

Sistemas técnicos

Sistemas:

mecánicos,

eléctricos,

neumáticos,

hidráulicos

Aquiles Gay

con la colaboración de
Miguel Angel Ferreras

Sistemas técnicos

Sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos e hidráulicos

Aquiles Gay
con la colaboración de
Miguel Angel Ferreras

Entendemos por sistema un conjunto de elementos en interacción dinámica organizados en función de un objetivo. Podemos reconocer sistemas naturales (una célula, el cuerpo humano, etc.) y otros hechos por el hombre. Los hechos por el hombre, con fines utilitarios, podemos denominarlos "**Sistemas técnicos**". Este nombre abarca un espectro muy amplio de sistemas; en nuestro análisis nos centraremos en algunos, nominándolos en función de la técnica o de la energía vinculada a los mismos. Tenemos así:

Sistemas mecánicos,
Sistemas eléctricos,
Sistemas neumáticos,
Sistemas hidráulicos.

La clasificación responde, entre otras, a las siguientes razones:

1. Estos sistemas están asociados a campos de conocimientos que, en cada caso, son propios de la técnica involucrada, por lo que, tanto para su diseño como para su montaje, se requieran conocimientos y capacidades específicas;
2. Cada uno de estos sistemas, como totalidad, tiene propiedades características que dependen de la naturaleza de la fuente de energía que lo motoriza.

Si bien estamos viviendo una etapa de integración en donde se tiende a caracterizar los sistemas más globalmente (sistemas telemáticos, cibernéticos, mecatrónicos, etc.), esta clasificación, que recoge la evolución histórica de los sistemas, sigue teniendo vigencia y para nosotros es un importante paso intermedio para entender los sistemas actuales, mucho más complejos.

El funcionamiento de los sistemas depende de sus componentes y de la interacción entre los mismos, así como de causas que producen cambios en las magnitudes en juego. Entre las causas podemos reconocer:

La fuerza en los sistemas mecánicos.
(Entendemos por Fuerza la causa que tiende a producir un cambio en el movimiento de un cuerpo sobre el que actúa)

La tensión (voltaje) en los sistemas eléctricos.

La presión en los sistemas hidráulicos y neumáticos.

Podemos decir que hay una analogía entre estas tres magnitudes; por ejemplo, la tensión, que produce una circulación (flujo) de corriente en un circuito eléctrico, es análoga a la presión que provoca un flujo de líquido o de gas en una tubería, o a la fuerza que produce un desplazamiento. Esta analogía permite, que los sistemas en que están involucradas estas magnitudes puedan representarse mediante un mismo modelo, en otras palabras son sistemas análogos, aunque sean diferentes físicamente.

«El concepto de sistema análogo es muy útil en la práctica por las siguientes razones:

1. La solución de la ecuación que describe un sistema físico puede aplicarse directamente al sistema análogo en otro campo.

2. Puesto que un sistema puede ser más fácil de manejar experimentalmente que otro, en lugar de construir y estudiar un sistema mecánico (o hidráulico, o neumático, etc.), podemos construir y estudiar su análogo eléctrico, porque los sistemas eléctricos o electrónicos son en general, mucho más fáciles de tratar experimentalmente.»¹

Como hemos planteado en estos cuatro sistemas hay flujos (o desplazamiento), aunque de características distintas en cada caso.

En los **sistemas mecánicos** hay desplazamiento de elementos sólidos,
en los **sistemas eléctricos**, circulación de corriente, y
en los **sistemas hidráulicos y neumáticos** flujo de fluido (líquido en los primeros y gas en los segundos).

El estudio y la **comprensión** global de cualquier sistema requiere un enfoque totalizador, el llamado enfoque sistémico. El enfoque sistémico utiliza herramientas, de muy diversas jerarquías, que permiten desarrollarlo; entre ellas podemos mencionar, los diagramas de bloques, el reconocimiento de invariantes (es decir, de principios generales, estructurales y funcionales que puedan aplicarse tanto a un sistema como a otro), el análisis de sistemas, etc., al respecto recordamos lo que dice Joël de Rosnay en *El macroscopio*, «el análisis de sistemas representa una de las herramientas del enfoque sistémico; pero considerado aisladamente, conduce a la reducción de un sistema a sus componentes y a interacciones elementales»².

En este trabajo enfocaremos el "análisis técnico de los sistemas", aplicado concretamente a los sistemas mencionados (mecánico, eléctrico, neumático e hidráulico).

El análisis técnico (ingenieril) de los sistemas es un aspecto parcial que ayuda a **entender** el funcionamiento de los mismos, pero dejando sentado que para **comprender** globalmente el tema se requiere vincularlo al contexto en el que el sistema está inserto, teniendo en cuenta tanto los flujos (de materia, energía e información) puestos en juego, como el contexto social, cultural, económico, histórico, etc. (causas, efecto e impacto).

Planteamos que uno de los objetivos de este trabajo es esbozar una forma de sistematizar los datos técnicos (ingenieriles), que el alumno posea o vaya obteniendo al analizar un sistema, como medio para contribuir a desarrollar su capacidad de razonamiento.

¹ OGATA, K. *Dinámica de sistemas*, Prentice-Hall, México, 1987, p. 134.

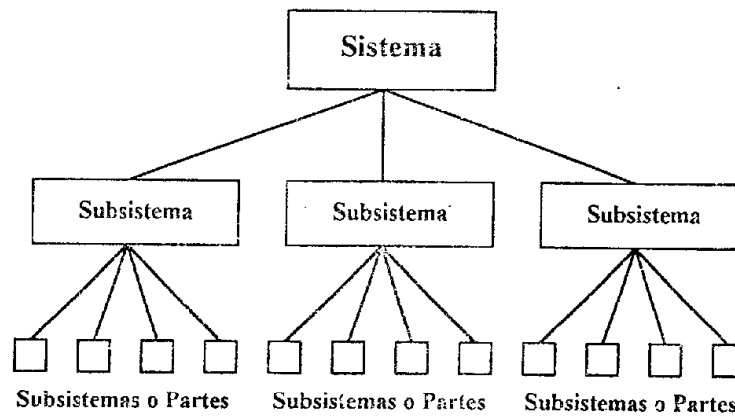
² ROSNAY, J. de. *El Macroscopio*. Madrid, Ediciones AC, 1978, p. 73-74.

Análisis técnico

En el estudio de los sistemas técnicos, y desde un punto de vista didáctico y lógico-formativo, es interesante sistematizar los datos que podemos tener u obtener, mediante una organización lógica de la información. Consideramos útiles: los **grafos de árbol**, que permiten una rápida visualización global del tema, y las **tablas**, que lo complementan.

Queremos destacar que nuestro objetivo no es el manejo de la información como fin en sí, sino como medio para desarrollar y reforzar capacidades lógicas aplicables en múltiples contextos.

GRAFO DE ARBOL



Los subsistemas pueden descomponerse en otros subsistemas o en partes, los subsistemas pueden, a su vez, ser considerados como sistemas.

TABLA DE ANALISIS TECNICO

Sistema	Subsistema o Parte	Función	Principio de funcionamiento	Material y/o Características
				Material Tamaño Costo Peso Precisión Duración Seguridad Confiabilidad Facilidad de montaje Facilidad de mantenimiento Contaminación Ruido; etc.

No siempre se requiere desarrollar todos los ítems planteados en los enunciados de las columnas, ni tampoco todos los mencionados en la última columna de la tabla, que pueden explicitarse con más amplitud en textos escritos; todo depende de las características del sistema y de los objetivos buscados, teniendo siempre presente que los grafos de árbol y las tablas permiten visualizar rápidamente los aspectos que queremos destacar como organizadores del conocimiento.

A continuación analizaremos los cuatro sistemas que hemos planteado, pero dejamos sentado que, salvo los sistemas mecánicos, que pueden materializarse independientemente, los otros generalmente se presentan vinculados a sistemas mecánicos o a elementos mecánicos. Por ejemplo, los sistemas hidráulicos y los neumáticos normalmente accionan sistemas mecánicos (cilindros con pistones que se desplazan, turbinas de aire o de agua, etc.), o el caso del depósito del inodoro que forma parte del sistema hidráulico de una casa, pero que tiene un sistema mecánico de accionamiento. Los sistemas eléctricos también, o están asociados a sistemas mecánicos, o cuentan con elementos mecánicos, como por ejemplo interruptores, relés, etc. Estos sistemas pueden aislarse, por abstracción, de sus componentes mecánicos.

Sistemas mecánicos

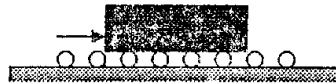
Los sistemas mecánicos son sistemas de transmisión de fuerzas y/o de movimientos.

Con referencia al movimiento de los cuerpos es interesante plantear algunos aspectos vinculados al tema. Un cuerpo se mueve cuando actúa sobre él una fuerza que lo impulsa; al desaparecer la fuerza, el cuerpo tiende, **por inercia**, a continuar su movimiento, y teóricamente no se debería detener si no actúa sobre él una fuerza, en sentido contrario, que equilibre su fuerza de inercia. Un ejemplo cotidiano de la materialización de este fenómeno es el efecto a que está sometido nuestro cuerpo cuando el vehículo en el que nos desplazamos sufre una brusca disminución de velocidad, o su detención. En el caso del automóvil esto explica la importancia del uso del cinturón de seguridad, y la existencia de los *air-bag*; ambos disminuyen los riesgos de lesión.

Pero la experiencia muestra que todo cuerpo en movimiento, sobre el que no actúa fuerza alguna, excepto la fuerza de inercia, termina deteniéndose, la razón de esta detención es **la fricción** entre el cuerpo, y la superficie sobre la que se desplaza, o el medio que lo rodea. Es decir que **la fricción** genera una fuerza que actúa en sentido contrario al movimiento.

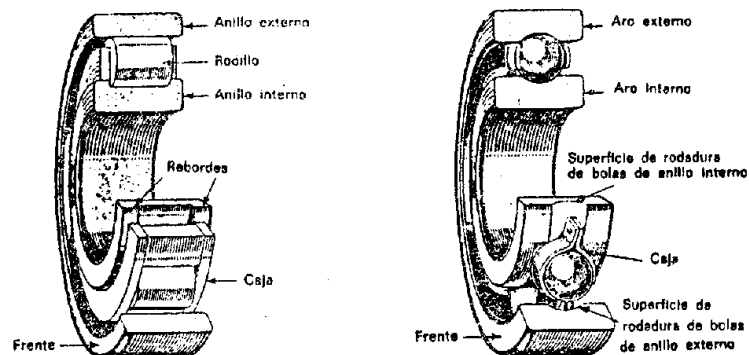
La fricción está siempre presente en los cuerpos o elementos en movimiento provocando una disminución de la energía cinética, que se manifiesta bajo la forma de calentamiento de las superficies en contacto. Este problema es conocido desde hace muchos siglos, como lo demuestra el engrasado, que prácticamente desde la remota antigüedad se efectúa en los bujes de los carros, y en general en los ejes en movimiento, o la construcción de caminos buscando reducir los obstáculos y el roce.

Para disminuir la fricción se emplean cojinetes de rodillos o de bolas, (rodillos de madera en algunos molinos de viento allá por el Siglo XIV aproximadamente), estos cojinetes, llamados **rodamientos** (en francés *roulements*) transforman gran parte del rozamiento en rodamiento; para entender su importancia y su funcionamiento, podemos imaginar la diferencia entre el esfuerzo requerido para desplazar un cuerpo sobre una superficie lisa, y el requerido cuando interponemos entre el cuerpo y la superficie una serie de rodillos que al rodar sobre la superficie de apoyo facilitan el movimiento, como era corriente en la antigüedad para desplazar los grandes bloques que se usaban en las construcciones.



En el aula se puede fácilmente hacer una demostración que permita razonar sobre el tema. Se coloca un libro sobre una mesa o una tabla y se inclina la mesa o la tabla hasta que el libro se deslice. Luego se repite la operación pero colocando debajo del libro una serie de lápices cilíndricos en paralelo y paralelos al eje de inclinación de la mesa o de la tabla, constatándose que el libro se desliza con una inclinación mucho menor.

El principio de los rodamientos es el mismo, solamente que la superficie sobre la que se desplazan los rodillos o las bolas es circular.



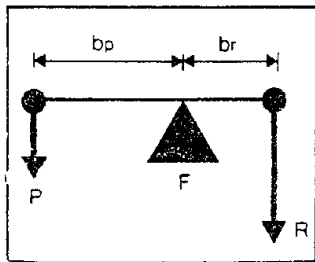
El fenómeno de la fricción generalmente plantea problemas, pero por otra parte es el que permite el desplazamiento de los vehículos de ruedas, si no hubiera fricción entre las ruedas y el piso, las ruedas girarían libres y el vehículo no se desplazaría. Al respecto es interesante preguntarse por qué podemos escribir con un bolígrafo sobre una hoja de papel y no sobre el vidrio; en este último caso prácticamente no hay fricción y la bolita no gira. La fricción entre las ruedas y el piso convierte toda la energía mecánica que llega a las ruedas en energía térmica.

Hemos comentado que la fricción normal (no intencional) entre piezas en movimiento provoca una disminución de la energía disponible y consecuentemente de la fuerza que motoriza el movimiento. El aumento de la fricción puede llegar a ser tal que la fuerza disponible no alcance a vencer la fuerza de rozamiento y el movimiento cese.

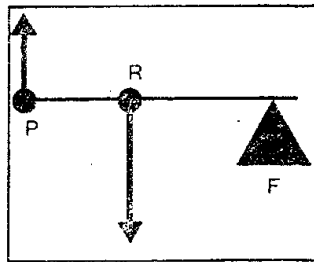
Las máquinas

En los sistemas mecánicos podemos reconocer la presencia de máquinas, entendiendo aquí por máquina todo cuerpo o sistema de cuerpos destinados a vencer ciertas fuerzas resistentes mediante otras fuerzas llamadas potencias. Si bien esta definición es parcial, pues hace referencia fundamentalmente al aspecto mecánico de la máquina, mientras que el término tiene una amplitud mucho mayor, en este caso es interesante, pues permite abarcar aspectos importantes del tema.

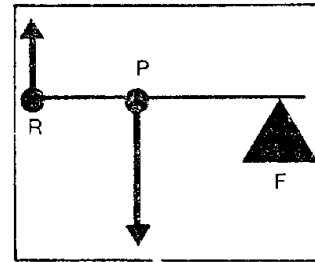
Las máquinas simples (de las que derivan todas las otras) son: **la palanca, la rueda y el plano inclinado (la cuña y el tornillo)**. Se llaman máquinas simples porque no se pueden descomponer en otras más simples aún.



Palanca de primer género

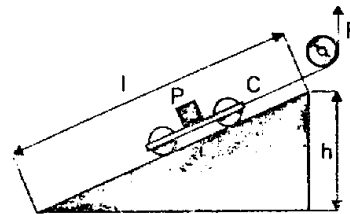


Palanca de segundo género



Palanca de tercer género

El **plano inclinado** es una máquina simple que sirve para reducir los efectos de la gravedad cuando se desea llevar un cuerpo a un plano superior, la relación entre la altura del plano y la longitud del desplazamiento es igual a la relación entre la fuerza F necesaria para subir una carga, y el peso P de la carga.

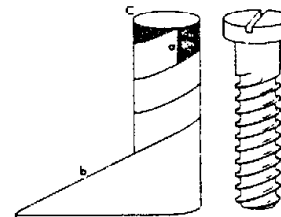


$$h/l = F/P$$

La **cuña** se basa en el plano inclinado, las fuerzas en ángulo recto a cada uno de los lados de la cuña son mayores que la fuerza que actúa sobre la base.

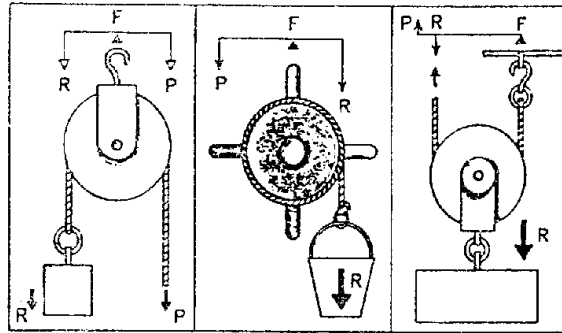


El **tornillo** también deriva del plano inclinado. Un triángulo de papel enrollado alrededor de un cilindro marca la rosca del tornillo.



De las máquinas simples se han derivado **la polea, el torno, las ruedas dentadas y los diversos tipos de engranajes, la biela manivela, el árbol de levas, etc.**

La polea fija es una aplicación directa de la palanca de 1^{er} género; también el torno es una palanca de 1^{er} género, mientras que la polea móvil es una palanca de 2^{da} género.



Las máquinas, tanto las simples como las compuestas, pueden considerarse como mecanismos capaces de transmitir o de transformar movimientos.

Normalmente los movimientos suelen provenir de máquinas que generan el movimiento rotatorio de un árbol motor. La transmisión de este movimiento rotatorio puede ser: por contacto directo (ruedas de fricción o ruedas dentadas) o por órganos intermedios, flexibles (correas o cadenas) o rígidos (bielas de acoplamiento).

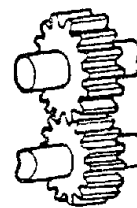
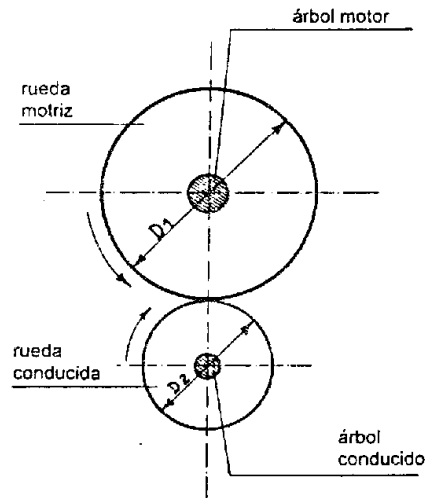
Ruedas de fricción.

Las ruedas de fricción son ruedas lisas, sin dientes, presionadas una contra otra con una cierta fuerza para poder transmitir el movimiento de rotación de una (rueda motriz o conductora) a la otra (rueda conducida), que gira en sentido contrario a la primera. Es un sistema sencillo y silencioso pero limitado en cuanto a la fuerza que se puede transmitir (no más de 5 a 10 HP). La relación de los números de giros de cada rueda es inversamente proporcional a la relación de sus diámetros. Si n_1 es el número de giro de una rueda D_1 , y n_2 el número de giro de una rueda D_2 , la relación será:

$$n_1/n_2 = D_2/D_1$$

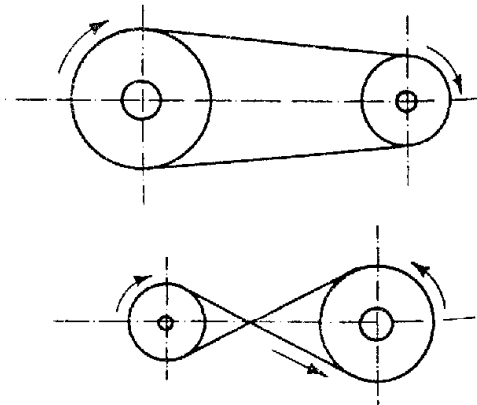
Ruedas dentadas.

Para transmitir potencias, sin límites máximos, y reducir la presión de una rueda contra la otra, sin problemas de deslizamiento, se usan las **ruedas dentadas**. Dos ruedas dentadas engranadas entre sí constituyen un mecanismo elemental llamado **engranaje**. La relación de transmisión, definida como la relación entre los números de giro de ambas ruedas es inversamente proporcional a los números de dientes.



Transmisión por medio de órganos intermedios flexibles, correas o cadenas.

Cuando el árbol motriz y el conducido son paralelos, pero están a cierta distancia se utilizan **correas** o **cadenas**, según sea la potencia a transmitir y la posibilidad o no de aceptar deslizamientos. Las cadenas requieren lubricación, las correas no.

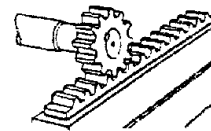
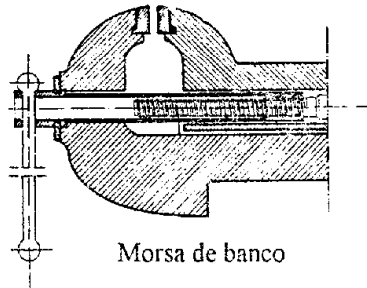


Transmisión por órganos intermedios rígidos

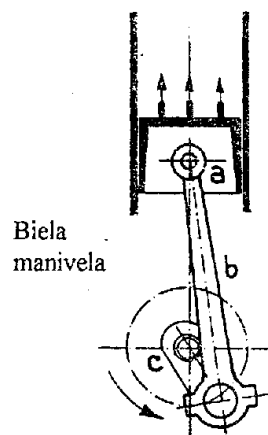
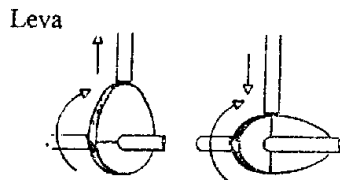
En muchos casos es necesario:

- Transformar un movimiento de rotación en otro de traslación o viceversa; o
- Transformar un movimiento de rotación continuo en un movimiento de traslación alternativo o viceversa.

En el primer caso tenemos el **tornillo común** y la **tuerca** (un ejemplo de aplicación es la **morsa de banco**), el **piñón** y la **cremallera**, etc.



En el segundo caso tenemos la **biela-manivela**, (ampliamente empleada en mecanismos como los motores de explosión, compresores de émbolo, pedaleras de máquinas de coser, etc.), la **leva** (árbol de leva), etc.

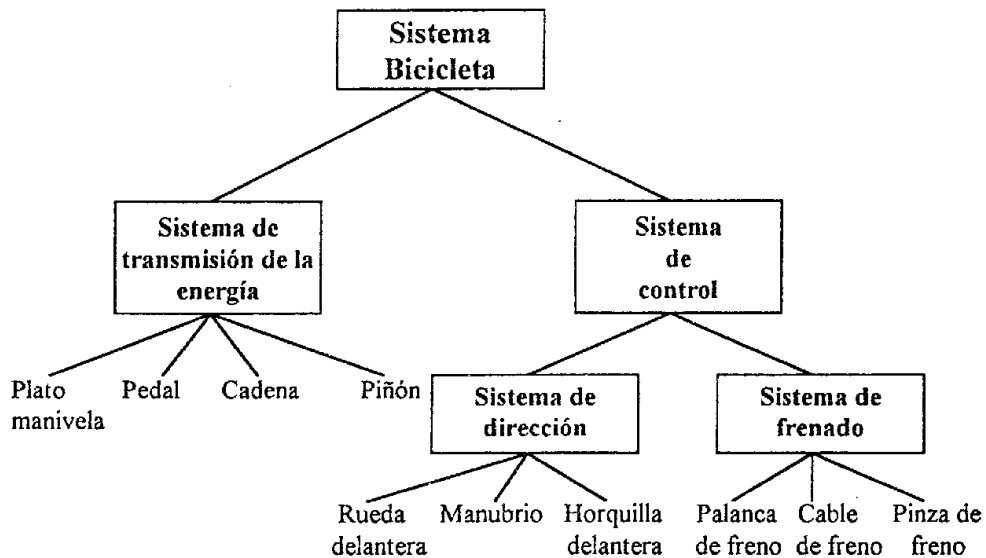


Análisis técnico de un sistema mecánico

Tomaremos como ejemplo una máquina muy corriente y conocida: la bicicleta.

En el sistema bicicleta podemos identificar diversos sistemas, por ejemplo: el sistema de transmisión de la energía (del pedal al piñón), el sistema de control (sistema de dirección y sistema de frenado), el sistema estructural, el sistema de protección (guardabarros), el sistema eléctrico, etc.

A continuación planteamos un grafo de árbol parcial del sistema bicicleta. Se han seleccionado el sistema de transmisión de la energía y el sistema de control, porque abarcan aspectos sustantivos de la bicicleta como vehículo de transporte.



A continuación desarrollamos una tabla del sistema de transmisión de la energía

Parte	Función	Material y/o Características
Plato manivela	Transforman energía muscular en energía cinética	De acero Cromado; rígido; etc.
Pedal		
Cadena	Transmite la energía cinética del plato al piñón	De acero Flexible; resistente; etc.
Piñón	Solidario a la rueda trasera, transmite a ésta su movimiento	De acero Seguro; etc.

Tanto el pedal como la cadena o el piñón podrían considerarse subsistemas y analizarlos como tales.

Sistemas eléctricos

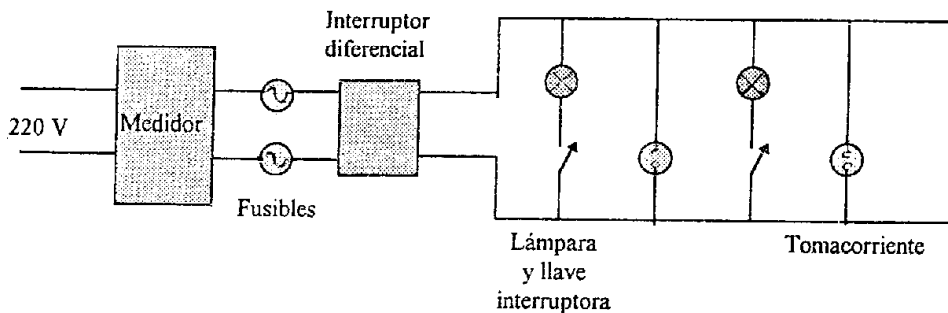
Los sistemas eléctricos, basados en circuitos eléctricos (y circulación de corriente), se utilizan para transmitir señales y/o energía. En los circuitos eléctricos podemos identificar magnitudes, entre las que podemos mencionar:

- la **tensión** (*Volt*), que como hemos dicho es análoga a la presión en los sistemas hidráulicos y neumáticos;
- la **corriente** (*Amper*) análoga al flujo del fluido en los sistemas hidráulicos y neumáticos;
- la **resistencia** (*Ohm*). La resistencia de un conductor es proporcional a su longitud, e inversamente proporcional a su sección transversal. La resistencia aumenta con la longitud del conductor y con la disminución de su sección.
- la **potencia** (*Watt*), igual a la tensión por la corriente.
- la **energía** (*kWhora*), la potencia en la unidad de tiempo.

Como fuente de energía la electricidad ofrece muchas ventajas, es fácilmente transportable, se puede transformar cómodamente en otras formas de energía (mecánica, térmica, luminosa, química, etc.), es cómoda, es limpia, etc., pero requiere tener en cuenta condiciones de seguridad.

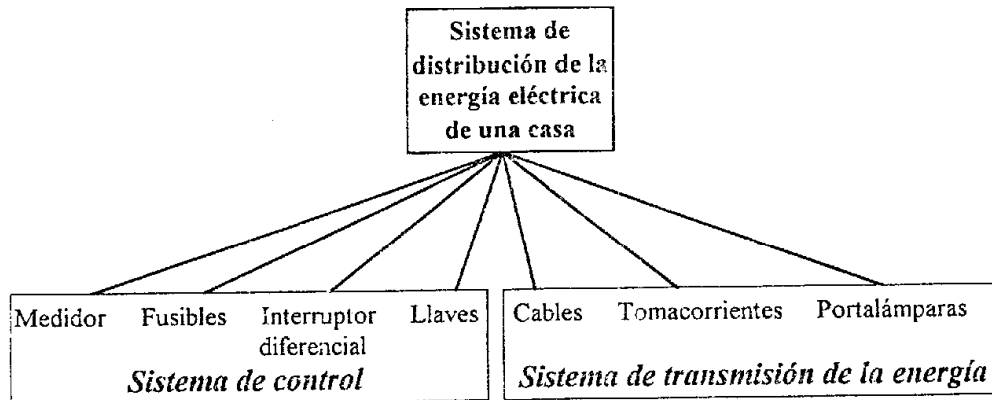
La tensión para uso familiar es de 220 V (corriente alterna monofásica) y para uso industrial de 380 V (corriente alterna trifásica). En los automóviles normalmente es de 12 V (corriente continua). Para disminuir las pérdidas, en transmisiones a gran distancia, se eleva la tensión a varios miles de voltios (13.200; 33.000; 66.000; 132.000 V, etc.), la razón es que siendo la potencia puesta en juego igual al producto de la tensión por la corriente, al aumentar la tensión disminuye el valor de la corriente circulante y como consecuencia las pérdidas en la línea bajo forma de calor .

Modelo de circuito eléctrico de una casa-habitación



Análisis técnico de un sistema eléctrico

Podemos tomar como ejemplo el sistema de distribución de la energía eléctrica de una casa y hacer el correspondiente grafo de árbol y la tabla.



A continuación desarrollamos una tabla de análisis técnico de un:
Sistema de distribución de la energía eléctrica de una casa.

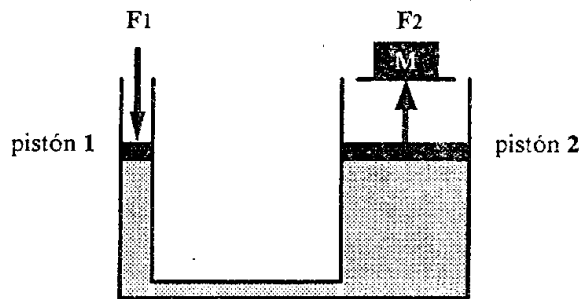
Parte o Subsistema	Función	Principio de funcionamiento	Material y/o Características
Medidor	Medir el consumo de energía	Escapa del marco de este análisis	Precisión Confiabilidad; etc.
Fusible	<i>Proteger la instalación</i> Interrumpir la circulación de corriente cuando hay un cortocircuito o una sobrecarga	El cortocircuito o la sobrecarga genera aumento de corriente y un aumento de la temperatura del cable, el fusible que es de menor sección o temperatura de fusión se funde	Material de menor sección que el conductor o/y de menor temperatura de fusión (ej. plomo) etc.
Interruptor diferencial	<i>Proteger a las personas</i> Interrumpir el suministro de energía cuando hay una pérdida a tierra, por ejemplo cuando una persona no aislada de tierra toca un polo de la tensión eléctrica	Detecta la diferencia de corriente en los dos cables conductores, y actúa si la misma supera un determinado valor, pues indicaría una pérdida a tierra.	Seguridad Confiabilidad etc.
Llaves	Interrumpir la circulación de corriente		Seguridad Duración; etc.
Cables	Permitir la circulación de corriente	Conductibilidad del material del cable	Material conductor de baja resistividad
Tomacorrientes	Posibilitar el acceso seguro al suministro de energía eléctrica		Seguridad Comodidad etc.
Portalámparas	Asegurar la conexión de la lámpara al circuito eléctrico		Seguridad Practicidad; etc.

Sistemas hidráulicos

Los fluidos, ya sean líquidos o gases son importantes medios para transmitir señales y/o potencias, y tiene un amplio campo de aplicación en las estructuras productivas. Los sistemas en el que el fluido puesto en juego es un líquido se llaman **sistemas hidráulicos**. El líquido puede ser, agua, aceites, o sustancias no oxidantes y lubricantes, para evitar problemas de oxidación y facilitar el desplazamiento de las piezas en movimiento.

Los sistemas hidráulicos se basan, en la incompresibilidad práctica de los líquidos, que a diferencia de los gases no se pueden comprimir (por lo menos a presiones ordinarias), y en que la presión ejercida sobre un líquido se transmite a través del mismo, con la misma intensidad, en todas direcciones. Esto distingue los líquidos de los sólidos, que no transmiten presiones, sino fuerzas.

Un caso paradigmático de sistemas hidráulicos es la prensa hidráulica, cuyo esquema de funcionamiento se puede observar en la siguiente figura:



Cuando aplicamos una fuerza " F_1 " sobre el pistón "1", de superficie " A_1 " ($\pi \times R^2$), se genera una presión en el líquido que llamaremos " p "

$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad \text{por consiguiente} \quad F_1 = p \cdot A_1$$

La fuerza " F_2 " que se genera en el pistón 2 será:

$$F_2 = p \cdot A_2$$

Siendo " A_2 " la superficie del pistón "2"

Mientras mayor sea el diámetro del pistón "2", mayor será la fuerza " F_2 ".

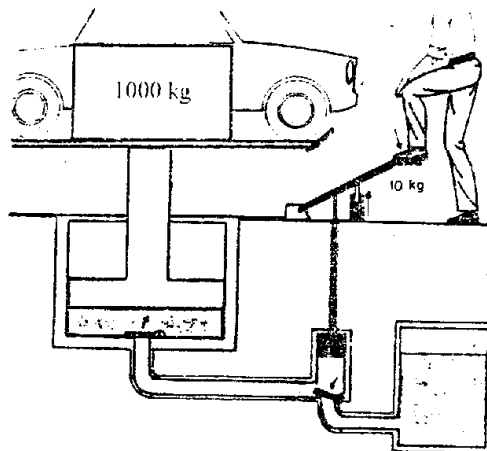
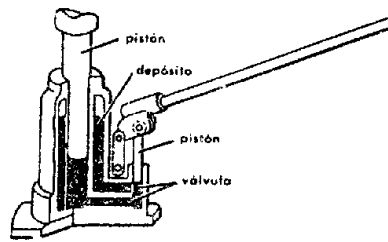
En otras palabras, si aplicamos una fuerza " F_1 " en el pistón "1", de diámetro relativamente pequeño, obtendremos una fuerza " F_2 " mucho mayor en el pistón "2", de diámetro mayor.

La no compresibilidad de los líquidos y la transmisión de la presión a través de los mismos se pueden demostrar fácilmente en el aula con jeringas de inyecciones. Con dos jeringas de inyección (tanto de igual como de distinto diámetro), vinculadas entre sí mediante un tubo de plástico, se pueden realizar interesantes experiencias, y aplicaciones concretas a modelos construidos por los alumnos; por ejemplo para mover dispositivos mecánicos.

Ejercicio: en la figura anterior, suponiendo que la superficie " A_2 " del pistón "2" es 20 veces la superficie " A_1 " del pistón "1", determinar el recorrido del pistón "2" cuando el pistón "1" desciende 2 cm.

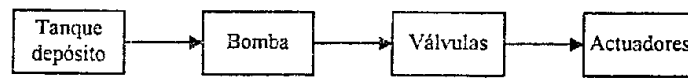
Los sistemas hidráulicos tienen un amplio campo de aplicación, podemos mencionar, además de la prensa hidráulica, el sistema hidráulico de accionamiento de los frenos, elevadores hidráulicos, el gato hidráulico, los comandos de máquinas herramientas o de los sistemas mecánicos de los aviones, etc., en estos casos el líquido es aceite. Estos mecanismos constan de una bomba con pistón de diámetro relativamente pequeño, que al trabajar genera una presión en el líquido, la que al actuar sobre un pistón de diámetro mucho mayor produce una fuerza mayor que la aplicada al pistón chico, y que es la fuerza utilizable.

Gato hidráulico



Elevador hidráulico

Los circuitos hidráulicos básicos están formados por cuatro componentes: un depósito para guardar el fluido hidráulico, una bomba para forzar el fluido a través del circuito, válvulas para controlar la presión del fluido y su flujo, y uno o más actuadores que convierten la energía hidráulica en mecánica. Los actuadores realizan la función opuesta a la de las bombas. El depósito, la bomba, las válvulas de control y los actuadores son dispositivos mecánicos.



Ventajas y desventajas de los sistemas hidráulicos

Algunas ventajas:

- El fluido hidráulico actúa como lubricante y además puede transportar el calor generado hacia un intercambiador.
- Los actuadores, aún pequeños, pueden desarrollar grandes fuerzas o pares, y operar en forma continua sin dañarse; etc.

Algunas desventajas:

- La potencia hidráulica no es tan fácilmente disponible, en comparación con la potencia eléctrica.
- El costo de un sistema hidráulico en general es mayor que el de un sistema eléctrico semejante que cumpla la misma función; etc.

Sistemas neumáticos

Los **sistemas neumáticos** son sistemas que utilizan el aire u otro gas como medio para la transmisión de señales y/o potencia. Dentro del campo de la neumática la tecnología se ocupa, sobre todo, de la aplicación del aire comprimido en la automatización industrial (ensamblado, empaquetado, etc.)

Los sistemas neumáticos se usan mucho en la automatización de máquinas y en el campo de los controladores automáticos. Los circuitos neumáticos que convierten la energía del aire comprimido en energía mecánica tienen un amplio campo de aplicación (martillos y herramientas neumáticas, dedos de robots, etc.) por la velocidad de reacción de los actuadores y por no necesitar un circuito de retorno del aire.

En los sistemas neumáticos, el movimiento del émbolo de los cilindros de los actuadores es más rápido y suave que en los mecanismos hidráulicos. (Por ejemplo, el taladro y el martillo neumático, responden muy bien a las exigencias requeridas en estos casos)

Un circuito neumático básico puede representarse mediante el siguiente diagrama funcional:



Los actuadores neumáticos, dispositivos que convierten energía neumática en energía mecánica, pueden ser de dos tipos: cilindro neumático (para movimientos lineales) y motor neumático (para movimiento rotatorio continuo).

El aire comprimido puede ser empleado como: **1. Accionador o motor**
o como: **2. Mando o control**

Comparación entre sistemas neumáticos y sistemas mecánicos

- El aire y los gases son compresibles, mientras que el aceite es incompresible.
- El aire carece de propiedades lubricantes y siempre contiene vapor de agua, mientras que el aceite funciona como fluido y como lubricador.
- La presión normal de operación de los sistemas neumáticos es más baja que la de los sistemas hidráulicos.
- La potencia de salida de los sistemas neumáticos es mucho menor que las correspondientes a los sistemas hidráulicos.
- En los sistemas neumáticos no se necesitan tubos de retorno, mientras que son necesarios en los circuitos hidráulicos. etc.

Las características de los sistemas hidráulicos de frenado son, entre otras:

1. Igualdad de acción en las cuatro ruedas.
2. Mínimo de piezas en movimiento y de enclavamientos complicados.
3. Fácil y suave aplicación.
4. Ventajas de mantenimiento.

Sistema neumático de frenado. En los vehículos pesados como grandes camiones u ómnibus, trenes, etc. el sistema hidráulico de frenado de los automóviles no es viable pues el conductor debería aplicar demasiada fuerza al pedal de freno, y aún así no podría lograr detener, por ejemplo, una locomotora y la serie de vagones acoplados a la misma, por lo que se planteó otro sistema, el sistema neumático, conocido también como freno de aire. En los sistemas neumáticos el frenado se logra mediante aire comprimido que actúa sobre pistones que accionan las zapatas de freno, el aire comprimido proviene de un tanque alimentado por un compresor vinculado al motor del vehículo, en estos casos el conductor maneja tan sólo una válvula que regula la presión del aire en el circuito.

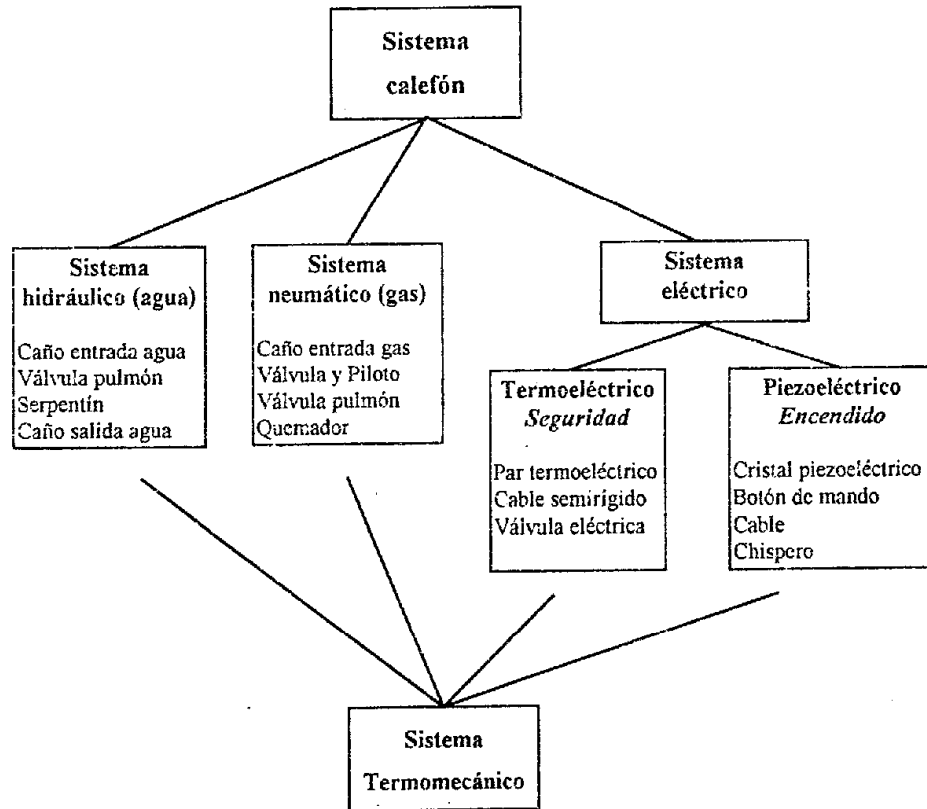
Sistema eléctrico de frenado. A los sistemas anteriores se le puede agregar el de accionamiento eléctrico de los frenos de fricción, que se basa en el uso de electroimanes, estos sistemas no son muy corrientes y se utilizan en algunos casos particulares. Los que tuvieron y siguen teniendo vigencia (por ejemplo en los tranvías eléctricos, en donde todavía existen), son los frenos electrodinámicos o los de contra corriente, que hemos comentado en párrafos anteriores, su utilización se remonta al siglo pasado, y en la actualidad son motivo de nuevas investigaciones.

Los Sistemas técnicos, en la óptica de la Educación Tecnológica

En este estudio se ha hecho un planteo muy general como para dar herramientas que permitan abrir el tema, hay muchos otros aspectos importantes que por razones de simplificación no se han abordado, pero que en la actividad áulica no se los debería obviar, como por ejemplo los vinculados a otros sistemas técnicos en los que los aquí analizados están insertos y al contexto sociocultural que los soporta (Riesgos, Seguridad, Costos, Mantenimiento, Contaminación, Marketing, etc.). En el caso concreto de los sistemas de frenado, es interesante analizar: la adherencia de las ruedas al suelo, la importancia del tipo y buen estado del dibujo de las cubiertas, la reacción frente a los riesgos, la pericia del conductor, el bloqueo de las ruedas y el sistema ABS, los servofrenos, la distancia de frenado, el material de las pastillas o cintas de freno, el uso del freno de mano que actúa sólo sobre las ruedas traseras, etc. Se trata de poder seleccionar y "leer", entre el gran volumen de información disponible, las que sean más pertinentes para poder evaluar y utilizar responsablemente las herramientas con que se cuenta. Lo que se busca es colaborar en la comprensión de las principales tendencias, ventajas y riesgos del accionar tecnológico y estar así en mejores condiciones para participar activamente en su control.

Otros ejemplos

El calefón



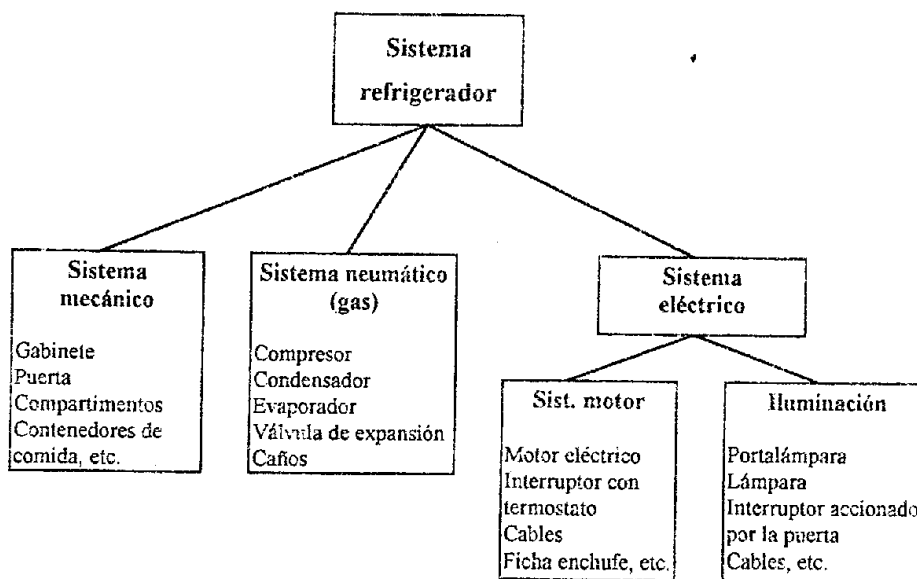
Este ejemplo se presta para poder entrar al estudio de muy diversos temas: Piezoelectricidad (sistema de encendido), Termoelectricidad (bulbo del piloto), Presión neumática (válvula pulmón), Electromagnetismo (válvula electromagnética del piloto), Transmisión de calor (serpentin), etc.

El calefón podría ser considerado como un subsistema de los sistemas termomecánicos, éstos se materializan en muy diversas formas, pero todas pueden compartir muchos de los subsistemas aquí presentados.

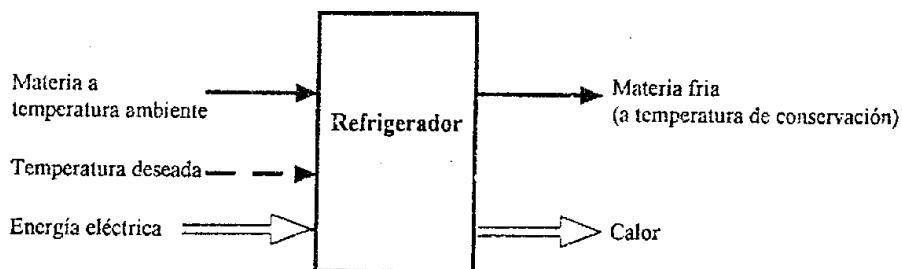
Los tipos y el nombre de los subsistemas (sistemas) dependen del enfoque que le demos al objeto de estudio.

Otro subsistema de los sistemas termomecánicos es el refrigerador.

El refrigerador

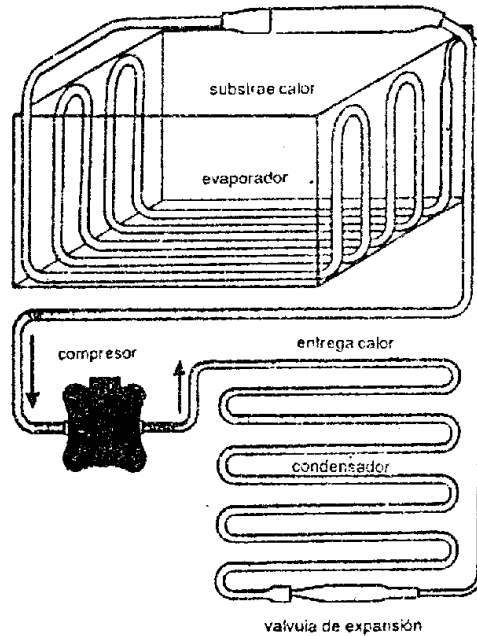


El refrigerador podemos representarlo mediante el siguiente diagrama de bloque:



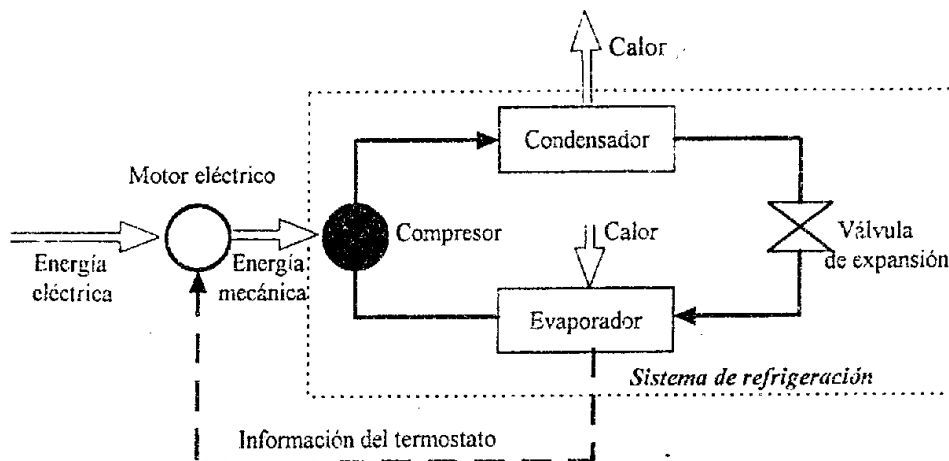
Teniendo en cuenta que lo que normalmente llamamos frío, es en esencia una manifestación de calor (lo llamamos frío porque nuestro punto de referencia en cuanto a temperatura es el cuerpo humano), podríamos caracterizar al refrigerador como un artefacto con un sistema que sustrae calor del interior y lo lleva al exterior, el sistema que realiza esta operación es el sistema de refrigeración (sistema neumático). El sistema se basa en que en condiciones normales un gas cuando se comprime se calienta. Esto lo podemos constatar fácilmente cuando accionamos un inflador. Por otra parte, cuando un fluido aumenta de volumen (por ejemplo cuando se evapora) absorbe calor y se enfría. Esto lo constatamos fácilmente al accionar un vaporizador con un gas comprimido (*spray*).

A continuación presentamos la representación simplificada de los elementos del sistema de refrigeración (sistema neumático) de un refrigerador familiar.



El compresor comprime el gas, que como consecuencia se calienta, un condensador a la salida del compresor evacua ese calor al exterior del refrigerador, el gas comprimido pasa por una válvula de expansión y se expande en el vaporizador con absorción de calor. El evaporador está dentro del gabinete del refrigerador, el condensador, que es por donde se evacua el calor, en la parte posterior del gabinete (el condensador está pintado de negro - ¿por qué?).

Podemos representar (dentro de las líneas de punto) el sistema de refrigeración mediante el siguiente diagrama de bloques:



En los diagramas presentados se podrían reemplazar en los bloques, los elementos concretos, por sus funciones abstractas (por ejemplo: el compresor por la función de compresión), avanzando de este modo en el nivel de abstracción que facilite una generalización de los planteos.

Ejercicios:

- Haga el análisis técnico del gato hidráulico.
- Haga el análisis técnico de un sistema neumático.
- Haga el grafo de árbol del sistema "Calefón" señalando el Sistema de transmisión de la energía y el Sistema de control.
- ¿Por qué se enfría una botella cuando se la envuelve con un trapo mojado y se la expone a una corriente de aire?
- ¿Por qué se enfría el agua en un cántaro de barro?
- Cuando se pasa alcohol por la piel antes de poner una inyección, ¿qué otro efecto tiene además de desinfectar?

Bibliografía:

OGATA, K. *Dinámica de sistemas*, Prentice-Hall, México, 1987.

Métodos

Gantt y PERT

Planificación de la producción

Métodos Gantt y PERT

Aquiles Gay

Existen diversas herramientas de planificación de la producción, entre las que podemos mencionar, el **Método gráfico de Gantt** (diagrama de barras o diagrama de Gantt) y el **Método PERT** (diagrama de red), a este último podemos agregarle el CPM o **Método del camino crítico**. A continuación desarrollaremos, en forma muy sucinta, sus principios y aplicaciones.

Método gráfico de Gantt

Este método fue introducido en 1917 por Henry Gantt, un contemporáneo de Taylor, para representar gráficamente, en función del tiempo, las actividades a cumplir (y las cumplidas) en un proceso productivo.

Se basa en descomponer el plan, proyecto o proceso, en tareas o actividades simples, caracterizarlas, numerarlas o identificarlas, y representarlas en función del tiempo. En el gráfico se colocan en sucesión vertical las actividades y en horizontal los tiempos correspondientes a cada actividad.

Días, semanas, etc.

Actividad \ Tiempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									

La columna "Actividad", podría también representar, personas, máquinas, tareas o cualquier otro recurso necesario para la realización de un determinado trabajo.

En las líneas horizontales o filas pueden señalarse también separadamente la actividad programada y la efectivamente realizada. Este gráfico permite verificar permanentemente el estado en que se encuentra el proceso y eventualmente poder tomar medidas para compensar las desviaciones entre la realidad y las previsiones.

Días, semanas, etc.

Actividad \ Tiempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									

————— Programada
————— Realizada

Cuando el proceso comporta un número importante de actividades interrelacionadas, tanto principales como derivadas, se hace necesario recurrir a un método más elaborado de representación. El método más utilizado en estos casos es el PERT. Los diagramas de Gantt podrán entonces derivar de la red PERT.

Método PERT/CPM

El método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) se desarrolló en la década del 50 y fue puesto a punto y experimentado en 1958 por la *U.S.Navy* de los EE.UU. en el marco del proyecto de misiles Polaris.

El CPM (*Critical Path Method*: Método de camino crítico), presentado en 1957, fue desarrollado por Morgan R. Walker de la División de Ingeniería de Dupont y por James E. Kelly de Remington Rand. El camino crítico representa la secuencia máxima de tiempo de la red, y es clave para el control del tiempo.

El método PERT es una técnica de proyectación y control que permite poner en evidencia las fases o actividades de un plan operativo, sus influencias recíprocas y su localización temporal.

Se materializa en una representación gráfica de tipo red, basada en la teoría de los grafos, que evidencia la secuencia y la interrelación de actividades que hay que realizar para obtener un producto predeterminado.

Con este método se organiza una red, orientada en el tiempo, caracterizada por:

- Una articulación de **vectores** con **nodos** en los extremos.
- Si bien tanto los vectores como los nodos pueden representar las **actividades**, nosotros lo haremos mediante **vectores**, que indican la dirección del desarrollo del proceso.
- Los **nodos**, que representan acontecimientos o eventos, se simbolizan a menudo con **círculos**, y marcan los inicios y las finalizaciones de las actividades.
- Los vectores indican solamente precedencia lógica, y su longitud no está relacionada ni con la duración ni con la importancia de la tarea.
- Ningún par de nodos de la red puede estar **directamente conectado** por más de un vector. Para evitar esa posibilidad se insertan en la red actividades llamadas ficticias (como vemos en el diagrama). Las actividades ficticias son de duración nula y consumen cero recurso.
- Todos los vectores deben estar dirigidos, más o menos, de izquierda a derecha.

La primera etapa de la construcción de un gráfico PERT es la identificación de todas las actividades asociadas al proceso y sus interrelaciones. Esta etapa es fundamental pues está en la base de la futura planificación y organización del proceso productivo.

Otra etapa es el ordenamiento lógico de las tareas en el tiempo, es decir las correctas relaciones de precedencia entre ellas. Determinadas tareas no pueden emprenderse antes de que otras hayan sido terminadas. Para el cumplimiento de esta etapa es importante construir un cuadro con la descripción de las actividades y sus predecesoras inmediatas.

No se debe intentar dibujar el gráfico sin antes, listar todas las actividades, ordenarlas en alguna forma lógica, e identificar las relaciones de precedencia; una vez esto realizado es posible ilustrar en forma gráfica las relaciones entre las actividades, es decir construir el gráfico PERT.

Se define como camino o ruta, la secuencia de actividades que se llevan a cabo al pasar de un evento (nodo) inicial al evento (nodo) final de la red.

Para el desarrollo total de un proceso se requiere que se recorran todos los caminos de la red, la ruta más larga (en tiempo), es el camino crítico. Cualquier demora en el camino crítico significa una demora del proceso total. Las actividades que están sobre el camino crítico se llaman actividades críticas. Para reducir el tiempo total del proceso se debe reducir la duración de por lo menos una de las actividades críticas.

Resumiendo, las etapas básicas de un proceso PERT/CPM son:

- Identificación de las actividades o tareas asociadas con el proceso.
- Identificación de las relaciones de precedencia inmediata para todas las actividades.
- Dibujo de la red básica del proceso, mostrando todas las relaciones de precedencia.
- Estimación del tiempo de duración de cada actividad.
- Identificación del camino crítico de la red.

Ejemplo: Proyecto de ajuste de un motor

Lista de actividades y relaciones de precedencia

Código de actividad	Descripción de la actividad	Predecesores inmediatos
A	Quitar y desarmar el motor	—
B	Limpiar y pintar la base	A
C	Rebobinar la armadura	A
D	Reemplazar los anillos	A
E	Ensamblar e instalar el motor en la base	B,C,D

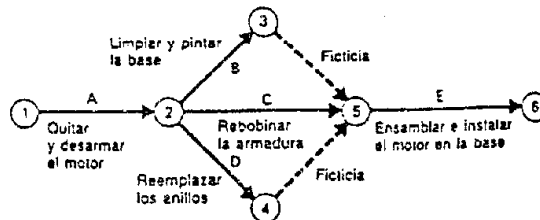


Diagrama PERT de ajuste de un motor

Ejercicio:

Explique ¿por qué se llama Camino crítico? y ¿cómo se obtiene?.