misma durante el movimiento. Hay **rotación** cuando dicha línea no permanece paralela a sí misma o, en otras palabras, la línea cambia de dirección durante el movimiento. El movimiento del órgano motor (impulsor) de las máquinas es corrientemente bien de rotación alrededor de un eje fijo o de traslación, siendo esto aplicable también al órgano final (seguidor) encargado de vencer la resistencia útil.

Los mecanismos planos son un caso especial de los mecanismos tridimensionales, en los cuales sus puntos no se mueven necesariamente en planos paralelos. Dos ejemplos de movimientos tridimensionales (a diferencia de movimientos planos o bidimensionales) de gran importancia son el helicoidal y el esférico. Un punto de la rosca de un tornillo que avanza dentro de su tuerca es un ejemplo de movimiento helicoidal. Es interesante notar que el movimiento helicoidal es la combinación de una rotación alrededor de un eje y una traslación a lo largo de ese eje. Cuando un cuerpo tiene movimiento esférico, todos sus puntos se mueven sobre superficies de esferas que tienen un punto fijo como centro común, como en el caso del regulador de bola, la junta "cardan", la unión a rótula, etc.

Un cuerpo que no está unido materialmente a otros, de modo que su trayectoria varía con las fuerzas exteriores que actúan sobre él, se dice que tiene **movimiento libre**. Es el caso de los planetas. Un cuerpo que está unido materialmente a otro, de modo que su movimiento en relación al otro cuerpo queda determinado independientemente de las fuerzas exteriores que puedan actuar sobre aquel, se dice que tiene **movimiento desmodrómico**. Todas las piezas de las máquinas tienen esta clase de movimiento para su adecuado funcionamiento.

Cuando, partiendo de un conjunto simultáneo de posiciones relativas iniciales, las piezas de una máquina pasan por todas las posiciones que pueden ocupar y vuelven a sus posiciones relativas de partida, se dice que han completado un **ciclo cinemático**. El tiempo invertido en un ciclo se llama **periodo**. Las posiciones relativas simultáneas ocupadas por los elementos de una máquina en un instante cualquiera durante el ciclo constituyen una **fase**.

En la máquina de vapor ordinaria, en muchos motores diésel y en algunos motores de gasolina, el ciclo energético y también el cinemático corresponden a una revolución del cigüeñal (ciclo de dos tiempos). En los motores de gasolina ordinarios, sin embargo (y también en muchos de los diésel), cada ciclo energético requiere dos revoluciones del cigüeñal o cuatro carreras del émbolo. Por lo tanto, por cada ciclo energético del motor, las partes principales (cigüeñal, biela y émbolo) completan dos ciclos cinemáticos. El árbol de levas y las válvulas completan, en cambio, solamente un ciclo cinemático durante este intervalo; así, pues, considerando el motor en conjunto, sus piezas móviles vuelven a sus posiciones relativas iniciales únicamente después de dos revoluciones del cigüeñal o cuatro carreras del émbolo. Por este motivo, los motores de este tipo son conocidos como de ciclo de cuatro tiempos o, simplemente, de cuatro tiempos.

El movimiento de una pieza de una máquina es **continuo** si durante cada ciclo ni se para ni invierte su sentido; **intermitente**, si durante cada ciclo permanece parada un tiempo finito; y **alternativo**, si durante cada ciclo invierte el sentido de su movimiento. El cigüeñal de un motor de gasolina tiene un movimiento continuo; las válvulas, intermitente y alternativo; y el émbolo, puramente alternativo.

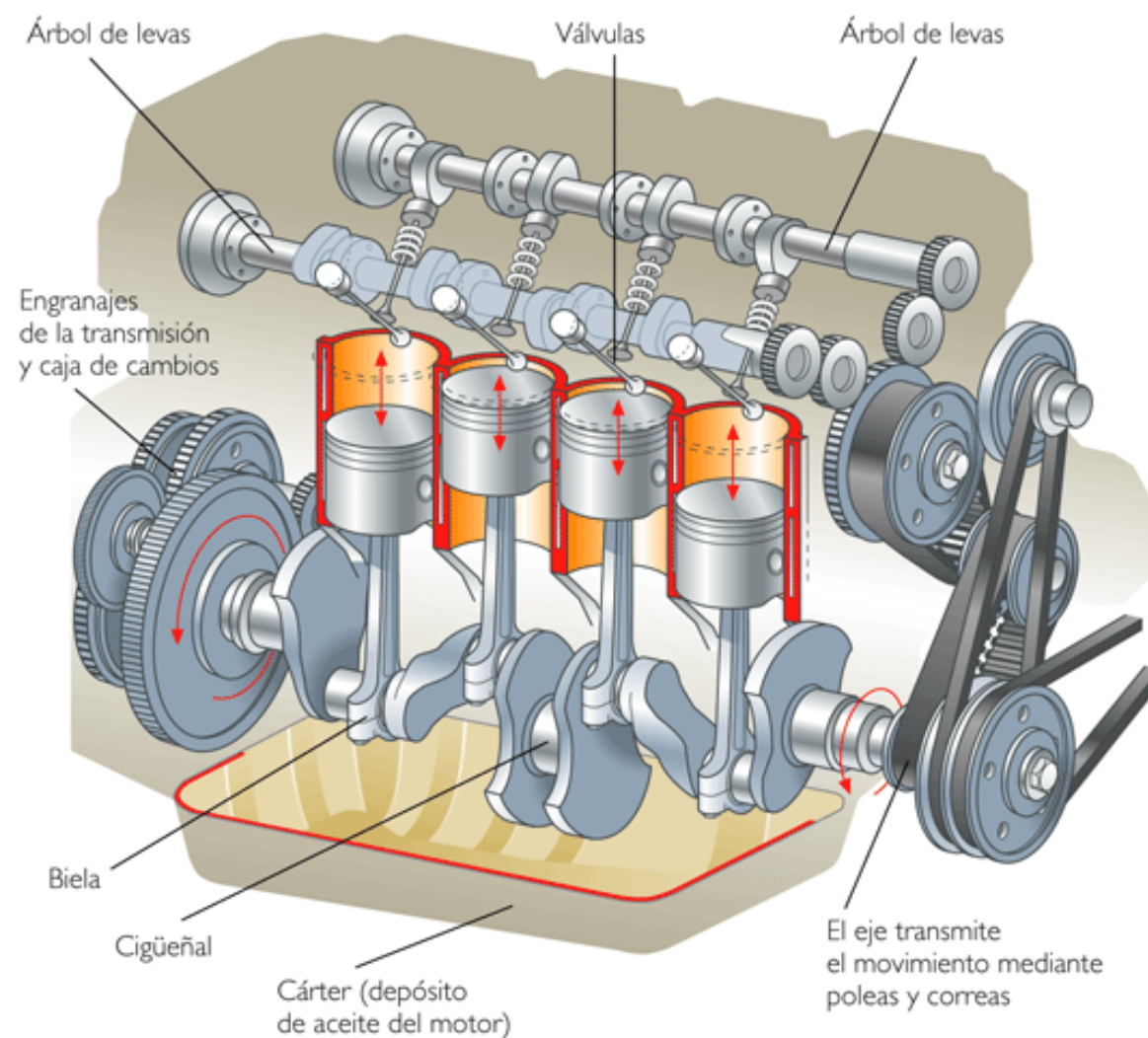


Imagen 2.35. Motor de gasolina.

La rotación de una pieza puede ser continua, intermitente o alternativa, designándose ésta última, más corrientemente, como oscilatoria. La traslación de un cuerpo, que puede ser rectilínea o curvilínea, también puede ser continua, intermitente o alternativa, con la excepción de que, evidentemente, la traslación rectilínea no puede ser continua. El movimiento de las barras de trasmisión que unen las ruedas de una locomotora que marcha sobre un tramo recto de la vía es un buen ejemplo de traslación curvilínea. Cuando el término traslación se usa sin calificativos se sobreentiende referido a traslación rectilínea.

Si uno de los eslabones de una cadena cinemática desmodrómica se mantiene fijo, el resultado es un **mecanismo**. Si fuera otro el eslabón fijo (de la misma cadena), tendríamos un mecanismo diferente. Evidentemente, puede haber, para una misma cadena, tantos mecanismos diferentes como eslabones tenga la cadena. Puede prestarse a confusión el uso de los términos mecanismo y máquina, ya que ambos designan fundamentalmente una cadena desmodrómica con un eslabón fijo.

La función primordial de un mecanismo es transmitir o modificar movimiento, mientras que la de una máquina es modificar energía y realizar trabajo. Por lo tanto, si la cadena se considera sólo desde el punto de vista del movimiento transmitido o modificado será un mecanismo. En cambio, si se considera como agente modificador de energía o productor de trabajo útil será una máquina.

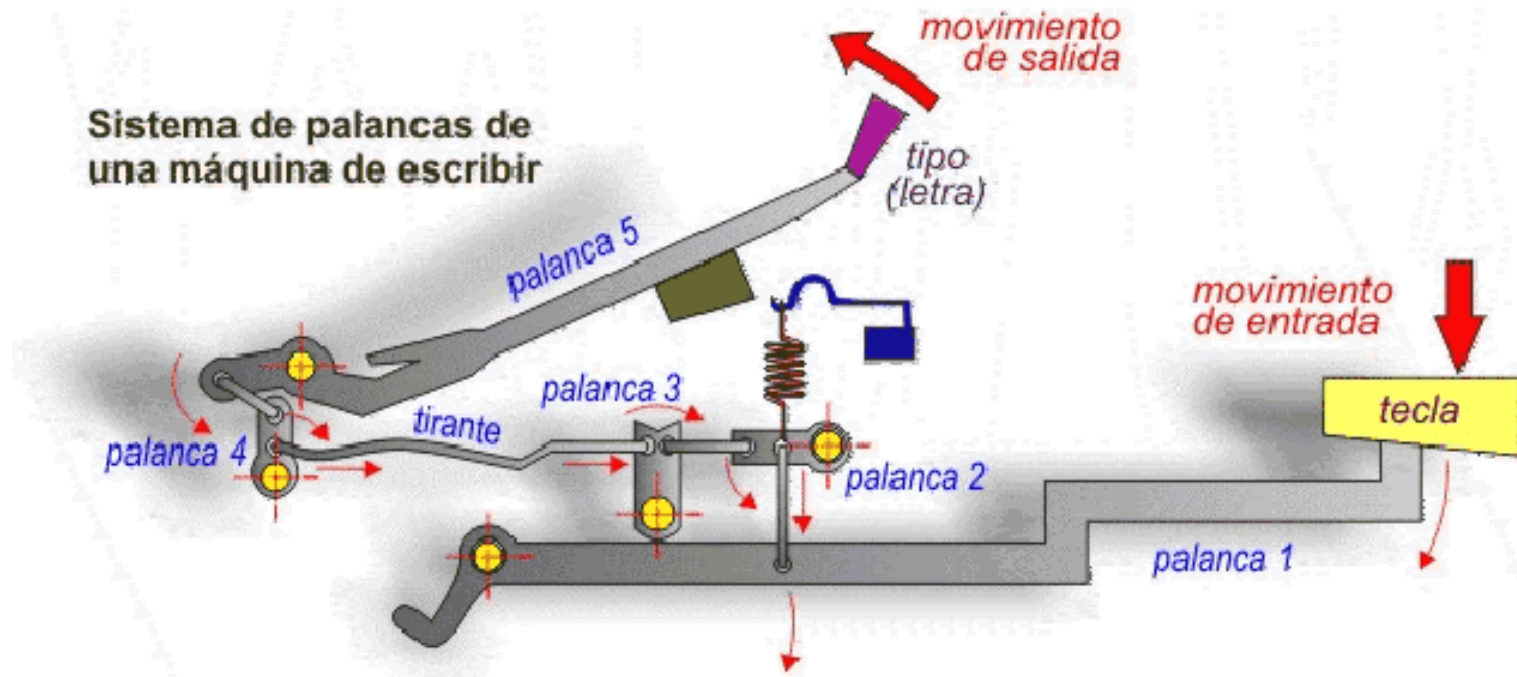


Imagen 2.36. El sistema de accionamiento de las letras en una “máquina de escribir”, constituye un ejemplo de MECANISMO.

| | | |
|------|---|----|
| 1398 | <p>MECANISMO DE PALANCAS Y COLISA DE LAS TECLAS DE UNA MÁQUINA DE ESCRIBIR</p> | PC |
| | | Te |

La tecla 1, que gira alrededor del eje fijo B, tiene un dedo a. El dedo a se desliza por la ranura b de la palanca 2 que gira alrededor del eje fijo A. La palanca 2 tiene un dedo c que entra en la ranura d del elemento 3, el cual gira alrededor del eje fijo D. Al apretar la tecla 1 la palanca acodada 2, girando alrededor del eje A, hace girar la palanca 3 a la posición indicada con línea de trazos. El resorte 4 hace regresar la tecla 1 a su posición inicial.

Imagen 2.37. Descripción de mecanismo 1398 del “Atlas de Artobolevsky”.

Hay numerosos instrumentos o aparatos tales como los relojes, máquinas de sumar, máquinas de escribir, etc., que, de acuerdo con las definiciones anteriores, se encuentran, aparentemente, en una zona intermedia entre mecanismo y máquina. Pero deben ser clasificados, propiamente, como mecanismos, ya que la fuerza que manejan es sólo la precisa para producir el movimiento relativo requerido. En otras palabras: el efecto útil es el movimiento de sus piezas y no la realización de trabajo externo. Cuando se analiza una cadena como mecanismo, no es preciso tener en cuenta las formas y proporciones de sus eslabones, salvo en lo que respecta a la situación de sus elementos de enlace. Como máquina, sin embargo, las necesidades de resistencia, rigidez, holguras, etc., obligan a considerar los eslabones en todos sus aspectos.

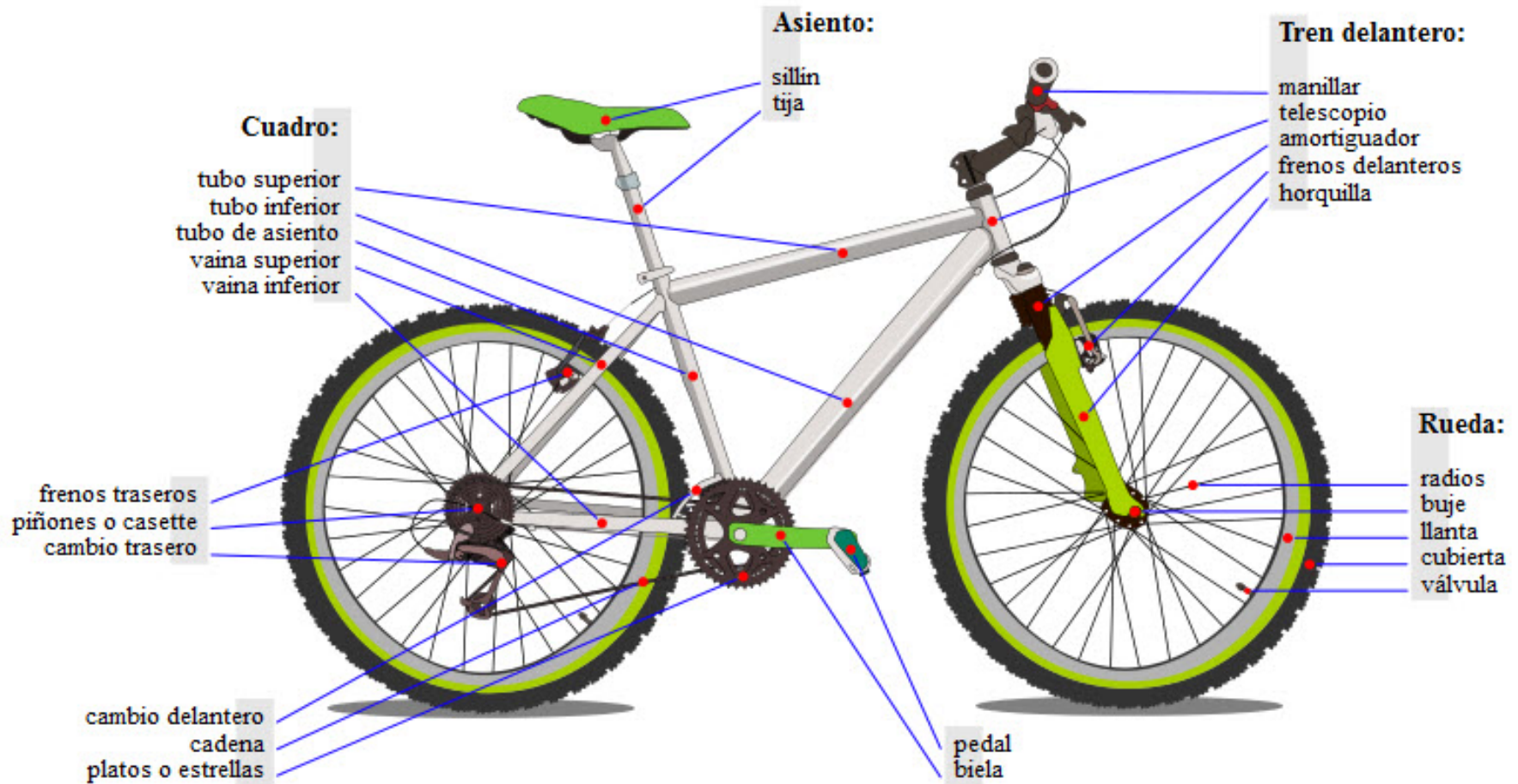


Imagen 2.38. Ejemplo de estructura, de máquina y de mecanismo.

La principal diferencia entre máquina y estructura consiste en que la primera sirve para modificar y transmitir energía o fuerza y movimiento, mientras que la segunda modifica y transmite solamente fuerza.

3.3. Cinemática.

La cinemática es el estudio de la posición y de sus derivadas temporales. Específicamente, trata con las posiciones, velocidades y aceleraciones de puntos, y con las posiciones angulares, velocidades angulares, y aceleraciones angulares de cuerpos rígidos. Todas estas entidades juntas son suficientes para describir las posiciones, velocidades y aceleraciones de los cuerpos rígidos. La posición de un cuerpo puede definirse indicando la posición de uno de sus puntos, y la posición angular del cuerpo. En algunas circunstancias, se está interesado no solo en conocer la posición, sino también las derivadas temporales correspondientes.

El campo de la cinemática abarca el estudio de la geometría del movimiento. Esta definición es exacta, ya que cinemática es geometría a la que se le añade el elemento tiempo. Por ello, los contenidos que se van a presentar a lo largo del módulo siguiente se les denominará genéricamente como Cinemática de Mecanismos. Nuestro objetivo en ese módulo será presentar técnicas que se pueden utilizar para analizar y diseñar mecanismos, en los que lo más importante es el tipo de movimiento de ciertas partes de los mismos.

3.4. Diseño: Análisis y Síntesis.

En general los sistemas mecánicos habría que estudiarlos desde dos puntos de vista. El primero consistiría en presentar técnicas que nos permitieran determinar las posiciones, velocidades y aceleraciones de ciertos puntos situados en los cuerpos que constituyen el

mecanismo, así como las posiciones angulares, velocidades y aceleraciones de dichos puntos. Se trata de las denominadas técnicas de *análisis cinemático*. El segundo consistiría en presentar métodos que permitiesen la determinación de la geometría de un mecanismo de tal forma que con el pudiésemos producir un conjunto preestablecido de posiciones y/o velocidades o aceleraciones, tanto de ciertos puntos como de los propios cuerpos. Se trata de las denominadas técnicas de *síntesis cinemática*. En este módulo y en este curso nos centraremos fundamentalmente en las primeras, por ser la base sobre las que se construyen las segundas.



Imagen 2.39. Montaje de un mecanismo obtenido mediante técnicas de síntesis.

La actividad que distingue la ingeniería de la ciencia es precisamente el diseño. La ciencia es el estudio de los que es; mientras que la ingeniería es la creación de los que queremos que sea. La actividad creativa es lo que se denomina diseño, o más comúnmente lo que se denomina *síntesis*. Las técnicas de síntesis desarrolladas por los cinemáticos ofrecen un camino prácticamente directo para el diseño de mecanismos que pueden automatizarse mediante el uso de estaciones de trabajo (computadoras) dotadas de posibilidades gráficas. Sin embargo, esas técnicas no representan el único modo de llevar a cabo diseño de mecanismos, siendo además relativamente restrictivas: existen únicamente técnicas de síntesis para unos determinados tipos específicos de problemas de diseño mecánico, existiendo muchos problemas de este tipo que no se pueden encuadrar dentro del conjunto de los tipos de soluciones disponibles. Precisamente por ello, una alternativa es utilizar la denominada *síntesis informal*. Esta es la metodología que usan los ingenieros para resolver problemas de diseño en muchas áreas técnicas, no solamente en el diseño de mecanismos. El procedimiento básico es “suponer” un conjunto de dimensiones y utilizar las técnicas de análisis para evaluar el comportamiento del mecanismo. Seguidamente las dimensiones se ajustan con el fin de intentar conseguir la respuesta esperada o planteada “a priori”, y se vuelve a analizar el mecanismo de nuevo. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta conseguir el comportamiento deseado. Por lo tanto, no debe extrañar que en un curso tan limitado en tiempo como el que estamos desarrollando, todo el énfasis se coloque en las técnicas de análisis de mecanismos.

Desde un punto de vista de la ingeniería, no es posible tratar el diseño mecánico solamente en términos de la cinemática. El hecho de realizar un análisis de aceleraciones es lo que posibilita el cálculo de las fuerzas de inercia sobre los cuerpos, con lo que se pueden determinar las fuerzas que se transmiten a través de las uniones a lo largo de los cuerpos que constituyen el mecanismo, que permitirían incluso el cálculo de las fuerzas internas o tensiones que aparecen en ellos. Los mecanismos sirven usualmente para conducir cargas, así como para generar movimientos. De hecho, tan pronto como introducimos el concepto de fuerza, estamos abandonando el dominio de la cinemática pura, para adentrarnos en el dominio de la *dinámica o cinética*. Además, en la mayoría de los mecanismos las fuerzas más grandes son las fuerzas de inercia motivadas por el movimiento, por ello es conveniente estudiarlos dentro del dominio de las técnicas cinemáticas. No es de extrañar por ello, que en estos primeros módulos se haga mucho más hincapié en el estudio de dichas técnicas, frente a las dinámicas, que se utilizaran en módulos posteriores pero se justificaran con mucha menor profundidad.