

## **TEMA 2**

### **TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA**

#### **ÍNDICE.**

1. Introducción.
2. Transporte y distribución de los combustibles.
  - 2.1. Petróleo.
  - 2.2. Gas natural.
  - 2.3. Carbón.
3. Instalaciones eléctricas: transporte y distribución.
  - 3.1. La transformación de la energía eléctrica.
  - 3.2. La distribución de la energía eléctrica.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El hombre primitivo obtenía comida y combustible de las plantas y animales salvajes de su medio ambiente. La inversión de energía en la caza y recolección de frutos silvestres ha proporcionado el medio de vida de la humanidad durante más del 99% de su historia.

La invención de la agricultura proporcionó a la humanidad una fuente más abundante de energía. La plantación de cultivos y la cría de animales domésticos han sido las dos formas más importantes de aprovechamiento por el hombre de la energía que se almacena continuamente en la producción de plantas primarias. Esta práctica permitió al hombre progresar más allá de la mera subsistencia que le proporcionaban la caza y la recolección, encaminando a la cultura humana hacia los complejos sistemas sociales de hoy en día.

La gran demanda energética actual unida a la distinta situación geográfica de los puntos de consumo y de producción, hace necesario el transporte y la distribución de la energía. El consumo final de la energía tiene lugar tan sólo en dos formas principales, electricidad y combustibles fósiles. Todas las demás fuentes de energía son transformadas a energía eléctrica para su destino último. Los adelantos técnicos que han permitido el uso final de estas dos formas de energía han sido el descubrimiento de la corriente alterna (con sus múltiples aplicaciones) y el motor de explosión.

## **2. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LOS COMBUSTIBLES.**

### **2.1. Petróleo.**

Es el combustible de mayor consumo mundial. Se extrae de los yacimientos formados por la reducción bacteriológica de ácidos grasos de organismos marinos en épocas pasadas.

El petróleo y el gas se encuentran generalmente juntos. Al ser ambos fluidos, su extracción no es tan problemática como la del carbón, pero los yacimientos son más difíciles de localizar debido a una serie de requerimientos geológicos estrictos que determinaron su formación bajo condiciones específicas.

La localización de los yacimientos se realiza mediante pozos de prospección

o sondeos. Éstos se encuentran en volúmenes de espacio restringido, en zonas limitadas, en bolsas sedimentarias y a todas las profundidades, desde unos cientos de metros hasta varios kilómetros.

Una vez localizado el yacimiento se instala una plataforma de extracción. Hoy día sólo pueden ser explotados, por razones técnicas, las bolsas en las que el petróleo se encuentra en estado elevado de fluidez. Cuando la simple perforación implica la salida al exterior del petróleo impulsado por la presión y los gases que lo acompañan se trata de un pozo de extracción primaria. En otros casos es preciso inyectar agua o gases para poder extraerlo, tratándose en estos casos de extracción secundaria.

Las zonas productoras se encuentran generalmente muy alejadas de los grandes centros de consumo, de modo que ha hecho necesaria la instalación de infraestructuras y de medios de transporte específicos de la industria petrolífera.

El petróleo bruto, es decir, que todavía no ha sufrido ninguna transformación, es transportado desde la plataforma hasta la refinería. Esta actividad es realizada de dos maneras, mediante el transporte marítimo con grandes buques (petroleros) o a través de conducciones (oleoductos).

El **transporte por medio de tuberías** es de origen americano. Las primeras instalaciones fueron construidas en 1863. Las tuberías forman verdaderas redes y tienen gran longitud, por ellas el petróleo circula a presión. Para el buen funcionamiento de la instalación hay las estaciones necesarias, en cada una de las cuales el petróleo es impelido por bombas de una estación a otra, hasta llegar a las refinerías o a los puntos de embarque.

Los oleoductos ofrecen en muchos casos una buena alternativa al transporte marítimo. Los inconvenientes más importantes son la falta de flexibilidad y el costo de puesta en funcionamiento.

Los oleoductos están constituidos por tubos soldados de diámetro que varía entre 20 y 120 cm. Su caudal está en función de sus características técnicas, de la calidad del bruto transportado y del número y la potencia de las estaciones de bombeo situadas a lo largo de la conducción. Puede transportar hasta 100 Mt por año. Los oleoductos se clasifican según su función en:

- Oleoductos que unen las refinerías y los centros de consumo. Son propios del transporte interior de los países productores, aunque existen algunos que llegan a unir país productor con otros consumidores salvando grandes distancias.

- Oleoductos que conducen el petróleo desde los yacimientos a los puertos de embarque donde serán cargados los petroleros.
- Oleoductos que transportan el petróleo desde los puertos de llegada de los petroleros a las refinerías. Son propios de los países consumidores.

Los tres tipos de oleoductos pueden ser a su vez superficiales, subterráneos o submarinos.

Los primeros **petroleros** aparecidos en la primera mitad del S. XIX , fueron veleros a bordo de los cuales se instalaban depósitos metálicos que contenían el petróleo. El primer navío proyectado y construido para el transporte del petróleo a granel, en contacto directo con el casco fue un vapor alemán, el Glückauf, de 2.300 t, que entró en servicio en 1886. A partir de este prototipo los petroleros sufrieron un desarrollo considerable y sus dimensiones se hicieron casa vez mayores. A causa del cierre del Canal de Suez (1967) aparecieron petroleros de hasta 350.000 t. En los años ochenta, el petróleo bruto transportado por mar representaba, en toneladas, con respecto a todas las mercancías, cerca del 40% del tráfico marítimo. El aumento de la demanda petrolera y el problema de abaratar los costes de tonelada transportada favorecieron ampliamente el desarrollo de petroleros gigantescos, de tonelaje superior a varios centenares de miles de toneladas de porte bruto.

La silueta del petrolero es muy característica: el puente está completamente libre en toda su extensión y las máquinas y los mandos están situados en la popa. Los petroleros constan de varios tanques de petróleo principales, encima de cada uno de ellos existe otro pequeño depósito que nunca debe estar completamente lleno y que sirve para facilitar la dilatación del petróleo cuando aumenta la temperatura. Los tubos de entrada y de salida del petróleo se hallan en el fondo de cada tanque y se cierran mediante válvulas que se accionan desde el centro de control en cubierta, llenándose o vaciándose los depósitos independientemente unos de otros. Para disminuir en lo posible los peligros de incendios y explosiones, los depósitos están separados de los demás compartimentos por medio de dobles paredes entre las cuales se hace circular agua mediante bombas: así, si en alguno de los tanques ocurre un desperfecto y sale de él petróleo por una grieta o agujero, el petróleo va a parar al agua de las dobles paredes, asciende por su menor densidad y sale al exterior por una abertura especial.

Cuando el petrolero va desde el yacimiento hasta su lugar de destino (refinería), los compartimentos van llenos de petróleo crudo. Al llegar al puerto el petrolero se descarga y los tanques se llenan con agua de mar para que el barco

pueda navegar en su viaje de vuelta, dado que todo el peso de las bombas está en la popa, restableciendo así el equilibrio. El agua se mezcla con los residuos de petróleo que aún quedan en el interior y se dice que el barco va lleno de lastre sucio. En alta mar el petrolero procede a su limpieza; para ello, se descargan los tanques hasta un cierto nivel (comienzo de la aparición de crudo), el resto (residuos) es bombeado desde cada uno de los tanques hasta el tanque de residuos. Los demás tanques son llenados de nuevo con agua de mar, reanudando el buque su viaje de regreso. Gracias a la presencia de bombas de gran potencia, la carga y descarga se efectúa con rapidez

Los grandes petroleros constituyen un medio de transporte muy económico, en parte por la configuración estrecha y alargada de sus cascos, lo que ofrece un excelente rendimiento, y en parte por la escasa tripulación que precisa para su gobierno.

Una vez refinado el petróleo, los diversos productos que de él se obtienen son transportados por ferrocarril o en camiones; cisternas en el caso de productos fluidos, y convencionales en el de sólidos, pero solo cuando las distancias son pequeñas. Este tipo de transporte encarece mucho el producto.

## **2.2. Gas natural.**

El gas natural está constituido por una mezcla de gases producidos por la destilación natural de la materia orgánica que se halla enterrada en los estratos de la corteza terrestre. Está compuesto de metano con pequeñas cantidades de etano, propano y nitrógeno. Se obtiene por perforación de yacimientos que contienen únicamente este gas (gas seco) o como subproducto en la extracción del petróleo (gas húmedo).

El gas natural, apenas formado, tiende a escapar y difundirse en el aire, pero a veces queda aprisionado en el interior de rocas impermeables o del mismo estrato en que se ha formado. Para explotar tales yacimientos subterráneos es necesario perforar las capas superiores, permitiendo así el ascenso del gas hacia la superficie. En la boca del pozo se coloca un dispositivo que permita controlar la salida del gas, que es conducido a los centros de consumo o a los gasómetros por medio de gasoductos de hierro forjado o acero.

Una vez obtenido, el gas natural debe ser transportado hasta los lugares de consumo. El gas natural, a presión y temperatura ambiente, ocupa un volumen muy grande en relación con su poder calorífico, lo que hace que, en principio, no sea

rentable su transporte comparándolo con otros tipos de combustibles.

Como se trata de una fuente de energía en desarrollo se han creado unos medios para su transporte suficientemente avanzados tecnológicamente que rentabilizan esta tarea.

En los **gasoductos** el gas es comprimido sin riesgo de condensación. A lo largo del recorrido se sitúan estaciones de recompresión que mantienen en el interior de la conducción la presión necesaria al gas para que éste se desplace.

Para hacer frente a la demanda, se almacenan ingentes cantidades de gas. El almacenamiento se realiza en formaciones subterráneas: capas acuíferas, o cúpulas de sal. Estos depósitos suelen recibir gas en verano, coincidiendo con la caída de la demanda, y lo aportan con el comienzo del otoño. Además de este tipo de almacenamiento, existen tanques en los que el gas es introducido a presión.

Desde 1964 se ha hecho posible el transporte marítimo del gas natural merced a la licuefacción de éste. El metano adopta el estado líquido a  $-160^{\circ}\text{C}$ , y su volumen queda reducido a las seis centésimas partes del inicial. Las primeras realizaciones fueron emprendidas entre Francia, Gran Bretaña y Argelia. Precisan la construcción de una planta de licuefacción en el puerto de embarque, de una fábrica de regasificación en el puerto de desembarque y de un barco o **metanero**, capaz de transportar una carga mantenida líquida a  $-160^{\circ}\text{C}$ .

Hasta ahora este tipo de transporte no es el más utilizado, sin embargo, está aumentando su uso a pesar de los peligros de escape. Algunos expertos opinan que el gas se inflama en contacto con el aire, teoría que quedó demostrada con la explosión de una planta petroquímica en Inglaterra por escape de gas. Otros opinan que el gas se expandiría rápidamente sin ocasionar daños. Actualmente Argelia e Indonesia son los principales países exportadores de gas natural por este método, siendo Argelia el principal suministrador de España.

### **2.3. Carbón.**

El carbón es una roca negruzca que se extrae del interior de la Tierra o a cielo abierto. Proviene de la fosilización de bosques tropicales que crecieron en zonas pantanosas, denominándose al conjunto de procesos biológicos, químicos y geológicos carbonización.

Los carbones pueden clasificarse en dos grupos: duros y blandos. Entre los primeros se encuentran las antracitas y la hulla, entre los segundos los lignitos y las

turbas. La energía que libera es variable según su clase, los de mayor calidad liberan un promedio de  $7 \cdot 10^6$  cal por Kg, correspondiendo al grupo de los carbones duros.

Las dos aplicaciones principales del carbón son: la producción de energía eléctrica en centrales térmicas y como combustible en la fabricación de hierro y acero.

En la propia explotación minera se utilizan profusamente vagonetas y locomotoras eléctricas. Algunas de las locomotoras pueden arrastrar hasta 50 vagonetas, cargada cada una con 10 t de carbón. Las cintas transportadoras gigantes, que han sustituido a los ferrocarriles en algunas minas, transportan ríos de hulla (hasta 1 000 t/h) desde las profundidades de la tierra hasta el exterior.

El consumidor desea un carbón de tamaño apropiado, para asegurar el funcionamiento perfecto de su maquinaria, por lo que el producto procedente de la mina debe limpiarse y clasificarse. De las dos principales aplicaciones del carbón: la producción de energía térmica y como combustible en la fabricación de carbón, es la primera la que recibe el carbón de menor calidad, tanto por impurezas como por falta de homogeneidad. El destino del carbón de mayor calidad son las industrias intermediarias a las industrias química y farmacéutica.

Normalmente el carbón es usado de forma directa en la combustión; sin embargo, puede ser modificado para determinados usos. Las técnicas de transformación son las siguientes:

- Aglomeración. Consiste en cortar trozos uniformes y de constitución homogénea pura. Se utiliza para uso doméstico.
- Destilación. Es un proceso que se aplica a la hulla y da lugar a su transformación en carbón de cok. Es una técnica muy usada en siderurgia.
- Croquización. Sólo son aptos para la coquización aquellos carbones con un alto poder aglutinante y un contenido en materia volátil del 18 al 35 %, que le confieren al cok el poder calorífico necesario para fundir mineral de hierro. Esta aplicación asegura un mercado privilegiado a las minas de carbón.

Normalmente, tanto las industrias que utilizan carbón como las centrales que lo requieren, se encuentran cerca de los lugares de extracción, lo que reduce el coste del transporte. Los desplazamientos se realizan en ferrocarril o, en el caso de minas a cielo abierto, también en camiones. En cualquier caso, el transporte de minerales está regido por normas fijadas por la administración competente.

### **3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS: TRASPORTE Y DISTRIBUCIÓN.**

#### **3.1. La transformación de la energía eléctrica.**

La electricidad no se encuentra disponible de forma inmediata en la naturaleza sino que es necesario producirla en unas instalaciones denominadas centrales eléctricas, además, los puntos de consumo no se encuentran localizados en las zonas de producción, precisando de transporte. Estos factores han conducido las investigaciones hacia la búsqueda de una forma energética fácil de transportar y usar. Los avances en electricidad y el descubrimiento de la corriente alterna solucionaron este problema. Hoy día, la mayor parte del consumo final tanto familiar como industrial se realiza en forma de energía eléctrica.

La energía eléctrica se produce en las centrales eléctricas a partir de la transformación de otra forma de energía. Atendiendo a las diferentes fuentes de energía, las centrales eléctricas se clasifican en hidroeléctricas (si aprovechan la energía cinética del agua en los cursos fluviales), maremotriz (en el caso del movimiento del agua debido a las mareas), térmica (cuando utilizan la energía mecánica procedente de la combustión de un combustible), nuclear (derivada de las reacciones de fisión de los átomos), geotérmica (aprovechan el flujo calorífico en forma de vapor desde el interior de la Tierra), eólica (aprovechan la energía cinética del viento), heliotérmica y fotovoltaica (ambas permiten la captación de la energía radiante del Sol).

Todas las centrales eléctricas, excepto la fotovoltaica transforman las diferentes formas de energía de entrada en energía mecánica y ésta, a su vez, en eléctrica. Los mecanismos que realizan estas transformaciones son la turbina y el alternador.

La **turbina** permite transformar la energía cinética de un fluido en un movimiento de rotación. Ésta se encuentra solidariamente unida al **alternador**. Este mecanismo es el generador de corriente eléctrica más extendido. Consta de dos elementos fundamentales: el estátor y el rotor. El principio físico que rige el funcionamiento de este dispositivo es el siguiente. El estátor es una armadura metálica fija provista de un arrollamiento de cobre. El rotor se constituye mediante un electroimán y está dispuesto en el interior del estátor. Un eje permite el giro de éste en el interior de aquél. Cuando esto sucede, en los arrollamientos del estátor se produce una corriente inducida, la llamada fuerza electromotriz. El giro del rotor es producido por la turbina.

Consideremos una espira conductora que pueda girar alrededor de un eje perpendicular a un campo magnético  $B$  con velocidad angular  $\omega$ . Si medimos el tiempo a partir del instante en que la normal  $N$  a la espira coincide en dirección y sentido con  $B$ , en el instante  $t$  el ángulo que forman  $N$  y  $B$  será  $\omega t$  y el flujo magnético a través de la espira será:

$$\Phi = BS \cos \omega t$$

y vemos que es variable con el tiempo a causa de la rotación de la espira. En consecuencia, en ésta se inducirá una fem

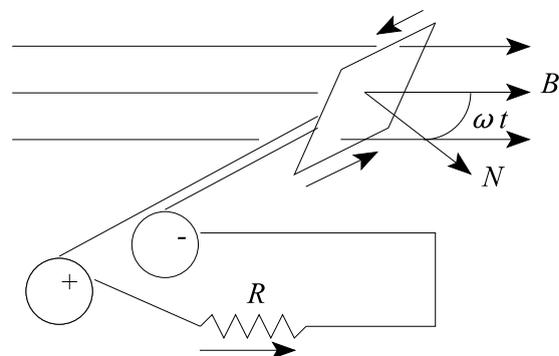
$$\xi = -\frac{d\Phi}{dt} = B S \omega \operatorname{sen} \omega t = \xi_0 \operatorname{sen} \omega t$$

Si los extremos de la espira se llevan a dos anillos que giren con ella y sobre ellos frotan dos escobillas  $e$  y  $e'$  que cierran el circuito a través de una resistencia, por ejemplo, por ésta circulará una c.a. de intensidad

$$i = \frac{\xi}{R} = \frac{B S \omega}{R} \operatorname{sen} \omega t = I_0 \operatorname{sen} \omega t$$

El sistema descrito constituye un alternador o generador de c.a. En la práctica, en vez de una espira se emplea una bobina de  $N$  espiras devanada sobre un tambor de hierro dulce. Éste hace que el valor de  $B$  sea mayor que en ausencia del núcleo, lo que, junto con la existencia de  $N$  espiras, eleva muchísimo el flujo máximo  $\Phi_0 = N B S$  y en consecuencia la fem máxima  $\xi_0 = N B S \omega$ .

Los alternadores de las centrales generan corrientes eléctricas a una tensión que oscila entre los 10.000 y 20.000 V. Para reducir las pérdidas en el transporte se transforma la tensión a unos



valores de 110.000 a incluso 1.000.000 V.

Mediante las líneas de alta tensión, la electricidad es transportada a las zonas de consumo. Sucesivas transformaciones disminuyen el voltaje hasta 380 y 220 V, tensiones ordinarias de consumo. Las líneas primarias conducen electricidad por encima de los 110.000 V, las secundarias hasta 40.000 V y las terciarias menos de 10.000 V.

El **transformador** consiste en un núcleo de hierro dulce laminado (para reducir las corrientes de Foucault), sobre el cual se han devanado dos bobinas que queden así acopladas magnéticamente. Una de ellas llamada primario del transformador, tiene  $N_1$  espiras y a ella se entrega potencia en forma de c.a. La otra es el secundario, tiene  $N_2$  espiras y de ella se extrae potencia eléctrica. En los transformadores prácticos, la pérdida de potencia es del orden del 1%, lo que justifica el poderlos tratar como ideales sin pérdida. Así pues, consideramos que los devanados son de resistencia despreciable, lo que elimina las llamadas pérdidas en el cobre, que la laminación elimina las corrientes de Foucault y que no hay histéresis, con lo que se anularían las llamadas pérdidas en el hierro.

En estas condiciones, consideramos aplicada al primario una fem alterna

$$\xi_1 = \xi_0 \text{ sen } \omega t$$

que hará circular por él una corriente de intensidad  $i_1$  y se inducirá una fem

$$- N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

siendo  $\Phi$  el flujo a través de cada espira. La ley de Ohm nos da, pues

$$\xi_1 - N_1 \frac{d\Phi}{dt} = R_1 i_1$$

pero como suponemos despreciable  $R_1$ , resulta

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\xi_0}{N_1} \text{ sen } \omega t$$

de donde

$$\Phi = - \frac{\xi_0}{N_1 \omega} \text{ cos } \omega t$$

Comparando estas ecuaciones vemos que el flujo por espira está en cuadratura de fase con la fem aplicada. El núcleo ferromagnético, gracias a su gran

permeabilidad magnética, canaliza las líneas de fuerza por él y hace que cada espira del secundario esté atravesada por el flujo y la fem inducida en el secundario será

$$\xi_2 = - N_2 \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{N_2}{N_1} \xi_0 \text{ sen } \omega t$$

El signo - del segundo miembro tiene poca importancia, pues sólo nos señala oposición de fase entre las fem de dos circuitos independientes. En todo caso, invirtiendo el sentido del devanado del secundario habría concordancia de fase. Lo más interesante de esta ecuación es que nos permite escribir

$$\frac{\xi_2}{\xi_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

es decir, que la fem inducida en el secundario es igual a la aplicada al primario multiplicada por la razón de transformación  $n$ . Esta propiedad es la que da al transformador su gran utilidad, pues nos permite obtener tensiones alternas mayores que la que da un generador de c.a. si  $n > 1$ , o menores si  $n < 1$ .

De la ecuación anterior se deduce la siguiente expresión

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

De aquí resulta que al elevar la tensión se reduce proporcionalmente la intensidad de la c.a., efecto que se aprovecha para la transmisión a distancia de la energía eléctrica. El alternador de una potencia en forma de c.a. de intensidad eficaz  $I$  y tensión eficaz  $V$ . Si mediante un transformador se multiplica  $V$  por  $n$ ,  $I$  queda dividida por  $n$  y las pérdidas por efecto Joule en la línea queda dividida por  $n^2$ , ya que son proporcionales a  $I^2$ . Llegada la energía eléctrica a su destino, un nuevo transformador reductor rebajará la tensión a un valor que no sea peligroso para el usuario. [Este apartado no es importante, resulta muy técnico y no es conveniente detenerse mucho en él. Es mejor centrarse en el resto del tema]

### **3.2. La distribución de la energía eléctrica.**

Para el transporte de la electricidad, por lo general, se recurre a la corriente

alterna trifásica, aunque la utilización de corriente continua a muy alta tensión puede ser una solución de futuro.

La normalización de las tensiones ha venido impuesta por la interconexión de redes para permitir los intercambios de energía entre diversos centros, pudiendo alimentar cada central generadora varios centros receptores. El sistema de redes interconectadas, basado en la cooperación entre varias empresas o centrales eléctricas y estaciones de transformación, permite aprovechar al máximo todos los recursos, reducir los costes de instalación y asegurar un servicio de calidad óptima. Además, de este modo queda garantizado el suministro en caso de avería de un transformador o en una parte de la red, ya que se dispone de otras arterias o vías para suministrar al centro afectado. Las redes de transporte y de distribución se prestan asistencia mutua y pueden disponer de las reservas puestas en común. El funcionamiento de una red interconectada presenta diversos y complejos problemas técnicos; de entre los cuales se puede citar:

- La regulación del reparto de potencia activa y de la frecuencia.
- La regulación de la tensión y de la potencia reactiva.
- El mantenimiento del sincronismo entre las centrales generadoras para las variaciones normales de carga.
- El funcionamiento en régimen perturbado por causa de averías o defectos.
- La búsqueda de los medios propios para remediar dichas anomalías.

Las perturbaciones repercuten en todas las redes interconectadas y pueden originar interrupciones en la cadena, así como cierta dificultad para la rápida reanudación del servicio. La brusca apertura de una conexión importante puede tener como consecuencia que una central quede aislada en una red de utilización excesivamente potente para ella. Las corrientes de cortocircuito alcanzan valores considerables, lo cual impone la instalación de dispositivos de protección adecuados.

Las características de una línea de transporte de energía eléctrica vienen marcadas por la tensión, que fija la distancia entre conductores (aislamiento) y por el diámetro mínimo exterior de los cables. La densidad de corriente en servicio normal está limitada por el calentamiento de los cables por el efecto Joule y por las pérdidas en la línea. La principal ventaja de la corriente continua para el transporte de la electricidad estriba en el comportamiento de los dieléctricos, más favorables que en la corriente alterna; además, los efectos derivados de la inducción quedan suprimidos. El empleo de convertidores y rectificadores permite la transformación de corriente alterna en continua, y viceversa.

Para las líneas aéreas se suele emplear conductores de cobre, aluminio o aleaciones de éste. se pueden emplear cables compuestos, con hilos de materiales diferentes, a condición de no emplear materiales que puedan formar pares eléctricos que faciliten la corrosión, como por ejemplo los cables formados por un alma de acero galvanizado (que resiste los esfuerzos de tracción en la instalación de los cables entre las torres) recubiertos de aluminio.

En España, la red nacional está acoplada a la de otros países ( Portugal, Francia, y norte de África), siendo las características de todas ella comunes. Este acoplamiento permite la amortiguación de la demanda entre estos países, así como el suministro en caso de déficit en la producción.

Podemos suponer que la red nacional de electricidad está compuesta por tres subsistemas: el de producción, el de transporte, y el de distribución.

Como hemos indicado, la producción de las centrales eléctricas tiene lugar a nos pocos de miles de voltios (10-20 kV). Con idea de reducir las pérdidas en el transporte, se aumenta la tensión de la red hasta al menos 45 kV. Este tramo de la red constituye el subsistema de producción. Las líneas eléctricas de alta tensión suelen estar compuestas por tres conductores y tres fases.

Una vez obtenida la tensión indicada, que es considerada como alta tensión, es transportada hasta los núcleos de consumo, generalmente hasta las proximidades de las poblaciones. Esta parte de la red es la conocida como subsistema de transporte.

Antes de distribuir la energía eléctrica, y generalmente fuera de las ciudades, es de nuevo transformada a un potencial menor (de 35 kV a 3 kV), que constituye el intervalo de la media tensión. Este tramo de la red puede pertenecer tanto al subsistema de transporte como al de distribución, según la finalidad del mismo, aunque los valores altos de este intervalo suelen ser de transporte y los bajos de distribución. También suelen estar compuestas de tres fases y tres conductores.

Las instalaciones eléctricas en baja tensión se usan para la distribución final de la electricidad a los centros de consumo, y el subsistema de distribución. Esta distribución suele efectuarse con una fase (un conductor y el neutro) o con tres fases (tres conductores y el neutro).

A efectos del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, las instalaciones eléctricas de baja tensión se clasifican, según las tensiones nominales que se les atribuyan, en la forma siguiente:

	c.a. (valor eficaz)	c.c. (valor medio aritmético)
Pequeña tensión	$U_n \leq 50V$	$U_n \leq 75V$
Tensión usual	$50 < U_n \leq 500V$	$75 < U_n \leq 750V$
Tensión especial	$500 < U_n \leq 1\,000V$	$750 < U_n \leq 1\,500V$

Las tensiones nominales se normalizan en los valores siguientes:

Continua (V)	Monofásica (V)	Trifásica (V)
110	110	127 entre fase y neutro
220	220	220 entre fase y neutro
		220 entre fases
		380 entre fases
		440 entre fases

De entre estas tensiones nominales normalizadas se califican como preferentes la de 380 V entre fases y la de 220 V entre fase y neutro. Las instalaciones en baja tensión de corriente alterna funcionarán a la frecuencia normalizada de 50 Hz.

Las líneas de distribución en poblaciones suelen estar enterradas, disminuyendo así el riesgo de accidentes, ya que una fuga eléctrica pasaría directamente a tierra, donde quedaría absorbida la carga sin ninguna consecuencia.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar J. "El Viento: Fuente de Energía". Alhambra. 1986.  
 Fernández Ferrer J., Pujal Carrera M. "Iniciación a la Física". Reverté. 1984.  
 Marín Alonso F. "Energía". Alhambra. 1981.  
 Scientific American. "La Energía". Alianza. 1982.

## TEMA 12

### TRATAMIENTO DE LOS ALIMENTOS. TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN, CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE.

#### ÍNDICE.

1. Introducción.
2. Limpieza de los materiales.
  - 2.1. Funciones de la limpieza.
  - 2.2. Métodos de limpieza.
3. Selección y clasificación de los alimentos.
  - 3.1. Selección de los alimentos.
  - 3.2. Clasificación de los alimentos.
4. Operaciones de conversión.
5. Conservación de los alimentos.
6. Almacenamiento de los productos alimenticios.
7. Transporte.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Los nutrientes necesarios para el hombre son obtenidos de los reinos vegetal y animal. Las cosechas de éstos se suceden en períodos, de acuerdo con las estaciones climáticas. El hambre del hombre y la cosecha de su alimento no están generalmente en armonía durante todo el año.

Además los alimentos comienzan a descomponerse poco después de la cosecha, vendimia o matanza. Algunas descomposiciones van acompañadas de la producción de agentes venenosos, mientras que otras provocan pérdidas en el valor nutritivo de los alimentos. Así, el hombre ha tenido que aprender a controlar esas fuerzas, lo que le permite retener productos seleccionados de la naturaleza como su provisión de alimento, para ser consumida en el tiempo y lugar que el escoja.

No obstante, los alimentos no siempre se consumen en el estado en el que nos lo proporciona la naturaleza, sino que son manipulados tanto para su mejor consumo, como para fabricar otros alimentos.

## **2. LIMPIEZA DE LOS MATERIALES.**

La operación preliminar de limpieza, junto con las operaciones de selección y clasificación, se pueden considerar en general como operaciones de separación.

La "limpieza" separa los contaminantes de las materias primas.

La "selección" separa las materias primas en categorías de características físicas diferentes tales como tamaño, forma y color.

La "clasificación" separa las materias primas en categorías de diferente calidad.

Esta clasificación es útil aunque no rígida ya que las operaciones de limpieza y selección suponen una mejora de la calidad mientras que la clasificación lleva siempre consigo una cierta selección. Sin embargo, tales términos tienen sentido siempre que se les aplique al fin primordial de la actividad.

### **2.1. Funciones de la limpieza.**

Al limpiar las materias primas, el fabricante persigue principalmente dos

objetivos: 1º eliminación de contaminantes que constituyen un peligro para la salud o que son estéticamente desagradables; 2º control de la carga microbiana y de las reacciones químicas y bioquímicas que dificultan la eficacia del procesado posterior y la calidad del producto.

Un proceso de **limpieza** aceptable debe satisfacer los siguientes **objetivos**:

- 1º) La eficacia de separación del proceso debe ser lo más grande posible en relación con el desperdicio del producto noble.
- 2º) El contaminante debe eliminarse completamente después de su separación a fin de evitar la recontaminación del alimento limpio.
- 3º) El proceso y la maquinaria deberán diseñarse de tal modo que limiten la recontaminación del alimento limpio; por ejemplo, por el polvo del ambiente o por las aguas de lavado contaminadas por los lotes anteriores.
- 4º) El proceso de limpieza deberá dejar la superficie limpia en estado aceptable.
- 5º) Deberá evitarse lesionar el producto.
- 6º) Los volúmenes y concentración de los líquidos efluentes deberán mantenerse al mínimo y eliminar eficazmente.

La limpieza total de las materias primas es un ideal inalcanzable. En la práctica hay que establecer un balance entre los costos de limpieza (reflejados por las pérdidas de material y el trabajo y gastos del proceso) y la necesidad de producir un alimento de buena calidad.

El estado en que queda la superficie del material como consecuencia de la operación de limpieza es problema de gran importancia. Las superficies rugosas dan una apariencia poco atractiva a frutas y verduras y las células externas lesionadas se oscurecen rápidamente. Además, las superficies húmedas rascadas o lesionadas constituyen un medio de cultivo excelente para los microorganismos e insectos.

Prevenir la recontaminación de los alimentos limpios es una cuestión vital.

## **2.2. Métodos de limpieza.**

La gran variedad de contaminantes que se encuentran en los productos alimenticios brutos y los bajos límites de tolerancia permisibles para los mismos hace necesario disponer de métodos de limpieza variados. Los **métodos** utilizados son de dos clases:

1º) Métodos **secos**: Tamizado, cepillado, aspiración, abrasión, separación magnética.

2º) Métodos **húmedos**: Inmersión, aspersión, rociado, flotación, limpieza ultrasónica, filtración, decantación.

Casi invariablemente todos estos métodos se utilizan combinados, dependiendo los métodos utilizados de la naturaleza de las materias primas, de los contaminantes a separar y de las condiciones que se deseen para los productos limpios.

### **Métodos de limpieza en seco.**

Estos métodos presentan la ventaja de ser relativamente baratos y convenientes ya que la superficie queda seca. Sin embargo, puede tener lugar recontaminación si no se tiene cuidado extremo para minimizar el aventamiento del polvo. Además, las condiciones polvorientas existentes durante la limpieza en seco pueden dar lugar a riesgos de incendio y explosiones.

#### **- Tamizado.**

Los tamices son separadores de tamaño que se pueden considerar como máquinas de clasificación. Sin embargo, los tamices se pueden utilizar como aparatos de limpieza que remueven los contaminantes de tamaño diferente al de las materias primas.

Los tamices de **tambor rotatorio**, también denominados tamices centrífugos, se usan para retener materias indeseables de gran tamaño. Alternativamente, el matiz se puede montar de forma que retenga el producto limpio. Los tamices de esta clase poseen una buena capacidad y son relativamente baratos de instalar, mantener y operar. Presentan la desventaja de que son difíciles de limpiar pudiendo tener lugar la recontaminación.

Los tamices **de lecho plano** están compuestos, en general, por una o más capas de tamices reunidos en una armadura hermética para evitar la entrada de polvo, mientras que el conjunto es sacudido por diferentes clases de artificios.

#### **- Abrasión.**

La abrasión entre las partículas alimenticias o entre éstas y las partes móviles

de los aparatos de limpieza se utiliza para ablandar y remover los contaminantes adheridos. Para este fin se utilizan tambores rotatorios, vibradores, discos abrasivos y cepillos rotatorios.

#### - Aspiración.

La aspiración encuentra amplia aplicación en la eliminación de las sustancias extrañas que difieren en flotabilidad con el material deseado, es decir, en las propiedades aerodinámicas.

En principio, la sustancia a limpiar se incorpora a una corriente de aire con velocidad controlada; efectuándose con ello la separación en dos o más corrientes (por ejemplo, ligera, media y pesada). Corrientemente se monta de forma que el producto limpio se descarga por en medio, dejando debajo los productos extraños pesados (piedras, piezas de metal o madera) mientras que las sustancias extrañas ligeras (tallos, cáscaras, pelo) flotan y se separan por arriba.

#### - Limpieza magnética.

En su forma más sencilla se lleva a cabo haciendo caer el producto contaminado sobre uno o más imanes situados casi siempre en la montura de las cintas transportadoras.

Se utilizan tanto imanes permanentes como electroimanes, siendo éstos lo más adecuados para la limpieza de los alimentos ya que las partículas metálicas adheridas se desechan fácilmente cortando la corriente.

#### **Métodos de limpieza en húmedo.**

La limpieza húmeda es eficaz para eliminar las partículas del suelo firmemente adheridas y útil porque permite el empleo de detergentes y productos sanitarios. Tiene cierto número de desventajas. En primer lugar, emplea grandes cantidades de agua. Los volúmenes de efluente producidos son considerables, resultan altamente polucionantes y exigen un tratamiento de residuos caro previo a su eliminación final. En segundo lugar, las superficies húmedas se alteran con más rapidez, de tal modo que la limpieza húmeda, a menudo, exige un secado final para obtener un material limpio adecuado para procesar o almacenar.

-Inmersión.

Es el método más simple de limpieza húmeda, utilizándose con frecuencia como un paso previo en la limpieza. La tierra resulta así ablandada y en parte desechada y desprendida.

Los depósitos de inmersión se proveen de salidas con rejillas por el fondo para eliminar las tierras densas y de salidas laterales para quitar las materias ligeras.

La eficacia de la inmersión se mejora moviendo el agua respecto a los productos por medio de agitadores.

- Lavado por aspersión.

Probablemente sea éste el método de lavado húmedo más utilizado; durante el mismo se exponen las superficies del alimento a duchas de agua. La mejor combinación , en general, es un volumen de agua pequeño a presión elevada.

- Lavado por flotación.

El método tiene como fundamento la diferencia de densidad o flotación entre las partes valiosas e indeseables de los alimentos a limpiar. Como las manzanas magulladas o podridas se hunden en agua, se pueden efectuar la separación sumergiéndolas en agua y recogiendo la fruta sana que quedará flotando.

- Limpieza ultrasónica.

El tratamiento de un fluido por ondas ultrasónicas produce una presión rápidamente alternante en la parte del fluido por donde pasan las ondas dando lugar a la formación y colapso rápido de burbujas en el fluido. Tiene como resultado la liberación de energía en el sistema, energía que produce una agitación violenta de las partículas sumergidas en el fluido.

Este fenómeno se utiliza para ablandar los contaminantes.

### 3. SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS.

La selección y clasificación se pueden considerar como operaciones de separación, siendo la **selección** la separación en grupos con propiedades físicas

diferentes y la **clasificación** la separación en grupos con diferentes características de calidad.

La **selección** juega un papel importante en el control de la eficacia de muchos procesos de manufactura de los alimentos. Los alimentos seleccionados poseen los siguientes **atributos** deseables:

1º) Son más adecuados para operaciones mecanizadas tales como descortezar, blanquear, deshuesar y despepitar.

2º) Se precisan en procesos en los que la uniformidad de la transmisión del calor es crítica (por ejemplo, en la pasteurización y la esterilización y es ventajosa en procesos en los cuales es deseable uniformidad de la transmisión de calor (como por ejemplo, deshidratación y congelación).

3º) Proporcionan mejor control de los pesos añadidos a los envases de venta normalizados.

4º) Desde el punto de vista del consumidor los productos seleccionados son más atractivos a la vista y permiten servir porciones de tamaño uniforme. Esto último es de gran importancia para los embalajes de distribución del consumidor.

### **3.1. Selección de los alimentos.**

Los alimentos pueden ser seleccionados atendiendo a varios criterios: peso, tamaño, forma y selección fotométrica .

#### **- Selección por peso.**

El peso de una unidad de alimento es proporcional al cubo de sus dimensiones características, la selección por peso posibilita una separación más precisa que la separación dimensional.

En uno de estos sistemas, las unidades alimento se pesan en una balanza controlada por computadora. La computadora selecciona la mejor combinación de productos para conseguir el peso requerido y los agrupa juntos sobre un transportador para su procesado o empaquetado.

#### **- Selección por tamaño.**

Para la selección por tamaño de los alimentos se utilizan tamices de diseño

diferente.

Los **tamices de apertura fija** están unidos permanentemente a fondos (lechos) con aperturas de tamaño y forma fijos. Los materiales de construcción de los lechos en uso son diferentes según la aplicación a que se destinen. Se utilizan hojas metálicas perforadas con agujeros, ranuras u otras formas, telas metálicas. El movimiento de los alimentos sobre el tamiz se puede producir por movimiento rotatorio, vibratorio o giratorio de los marcos que soportan el lecho del tamiz. Los tamices de apertura fija utilizados en general para la selección de los alimentos suelen ser de dos clases: de lecho plano y de tambor.

En los **tamices de apertura variable**, los alimentos pasan a lo largo de una ranura de anchura continuamente creciente.

#### - Seleccionadoras de forma.

La limpieza seguida de selección por tamaño o peso de algunos alimentos puede dejar todavía algunos contaminantes indeseables. Por ejemplo, el trigo limpio y seleccionado puede contener todavía semillas de malas hierbas con tamaño y peso similar al del trigo. En tales circunstancias es posible hacer la separación sobre la base de la forma, es decir, según la combinación de longitud y diámetro.

Para ello se usan discos o cilindros con muescas de la forma y tamaño deseado, que retienen el producto y liberan los elementos contaminantes.

#### - Selección fotométrica.

La reflectancia y transmitancia de los alimentos son propiedades importantes para el procesado. La reflectancia se emplea para indicar: la madurez de las materias primas (por ejemplo los colores de las frutas, legumbres, carne, etc); la presencia de defectos en la superficie (agujeros en los cereales producidos por gusanos o frutas dañadas); el grado de procesado (por ejemplo de galletas, pan y patatas fritas, etc). Las medidas de transmitancia de los alimentos sirven para determinar sus propiedades internas, tales como la madurez o los defectos del corazón de las frutas, las inclusiones de materias extrañas y las manchas de sangre de los huevos. Si estas medidas se emplean para accionar mecanismos de separación, se efectúa así la selección fotométrica y si se realiza la evaluación de múltiples propiedades estamos efectuando una separación por calidad, es decir, clasificando.

La selección por reflectancia puede ser visual o mecanizada. La visual del

color, a pesar de sus limitaciones, se emplea extensamente en la industria alimentaria. En la selección mecanizada del color funciona a base del barrido fotométrico de la superficie de cada unidad alimentaria, cuando ésta gira delante de una fotocélula. La señal generada por la fotocélula es comparada con una señal estándar ajustada previamente.

### **3.2. Clasificación de los alimentos.**

La clasificación , o separación de calidad, depende de la evaluación global de aquellas propiedades del alimento que afectan a su aceptación como tal o como producto a elaborar por el fabricante de alimentos.

El término **calidad** tiene connotaciones diferentes para los distintos productos y la importancia relativa de las propiedades de un ingrediente de los que contribuyen al índice de adecuación global, depende del uso final a que se destina el alimento. Clasificar, por tanto, comprende la evaluación global equilibrada de todas las propiedades de un producto que afectan a su aceptación como alimento o como producto para ser utilizado por el fabricante. Casi siempre, la clasificación comprende la evaluación simultánea de múltiples propiedades, de tal manera que la clasificación mecánica es un problema de cierta complejidad. Por esta razón, es frecuente realizar la clasificación manualmente.

Si bien las separaciones basadas en el tamaño, forma ,color, etc, estudiadas bajo el epígrafe selección revalorizan el producto, casi nunca cualquiera de ellas es suficiente por sí mismo para determinar la calidad. Por esta razón se considera ventajoso diferenciar entre separaciones basadas en una sola propiedad y denominar a esta operación selección y separaciones basadas en propiedades múltiples (calidad) y denominarla clasificación.

#### **- Factores de clasificación.**

En términos generales, las propiedades de un alimento que gobiernan su calidad se pueden englobar en cuatro grupos. Son las propiedades que controlan: 1º) la adecuación para el proceso; 2º) la salvaguardia del consumidor; 3º) la conformidad con las disposiciones legales y 4º) la aceptación por el consumidor.

Existen, por lo menos, tantos estándares de clasificación como productos a clasificar, si bien las exigencias de clasificación de ordinario especifican los

siguientes extremos:

- 1º) Tamaño y forma.
- 2º) Madurez.
- 3º) Textura.
- 4º) Sabor y aroma.
- 5º) Función
- 6º) Carencia de desperfectos.
- 7º) Color
- 8º) Carencia de contaminantes.
- 9º) Carencia de partes indeseables de la materia prima.
- 10º) Conformidad con los estandares legales o códigos correspondientes.

- Métodos de clasificación.

Son de dos clases: 1º) procedimientos en los que se determina la calidad por medio de pruebas de laboratorio, con muestras sacadas estadísticamente de una porción de alimento; 2º) procedimientos que separan la cantidad total del alimento en categorías de calidad. El primero de estos grupos constituye lo que se conoce por control de la calidad.

El segundo tipo de clasificación se suele llevar a cabo manualmente y, en algunos casos, con máquinas especializadas. En ambos casos las unidades (piezas) de los alimentos se han de presentar una a una al clasificador para que las clasifique.

#### **4. OPERACIONES DE CONVERSIÓN.**

- Reducción de tamaño y tamizado de sólido.

En muchas operaciones de la industrialización de los alimentos suele ser una necesidad frecuente desmenuzar los sólidos mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las razones para esta reducción de tamaño son diversas.

a) Facilitar la extracción de un constituyente deseado, contenido en una estructura compuesta.

b) Una necesidad específica del producto.

c) Un aumento en la superficie del sólido, aumento en superficie que sirve de ayuda en muchos procesos de velocidad.

Los aparatos más empleados son los rodillos trituradores y los molinos de martillos o de discos.

#### - Mezcla y emulsificación.

**Mezclar** se puede definir como una operación, durante la cual se efectúa una combinación uniforme de dos o más componentes. Su objeto es alcanzar una distribución uniforme de los componentes mediante un flujo. El flujo se genera ordinariamente por procedimientos mecánicos.

La **emulsificación** se puede definir como aquella operación en la que dos líquidos normalmente inmiscibles se mezclan íntimamente; uno de los líquidos (la fase discontinua, dispersa o interna) se dispersa en forma de pequeñas gotas o glóbulos en el otro (fase continua, dispersante o externa).

En la mayoría de las emulsiones los dos líquidos utilizados son agua y aceite. La fase acuosa puede consistir en una disolución de sales, azúcar u otros productos orgánicos o coloidales (sustancias hidrófilas). La fase grasa puede estar constituida por aceites, hidrocarburos, ceras, resinas u otras sustancias que se comporten como aceites (sustancias hidrófobas). Para poder preparar la emulsión estable es preciso añadir un tercer tipo de sustancia denominada **agente emulsionante**.

Al mezclar agua y aceite se pueden producir dos tipos de emulsiones. El aceite se convierte en la fase dispersa, dando una emulsión de aceite-en-agua. El agua es la fase dispersa, produciendo una emulsión de agua-en-aceite. La emulsión formada tiene tendencia a exhibir la mayoría de las propiedades del líquido que forma la fase externa. Una emulsión de aceite-en-agua puede diluirse con agua, ser coloreada con colorantes solubles en agua y presentar la conductividad eléctrica que corresponde a la fase acuosa. Por otra parte, la emulsión de agua-en-aceite sólo se puede diluir con aceite y colorear con colorantes liposolubles y presenta una conductividad eléctrica pequeña. Es decir, dos emulsiones de composición similar pueden tener características muy diferentes según que el aceite y el agua sean la fase externa.

Los mezcladores más comunes son los agitadores de palas y de hélice.

#### - Filtración y separación por membrana.

Se puede definir como la operación básica en la que el componente sólido insoluble de una suspensión sólido- líquido se separa del componente líquido haciendo pasar a este último a través de una membrana porosa que retiene las partículas sólidas. La suspensión de sólido en líquido se conoce por papilla de alimentación, al líquido que pasa a través de la membrana se conoce por filtrado y a la membrana se le conoce por medio de filtración. Los sólidos separados se conocen por torta de filtración, una vez que forman una capa detectable que cubre la cara superior del medio.

Gran parte de ellos, entre los que se encuentran la electrodiálisis, ósmosis inversa y ultrafiltración, se basan en el empleo de membranas. Dos, por lo menos, de estos métodos de separación por membrana (ultrafiltración y ósmosis inversa) tienen en estos momentos importantes aplicaciones industriales.

#### - Centrifugación.

La centrifugación se puede definir como una operación básica con la que se lleva a cabo la separación de las sustancias por medio de la fuerza centrífuga. Las aplicaciones de la centrifugación son cuatro: separación de líquidos inmiscibles, clarificación centrífuga, separación de lodos y filtración centrífuga.

Para **separar dos líquidos inmiscibles**, se colocan en un recipiente cilíndrico que gira alrededor de su eje central. Si las densidades de los líquidos A y B son  $\rho_A$  y  $\rho_B$ , respectivamente, el líquido más denso A tenderá a moverse hacia la pared del recipiente. El líquido menos denso será desplazado hacia el centro de rotación y formará un anillo interior.

El término **clarificación centrífuga** se utiliza para describir la separación por medios centrífugos de pequeñas cantidades de sólidos insolubles contenidos en un líquido. Si se alimenta una cámara cilíndrica rotatoria con un líquido que contenga sólidos de mayor densidad, éstos se moverán hacia las paredes de la cámara. Si se pone una salida para el líquido cerca del centro de giro, obtendremos un líquido libre de éstos.

La **separación de lodos** se refiere a la separación por medios centrífugos de los sólidos contenidos en un líquido cuando la cantidad de sólidos presentes excede de la que se puede manejar con una clarificadora.

Se entiende por **filtración centrífuga** la separación de los sólidos de un

líquido por filtración cuando el flujo del filtrado es producido por medios centrífugos. Para ellos se añade la papilla a una cámara giratoria con una pared perforada recubierta con un medio de filtración adecuado.

#### - Extracción sólido- líquido y estrujamiento.

La transferencia de masa entre fases ofrece, con frecuencia, considerable interés, tanto en la industria bioquímica como en la alimentaria. Las fases pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas.

La extracción sólido-líquido es un ejemplo de una operación de este tipo en la que un determinado componente deseable, el soluto, en una fase sólida se separa por contacto del sólido con un líquido, el disolvente, en el que es soluble el producto deseado.

Muchas sustancias (frutas, verduras y semillas) contienen constituyentes líquidos valiosos en el interior de la estructura de las células de que están compuestos. Los cacahuetes, cocos, semillas de girasol y aceitunas, por ejemplo, producen aceites y grasas comestibles, mientras que los zumos de diversas frutas se utilizan para la manufactura de diferentes bebidas y vinos. Las paredes de las células se han de romper, en general, antes de poder separar los líquidos que lo componen, siendo con frecuencia necesaria cierta forma de pretratamiento como el pulpeo o el calentamiento.

Aunque el interés se ha centrado en el líquido a extraer, en algunos casos el residuo sólido es útil para la alimentación animal.

Tradicionalmente la separación se lleva a cabo mediante extracción con disolventes (como en la recuperación de grasa de tejidos vegetales o animales) o por estrujamiento mecánico, que consiste en la separación de los líquidos contenidos en productos sólidos mediante la aplicación de fuerzas de compresión, y encuentra utilización frecuente en las industrias de los alimentos y bebidas.

Se emplean tres métodos para extraer el líquido contenido en la matriz sólido-líquido: compresión hidráulica, compresión con rodillos y compresión con tornillos.

#### - Cristalización.

Los procesos de cristalización se utilizan en la industria de los alimentos con dos finalidades. Una de ellas para separar por cristalización un producto líquido en una fase sólida y otra líquida de diferente composición , siendo una o ambas

fracciones los productos del proceso. Otra posibilidad es la cristalización en la que no se pretende la separación de la fase sólida, sino que el producto retenga toda la materia prima.

El proceso de cristalización puede iniciarse tanto por enfriamiento como por evaporación.

Si una solución de un soluto en un solvente se enfría progresivamente, o si el solvente se va evaporando de manera continua, comienza la cristalización, comenzando por poseer una solución sobresaturada a la temperatura de la solución.

#### - Tratamiento térmico.

La industrialización de los alimentos incluye dos clases amplias de conversaciones: aquellas que verifican principalmente cambios físicos y aquellas en las que los cambios químicos irreversibles son la finalidad principal de la actividad. Las conversaciones físicas, como la reducción de tamaño y la centrifugación se conocen normalmente por **operaciones básicas**. Las conversaciones en las que el principal efecto es de naturaleza química se conocen por **procesos básicos**.

Los **procesos básicos** de tratamiento térmico, incluyen el horneado, la ebullición la fritura, el asado y otras actividades de conversión en las que la aplicación de calor tiene por finalidad primordial producir cambios químicos en los alimentos.

## 5. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS.

La conservación de alimentos suele llevarse a cabo a través de uno de los siguientes procedimientos: tratamiento térmico, evaporación, deshidratación y congelación.

#### - Tratamiento térmico.

En los procesos de conservación por **tratamiento térmico**, el calentamiento reduce la concentración microbiana del alimento.

Es conveniente dividir los tratamientos térmicos en dos categorías implicando 1) temperaturas inferiores a 100 °C y 2) temperaturas superiores a 100 °C.

Los tratamientos inferiores a 100 °C suelen denominarse procesos de **pasteurización** y están generalmente destinados a higienizar el producto, a liberarle

de todos los gérmenes patógenos y algunos microorganismos alterantes que, de estar presentes, serían capaces de crecer en las condiciones de almacenamiento. Un buen ejemplo de estos tratamientos lo encontramos en la tecnología láctea.

El tratamiento térmico debe ser capaz de inactivar estos microorganismos lo que exige el uso de tratamientos a temperaturas superiores a 100 °C, a las que habitualmente se denomina de **esterilización**.

#### - Evaporación.

La evaporación o concentración de una solución por ebullición del solvente encuentra tres aplicaciones principales en la industria de los alimentos:

- 1º) La preconcentración de líquidos previa a su ulterior procesado.
- 2º) La reducción del volumen del líquido para abaratar los costos de almacenamiento, envasado y transporte.
- 3º) Para reducir la actividad del agua aumentando la concentración de sólidos solubles en los productos alimenticios, al objeto de contribuir a su conservación, por ejemplo en la fabricación de leche condensada edulcorada.

#### - Deshidratación.

Con este término nos referiremos indistintamente a la **deshidratación de alimentos** y a la **desección de alimentos** para referirse a la operación unitaria en la que se elimina por evaporación o sublimación casi toda el agua presente en los alimentos, mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas.

La deshidratación de alimentos determina una reducción del peso y normalmente también, del volumen, por unidad de valor alimenticio, e incrementa la vida útil de los productos desecados en comparación con los correspondientes alimentos frescos.

Los **métodos** empleados en la desecación de los alimentos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Desecación con aire caliente. El alimento se pone en contacto con una corriente de aire caliente. El calor se aporta al producto principalmente por convección.
- Desecación por contacto directo con una superficie caliente. El calor se aporta al producto principalmente por conducción.

- Desecación mediante el aporte de energía de una fuente radiante, de microondas o dieléctrica.

- Liofilización: El agua de los alimentos se congela y seguidamente se sublima a vapor, generalmente por aporte de calor en condiciones de presión muy baja.

### - Congelación.

Los alimentos se han conservado mediante la congelación desde tiempo inmemorial en los lugares que tienen temperaturas ambientales suficientemente reducidas (congelación climática).

Una de las variables más importantes en este proceso es el tiempo de congelación. La definición de este término presenta algunas dificultades. Hay que definir dos instantes, el momento en que se inicia la congelación y el momento en el que se termina. Además, la congelación se puede producir a distintas velocidades en diferentes partes de una pieza o paquete de alimento. Más rápida en la superficie.

Dada la naturaleza de los productos alimenticios y la presencia de constituyentes solubles en agua, toda el agua no se congela a esta temperatura.

Los **métodos** empleados en la congelación de productos son los siguientes.

- Congelación por contacto con un sólido frío. Los congeladores de este tipo consisten en una serie de placas metálicas planas huecas refrigeradas. Se montan en paralelo en sentido horizontal o vertical.

- Congelación por contacto con un líquido frío. Puede obtenerse elevados coeficientes de transmisión de calor entre el sólido y el líquido, los cuerpos con formas irregulares pueden congelarse con la misma facilidad que los bloques rectangulares y los productos alimenticios pueden congelarse individualmente por separado en lugar de en bloques compactos.

Si los alimentos sin envasar se congelan por inmersión, el fluido refrigerante tiene que ser comestible y aceptable como contaminante del producto.

En la actualidad, las latas de zumos de cítricos se congelan por inmersión.

- Congelación mediante gases fríos. Pueden congelarse con esta técnica de alimentos de formas irregulares y alimentos congelados individualmente. Sin embargo, los coeficientes de transmisión de calor en la superficie de los alimentos en los congeladores de aire forzado son menores que en los congeladores por

inmersión de líquidos.

## **6. ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS.**

Durante el almacenamiento, los alimentos pueden alterarse por tres mecanismos:

1) organismos vivos (incluyendo parásitos, insectos, hongos o bacterias) que pueden contaminarlos y deteriorarlos.

2) actividades bioquímicas propias del alimento (la respiración, sobremaduración y envejecimiento) que pueden reducir su calidad y utilidad, y

3º) procesos físicos (ruptura de los envases y salida del contenido) que pueden tener también un efecto negativo.

Los tres factores principales del almacenamiento que influyen en la conservación de un determinado producto son la temperatura, la humedad y la composición de la atmósfera.

### - Temperatura de almacenamiento.

La velocidad de las reacciones bioquímicas en los alimentos aumenta con la temperatura.

Cuanto más reducida sea la temperatura de almacenamiento más lentamente se alteran los alimentos. La velocidad de crecimiento microbiano disminuye al reducirse la temperatura y el almacenamiento a bajas temperaturas. Tiene en cierto sentido efecto bactericida

### - Humedad ambiente.

Si la humedad de la atmósfera de un almacén se encuentra por debajo de la humedad relativa en equilibrio del alimento almacenado, dicho producto perderá humedad cediéndola a la atmósfera. Por el contrario, si se encuentra por encima de la HRE del alimento, este último absorberá el agua. Por tanto, en condiciones ideales, la humedad relativa de la atmósfera del almacén tiene que ajustarse a la HRE del producto almacenado.

En el caso de las frutas y verduras frescas la humedad ambiental no puede

mantenerse lo suficientemente elevada como para evitar su arrugamiento y desecación porque en tal caso crecerían los mohos rápidamente. Por este motivo hay que utilizar una humedad relativa para la cual hay cierto grado de desecación que se acepta al quedar compensado por la reducción en el ataque microbiano que se consigue. En el caso del transporte de la carne a largas distancias hay que aceptar un cierto grado de desecación superficial para evitar el desarrollo del limo bacteriano.

#### - Composición de la atmósfera.

El **ejemplo más notable** lo constituye el almacenamiento de las frutas en refrigeración. La fruta fresca respira, consumiendo oxígeno y eliminando anhídrido carbónico. La velocidad de la respiración puede reducirse mediante el enfriamiento, aumentando por tanto la conservabilidad, pero puede reducirse aún más almacenando la fruta en una atmósfera rica en anhídrido carbónico y más pobre en oxígeno que las atmósferas normales.

#### - Olores.

Los alimentos almacenados pueden adquirir olores extraños procedentes de otros productos que haya en el almacén ,de materiales de envasado inadecuados o de la propia cámara y del ambiente. Los alimentos de olor fuerte (carnes con especias, pescado ahumado, frutos cítricos, etc.) y las carnes y pescados alterados comunican fácilmente malos olores. Los materiales de envasado pueden tener malos olores propios o pueden contaminarse durante su producción. También pueden causar problemas los adhesivos y las tintas usadas en las impresiones. Por último, los materiales de construcción del almacén pueden contaminarse o absorber malos olores desde el exterior. Aunque tales olores no alteren el valor nutritivo de los alimentos pueden modificar sensiblemente su valor comercial.

El método más satisfactorio para evitar problemas de comunicación de malos olores durante el almacenamiento es no poner simultáneamente alimentos que absorban olores en presencia de materiales olorosos. Los envases pueden servir para evitar la captación de olores anormales por parte de los alimentos envasados y tanto el carbón activado como el ozono se han empleado para eliminar de los frigoríficos las sustancias volátiles responsables del olor.

La luz ultravioleta y los rayos solares inducen con rapidez olores anormales.

## **7. TRANSPORTE.**

El desplazamiento de materiales se ocupa de cinco elementos: MOVIMIENTO- TIEMPO- LUGAR- CANTIDAD- ESPACIO. El transporte de productos consiste, pues en MOVIMIENTO de la forma más eficiente al TIEMPO más adecuado, hacia y desde el LUGAR correcto, en la CANTIDAD requerida, con la máxima economía de ESPACIO. El desplazamiento no añade nada al valor del producto. Por ello, es de la mayor importancia asegurar una eficiencia máxima del transporte durante todos los siguientes movimientos de los productos:

- 1) Como materia prima desde el lugar de suministro al almacén o proceso.
- 2) Como producto en elaboración entre las etapas del proceso.
- 3) Como producto acabado hacia el embalaje, almacén y envío.

Las condiciones de transporte pueden ser menos estrictas que las del almacenamiento. Esto se debe a que los sistemas de refrigeración y los controles de temperatura durante el transporte plantean más problemas y son relativamente más costosos que los del almacenamiento estático.

En particular es relativamente corta, la fracción de la conservabilidad con calidad elevada que se consume durante el transporte a temperaturas bastante más elevadas que las recomendadas para el almacenamiento, es comparativamente pequeña.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Brennan. J.G. "Las operaciones de la ingeniería de los alimentos". Ed. Acribia. 1980.  
Norman. W. "Conservación de alimentos". Ed. Continenetal. 1982.

## TEMA 15

# TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN, ORGANIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN. LA PLANIFICACIÓN TÉCNICA EN EL ÁMBITO ESCOLAR.

### ÍNDICE.

1. Introducción.
2. La producción en la economía.
  - 2.1. La localización de la planta.
  - 2.2. La dimensión de la planta.
3. El producto.
4. Los inventarios o stocks.
  - 4.1. La evolución temporal del stock.
5. Sistema básico de organización y seguimiento de la producción.
  - 5.1. El plan maestro de producción.
  - 5.2. Estructuras de fabricación. La lista de materiales.
  - 5.3. El estado de los stocks.
  - 5.4. El sistema MRP.
  - 5.5. El control de calidad.
6. La planificación técnica en el ámbito escolar.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El proceso de producción es mucho más amplio que la estricta transformación de bienes o la variación de su forma o de alguna de sus cualidades, puesto que abarca, además todas las operaciones necesarias para poner los bienes ya transformados a disposición de los consumidores, lo que incluye, además de su transformación, su almacenamiento, transporte desde el lugar en que se hayan transformado hasta el lugar en que lo adquiera el cliente y , por último, su venta.

## 2. LA PRODUCCIÓN EN LA ECONOMÍA.

Antes de comenzar a producir es necesario establecer dónde estará ubicada la planta de producción y qué dimensión debe tener ésta.

### 2.1. La localización de la planta.

La localización óptima de la planta de producción será el lugar geográfico en el que los costes totales de producir sean menores y encontraremos un buen número de razones que harán que, al menos, algunos de los costes asociados al proceso productivo varíen en función del lugar geográfico concreto en donde se ubique la instalación.

El **coste del terreno** sabemos que no es el mismo en todas las zonas y que además, varía sustancialmente de unas a otras.

Además, para cualquier proceso de producción necesitaremos disponer de una serie de **productos**, materias primas y auxiliares que habrán de suministrarlas los proveedores con relativa frecuencia, y en consecuencia, ahorrarán gastos si la planta se sitúa cerca de las fuentes de suministro de estas materias, es decir, cerca de los proveedores.

Por otro lado, es preciso considerar al **personal** que va a trabajar en las instalaciones, ya que éstas deben estar situadas en una zona geográfica en cuya área de influencia residan trabajadores con la cualificación requerida en número suficiente; si no fuera así, la alternativa obligaría a que un número de empleados tuviera que cambiar su domicilio a otro lugar, lo que exigiría que la zona de acogida contara con unas condiciones de vida adecuadas: viviendas disponibles, colegios, zonas deportivas, etc, pero siempre teniendo en cuenta que el coste de la mano de

obra también varía de unas a otras zonas.

Habría que añadir a todo esto el que es preciso contar con los servicios necesarios para desarrollar la producción, como, por ejemplo, suficiente fuerza eléctrica, medios de transporte idóneos y, en definitiva, una **infraestructura** de servicios adecuada.

El problema consiste en decidir la localización de una planta de producción. Para ello se le atribuye un peso específico en relación a la importancia que la empresa concede a cada uno de los factores considerados, posteriormente se le asigna una puntuación, por ejemplo de 0 a 10, según el grado de cumplimiento que ofrezca la zona. En la tabla siguiente se han establecido los factores que influyen en la localización de una planta hipotética, el peso específico de cada uno de ellos y la puntuación referida a dos posibles zonas.

Factores	Peso específico (p)	Zona A (F)	Zona B (F)
Coste terreno	0'1	2	6
Coste materias	0'3	4	5
Coste mano obra	0'4	6	3
Infraestructura	0'2	3	2

Con estos datos se puede calificar cada localización utilizando dos métodos muy sencillos, el modelo aditivo y el modelo multiplicativo. La puntuación total de cada localización (T) se obtiene sumando los productos del peso específico por la puntuación asignada, método aditivo; o multiplicando las potencias del peso específico elevado elevados a la puntuación correspondiente.

$$T = \sum p \cdot F \quad \text{o} \quad T = \prod p^F$$

## 2.2. La dimensión de la planta.

La dimensión de la planta hace referencia a la capacidad que habrán de tener las instalaciones para producir la cantidad de bienes necesaria para satisfacer la demanda a la que tenga que hacer frente la empresa; lógicamente, si se espera una demanda alta habrá que construir una fábrica y unos almacenes adecuados para albergar todo el equipo productivo necesario.

Una **mala dimensión** de la empresa ocasionará alguno de los efectos siguientes:

a) Si a planta está **sobredimensionada**, provocará gastos innecesarios derivados de un exceso de capacidad.

b) Si, por el contrario, estuviera **subdimensionada**, no se podría atender a toda la demanda y, naturalmente se dejaría de vender la diferencia entre la demanda total y la capacidad máxima de producción de la empresa.

Si la dimensión adecuada está en función de la demanda esperada, está claro que, antes de decidir una dimensión concreta, habrá que establecer una previsión de la demanda futura a la que habrá de hacer frente la producción de la empresa.

### **3. EL PRODUCTO.**

Desde el punto de vista del marketing un producto es cualquier cosa, tanto tangible como intangible (un bien, un servicio o una idea), que por poseer un conjunto de atributos y/o cualidades puede ser deseado por alguien quien para poseerlo esté dispuesto a pagar por él un precio; en definitiva, algo que se puede vender.

La experiencia demuestra que los productos, a semejanza de los seres vivos, presentan un **ciclo vital**, es decir, un período de tiempo, más o menos largo, durante el cual nacen, crecen, maduran y mueren.

Las características más destacadas de dicho **ciclo** son las siguientes:

1º. Etapa de iniciación o de **lanzamiento**. Cuando aparece un producto nuevo, en general, la empresa que lo ha fabricado ha necesitado realizar previamente unos gastos en investigación y posteriormente en inversiones para adquirir los equipos necesarios para su producción. Además, en el momento de aparecer en el mercado es desconocido para los consumidores, por lo que se requieren fuertes inversiones adicionales en su promoción. Lógicamente en este período de introducción, la empresa registra pérdidas.

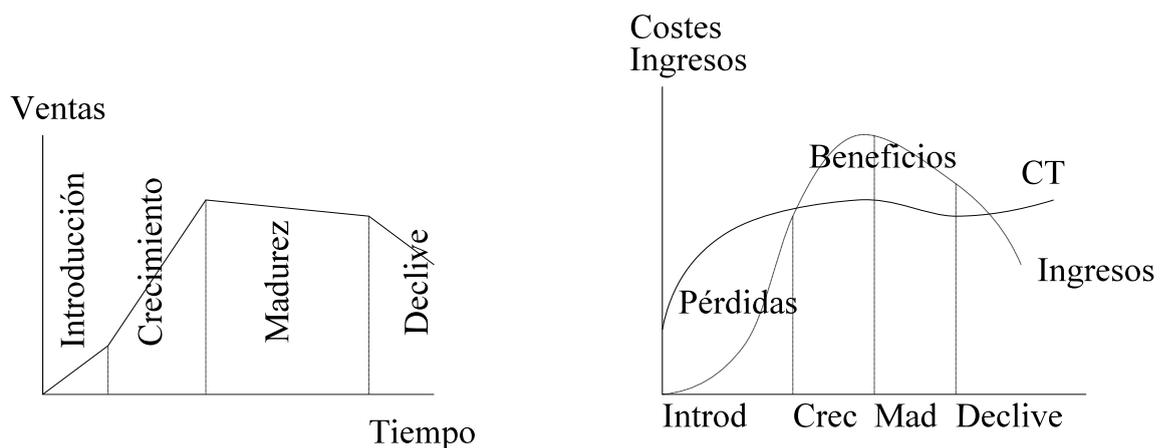
2º. Etapa de **crecimiento**. Una vez superada la primera fase, el producto comienza a ser conocido y se inicia otra etapa caracterizada por un elevado crecimiento del volumen de ventas, debido principalmente a que al conocerse el producto y sus cualidades se generaliza entre los ciudadanos el deseo de consumirlo. El crecimiento

de las ventas termina generando beneficios para la empresa.

3º. Etapa de **madurez**. La velocidad de crecimiento de las ventas comienza a estabilizarse por algún tiempo, se mantienen las ventas y los beneficios relativamente estables pero con tendencia a decrecer a medida que va pasando el tiempo.

4º. Etapa de declive o **saturación**. Poco a poco el mercado se va saturando, los productos sustitutos que han ido apareciendo van acaparando cada vez una mayor cuota del mercado, las ventas descienden y paralelamente los beneficios; desaparecen los beneficios y el producto muere.

El mencionado ciclo de vida del producto se puede representar gráficamente tal y como se hace en la figura. También pueden representarse las curvas de costes



totales (CT) e ingresos para cada una de las etapas descritas.

#### 4. LOS INVENTARIOS O STOCKS.

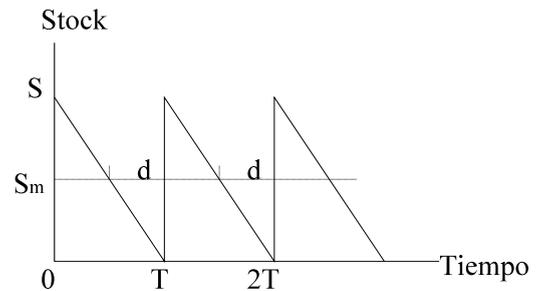
Los inventarios o stocks se constituyen en la empresa con la finalidad de servir a los clientes, sin que éstos sufran demora. y también con el objeto de mantener la continuidad del proceso productivo, sin que éste tenga que interrumpirse por falta de materias primas.

Existen dos variables, que son la demanda y el plazo de entrega de los proveedores, cuyo comportamiento sólo es posible conocerlo en términos de probabilidad. Por ello, la empresa se ve forzada a tener en almacén una cantidad

conveniente de stocks para compensar las posibles oscilaciones de esas dos variables. Los inventarios son, pues, una especie de "embalses" reguladores que hacen posible mantener el equilibrio entre los flujos reales de entrada y salida.

#### 4.1. La evolución temporal del stock.

Si en un sistema de coordenadas rectangulares representamos en ordenadas la cantidad de stocks y en abscisas el tiempo, se obtiene la clásica curva en forma de dientes de sierra que representa la evolución temporal del stock, tal como se indica en la figura, en donde:



S: volumen del lote o pedido.

T: período de aprovisionamiento del stock (días)

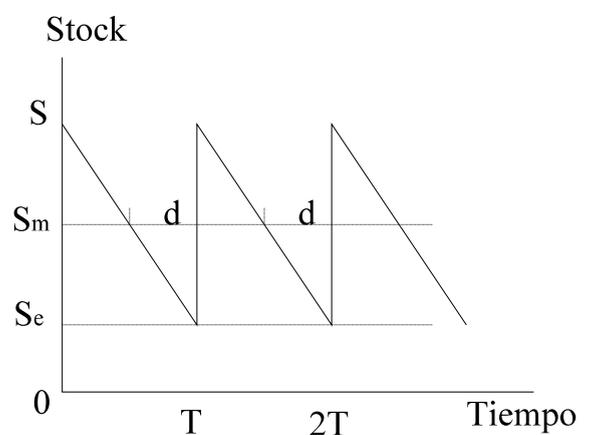
S/T : ritmo de agotamiento del stock, es decir,  $n^{\circ}$  de unidades de producto vendidas por unidad de tiempo.

$S_m$ : punto de pedido, es decir, número de unidades de stock que son suficientes para hacer frente a la demanda de d días, que es el plazo de entrega de los proveedores. Cuando el stock alcance ese nivel hay que formular un nuevo pedido.

d: plazo de entrega de los proveedores.

Cuando el ritmo de agotamiento y el plazo de entrega son conocidos, no tiene por qué producirse ruptura si la gestión del stocks es eficaz. Sin embargo, cuando alguna de dichas variables es aleatoria, que es lo más normal, el problema se complica mucho más, y es necesario recurrir al llamado **stock de seguridad**.

Se denomina **stock activo** a aquel stock que se mantiene en el almacén para hacer frente a las exigencias de los clientes o del proceso productivo. Alcanza su valor máximo cuando llega al almacén de la empresa el pedido formulado a los proveedores, para luego ir consumiéndose de forma más o menos regular hasta agotarse completamente, en cuyo momento debe llegar al almacén un nuevo pedido, con



lo que el stock activo vuelve a recuperar su valor máximo.

El **stock de seguridad** es aquél que complementa al activo, y se mantiene en el almacén para hacer frente a las demoras en el plazo de entrega o a una demanda anormalmente alta. La evolución temporal del stock cuando existe el de seguridad es la representada en la figura.

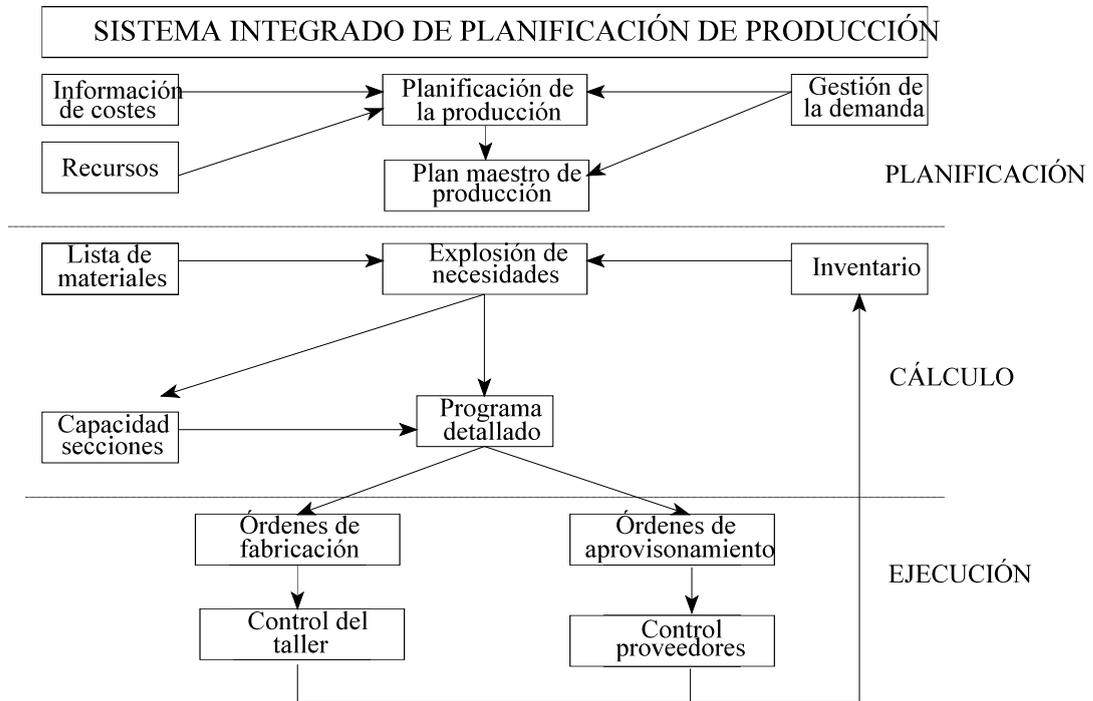
## **5. SISTEMA BÁSICO DE ORGANIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN.**

Los sistemas básicos para planificar y controlar estos procesos constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la misma. Pero todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de todo tipo de materiales en la empresa para obtener los objetivos de producción eficientemente: ajustar los inventarios, la capacidad, la mano de obra, los costes de producción, los plazos de fabricación y las cargas de trabajo en las distintas secciones a las necesidades de la producción.

El control de la producción conlleva tanto el control de los inventarios (para garantizar que el capital invertido en ellos sea utilizado de una forma eficiente) como el seguimiento de las órdenes de fabricación y aprovisionamiento (para garantizar el cumplimiento del calendario programado de fabricación).

El proceso de planificación y control de la producción se puede conceptualizar en tres grandes etapas, como se muestra en la figura.

En la primera se determina el **plan maestro de producción**, que consiste en las cantidades y fechas en que deben estar disponibles los inventarios de distribución de la empresa, es decir, aquellos productos sometidos a demanda externa.



La segunda etapa está formada por los módulos de cálculo que realizan la explosión de necesidades a partir del plan maestro, dando como resultado el **programa detallado de fabricación y aprovisionamiento**, y las cargas de trabajo en las secciones. Por último, en la tercera etapa se realiza el control y seguimiento de las operaciones del taller y de los proveedores para que se cumpla el programa fijado en el paso anterior.

Por lo que respecta a la primera parte, la determinación del plan maestro se realiza escogiendo entre los posibles planes de producción el que dé lugar al mínimo coste de operación.

Las condiciones que ha de cumplir un **plan** para ser candidato son de dos tipos:

- que las producciones de cada producto elaborado o semielaborado cubran las demandas previstas del mismo, y
- que los recursos consumidos en la fabricación no superen la capacidad disponible en ningún período del horizonte de planificación.

Una vez fijado el plan maestro de producción se procede a calcular las órdenes de fabricación y aprovisionamiento de que él se derivan, teniendo en cuenta

la estructura de los productos recogida en la lista de materiales.

### **5.1. El plan maestro de producción.**

Como hemos indicado, el plan maestro de producción consiste en las cantidades y fechas en que deben estar disponibles los inventarios de distribución de la empresa. Al plan maestro de producción sólo le conciernen los productos y componentes sujetos a demanda externa a la unidad productiva. Estos son los llamados **productos finales** que se entregan a los clientes, entendiendo este último concepto en un sentido amplio. Así, son considerados clientes otras empresas que emplean dichos productos como componentes en su propio proceso productivo, otras plantas de la misma empresa, caso de que la gestión de los materiales de ambas empresas sea independiente, y los componentes de los productos que se venden como repuestos. Este es el sentido en el que debe interpretarse el concepto de los stocks de distribución.

El otro aspecto básico del plan maestro de producción es el **calendario** de fechas que indica cuándo tienen que estar disponibles los productos finales. Para ello es necesario discretizar el horizonte de tiempo que se presenta ante la empresa en intervalos de duración reducida que se tratan como unidades de tiempo. Habitualmente se ha propuesto el empleo de la semana laboral como unidad de tiempo natural para el plan maestro.

Cualquier circunstancia que afecte a la ejecución práctica del programa maestro modificando el mismo (averías, roturas, rechazos de calidad, etc.) debe ser recogida inmediatamente, en el mismo día, para evaluar sus consecuencias sobre el resto del programa de producción y adecuar el mismo.

### **5.2. Estructuras de fabricación. La lista de materiales.**

El **despiece** de cualquier conjunto complejo que se produzca es un instrumento básico de los departamentos de ingeniería de diseño para la realización de su cometido. Tanto para la especificación de las características de los elementos que componen el conjunto como para los estudios de mejora de diseños y de métodos en producción. Desde el punto de vista del control de la producción interesa la especificación detallada de las componentes que intervienen en el conjunto final, mostrando las sucesivas etapas de la fabricación. La **estructura de fabricación** es la lista precisa y completa de todos los materiales y componentes que se requieren

para la fabricación o montaje del producto final, reflejando el modo en que la misma se realiza.

Varios son los requisitos para definir esta estructura. En primer lugar, cada **componente** o material que interviene debe tener asignado un código para cada elemento y a cada elemento se le asigna un código distinto. En segundo lugar, debe de realizarse un proceso de racionalización por niveles. A cada elemento le corresponde un nivel en la estructura de fabricación de un producto, asignado en sentido descendente. Así, al producto final le corresponde el nivel cero. Los componentes y materiales que intervienen en la última operación de montaje son de nivel uno; etc.

La presentación de las **listas de materiales** incluyen las partes que intervienen en una operación conjunta de montaje o fabricación, con una descripción identificadora de los componentes, el número de éstos que intervienen y las unidades en que están medidas.

Con estas listas se construye una base de datos que permite componer el árbol de fabricación completo de cualquier producto a partir de las listas de un sólo nivel.

### **5.3. El estado de los stocks.**

Para que el sistema de programación y control de la producción sea fidedigno es imprescindible una descripción muy precisa de las existencias en cada instante de tiempo. Por ello, el sistema de información referido al estado del stock ha de ser muy completo, coincidiendo en todo momento las existencias teóricas con las reales y conociendo el estado de los pedidos en curso para vigilar el cumplimiento de los plazos de aprovisionamiento.

La información que debe mantenerse actualizada en cada período, de todas las referencias que intervienen en las listas de materiales es:

- a) Existencias al principio de cada período del horizonte considerado en el programa maestro.
- b) Cantidades comprendidas.
- c) Cantidades y fechas de recepción de órdenes en curso.
- d) Stock de seguridad.
- e) Tamaño del lote: En los entornos de fabricación a los que fundamentalmente están

dirigidos los sistemas de programación y control de la producción que comentamos, ésta se realiza por series, cuyo tamaño debe fijarse.

f) Plazos de aprovisionamiento y tiempo totales de fabricación: El establecimiento del calendario de fabricación requiere el conocimiento del intervalo de tiempo transcurrido desde que se inicia una orden hasta que el material está disponible para ser empleado en los conjuntos de nivel superior o satisfacer la demanda externa.

#### **5.4. El sistema MRP.**

La introducción del computador en los entornos de fabricación como una herramienta sobre la que descansa el sistema de información para realizar la gestión de la producción se abordó a inicios de los años sesenta en los países occidentales más desarrollados. A mediados de la década de los sesenta se inició la comercialización del primer paquete informático de programación y control de la producción cuyo desarrollo fue dirigido por Joseph Olicky. La denominación genérica que recibió este sistema fue <<Materials Requirement Planning>>, siendo difundido por las siglas MRP.

Esta denominación se emplea hoy en día para referirnos a los sistemas de programación y control que integran los módulos del programa maestro de producción, las listas de materiales y que, teniendo en cuenta el estado de los inventarios, generan las necesidades de materiales de todos los elementos que intervienen en la fabricación, estableciendo un calendario de órdenes de suministro tanto internas como externas.

#### **5.5. El control de calidad.**

La calidad es el conjunto de atributos de un bien o de un servicio que reflejan su propia capacidad para satisfacer una serie de necesidades concretas.

Los controles de calidad sobre los productos terminados o sobre las fases de producción son imprescindibles si la empresa pretende ganarse un lugar en el mercado.

En general, el control de calidad se aplica de dos formas distintas: el control de productos y el control de procesos.

**El control de productos** consiste en inspeccionar el flujo de materiales a lo largo del proceso productivo, para asegurarse que durante su transcurso los

productos que tratan de pasar de una máquina a la siguiente cumplen las especificaciones requeridas.

Existen dos alternativas para realizar un control de calidad sobre los productos: el examen exhaustivo y el muestreo.

El examen exhaustivo supone someter a control todas las partes y funciones del producto, lo cual puede resultar excesivamente caro y en algunos casos costoso, llegando incluso a ser imposible, ya que algunas cualidades del producto sólo pueden conocerse mediante ensayos destructivos.

La segunda opción es la de realizar un muestreo. Para ello se eligen al azar un número determinado de piezas de un lote, y sobre ellas se realizan los controles. Este procedimiento se basa en la teoría de que una muestra pequeña, tomada al azar, presenta la misma proporción de elementos defectuosos que el lote entero. Si la muestra analizada presenta un número de piezas defectuosas inferior a un máximo establecido, el lote entero se dará por válido.

**El control de procesos** actúa sobre el estado del sistema productivo, de manera que sea posible detectar factores que afecten negativamente a la calidad del producto terminado.

De entre las variables que pueden provocar un defecto en la fabricación podemos diferenciar las comunes y las especiales. Son variables comunes las que afectan directamente al resultado y pueden controlarse volviendo a reajustar o calibrar la máquina. Las variables especiales no son tan fáciles de identificar y corregir y engloban todo tipo de factores que pueden influir en el proceso y cuya variabilidad es difícilmente previsible: ruidos, fatiga de trabajadores, iluminación, etc.

## **6. LA PLANIFICACIÓN TÉCNICA EN EL ÁMBITO ESCOLAR.**

Entiendo por planificación técnica en el ámbito escolar al establecimiento de un plan de actuación para la realización de una tarea. Si esta tarea la enmarcamos en el ámbito de la Tecnología constituirá la planificación de un proyecto de aula.

Antes de analizar la etapa de diseño, sería conveniente enumerar todas las etapas o fases de diseño y construcción de un proyecto. Estas son:

1. Situación problemática: análisis de la situación e informe de ésta.
2. Investigación y documentación.

3. Diseño: características de la solución, generación de alternativas, elección de la alternativa más idónea, diseño de ésta.

4. Construcción: planificación y seguimiento.

5. Evaluación.

Para que pueda tener lugar una buena planificación hemos de haber realizado un buen diseño.

En primer lugar, hemos de dividir en etapas la construcción del objeto o instalación. Para ello es fundamental identificar unidades independientes y realizar el despiece con el fin de conocer qué material necesitaremos. Tomemos como ejemplo la solución de construcción de un puente móvil ante el problema de comunicar las dos orillas de un río navegable. En él podemos diferenciar varias etapas: los apoyos (estribos), el tablero, el mecanismo de accionamiento y los accesorios del puente (quitamiedos, barandilla, etc.)

En segundo lugar haremos un inventario de este material, recogiendo qué cantidad de cada uno de ellos necesitaremos. Es conveniente que quede recogido en una hoja, conocida como **lista de materiales**. En ella se recogen todos y cada uno de los materiales que vamos a emplear, el total de cada uno de ellos y la unidad en la que serán medidos. En nuestro ejemplo tendríamos el inventario de cada una de las etapas en que ha quedado dividido el proyecto. Suponiendo que se opta por realizar el proyecto con madera, tendríamos para el caso de los estribos dos prismas de medidas 20x20x10 cm. En la lista de materiales se recogerán 8 cuadrados de 20x20 cm y 4 rectángulos de 20x10 cm de la siguiente forma.

LISTA DE MATERIALES						
<u>Fase</u>	<u>Elemento</u>	<u>Material</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Dimensión</u>	<u>Unidad</u>	<u>Total</u>
Estribos	Cuadrado	Madera	8	20x20	cm <sup>2</sup>	3200
	Rectángulo	Madera	4	10x20	cm <sup>2</sup>	800

De este modo conoceremos el total de todos y cada uno de los materiales que necesitaremos, realizando el correspondiente pedido al profesor o a los proveedores.

Del mismo modo que para los materiales hemos de recoger, en una lista similar, las herramientas que tendremos que emplear para llevar a efecto la construcción de cada fase, conocida como **lista de herramientas**. Así, para el estribo necesitaremos regla de fleje, una sierra eléctrica o similar, lima, lija y pistola de pegamento.

Con estas dos listas prevemos todos los elementos que intervienen en la construcción.

El siguiente paso consiste en confeccionar la **hoja de procesos**. En ella se describen todas las operaciones que hemos de realizar para la construcción del proyecto, indicando materiales, herramientas, tiempo de realización y asignación de tareas en el grupo de trabajo (alumno/os). En primer lugar se anotan los procesos de los que están compuestas cada una de las fases y en segundo lugar los procesos de unión y acoplamiento de las fases, en nuestro ejemplo, una vez construidos los estribos, el tablero, etc, se procederá a su acoplamiento. Para la etapa de los estribos descrita tendríamos la siguiente hoja de procesos.

HOJA DE PROCESOS							
Fase	Descripc.	Herramienta	Material	Dimensión	Cantidad	Tiempo	Alumno
Estribos	Cortar	Sierra	Madera	20x20	8	1 h	Pedro
	Cortar	Sierra	Madera	20x10	4	0'5 h	Pedro
	Montar estribos	Lima, lija, pistola	Pegamen.		2	2h	Juan

Esta hoja de procesos es la más importante para que la construcción del proyecto tenga lugar de manera adecuada sin pérdida de tiempo por falta de material o de herramientas, o por desconocimiento de la tarea encomendada a cada miembro del grupo, etc.

Cada vez que finalice una sesión de trabajo se realizará una comprobación de los trabajos realizados y de los desfases producidos respecto de la planificación realizada. A medida que los alumnos se familiaricen con la realización de los proyectos ajustarán mejor los tiempos de ejecución. En el primer ciclo de la ESO es conveniente orientar a los alumnos y alumnas en este sentido.

Será misión del profesor supervisar el trabajo de los diferentes grupos, comprobando que van cumpliendo etapas antes de abordar una nueva, que disponen

del material y herramientas necesarias antes de comenzar a trabajar, y que cada miembro del grupo tiene asignadas unas funciones dentro del grupo y en concreto unas tareas en el proyecto.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Rodrigo C. "Fundamentos de Economía de la Empresa". Ed. Pirámide. 1996

Suárez A. "Introducción a la Economía de la Empresa". Ed. Pirámide. 1990.

## TEMA 22

### REPRESENTACIÓN EN SISTEMA DIÉDRICO.

#### ÍNDICE.

1. Introducción.
2. Punto, recta y plano.
  - 2.1 Generalidades.
  - 2.2. Representación del punto.
  - 2.3. Representación de la recta.
  - 2.4 Representación del plano.
3. Intersecciones. Paralelismo. Perpendicularidad y distancias.
  - 3.1. Intersecciones.
  - 3.2. Paralelismo.
  - 3.3. Perpendicularidad.
  - 3.4. Distancias.
4. Giros y cambios de plano.
  - 4.1. Giros.
  - 4.2. Cambios de plano.
5. Abatimientos, ángulos y figuras planas.
  - 5.1. Abatimientos.
  - 5.2. Ángulos.
  - 5.3. Figuras planas.
6. Formas volumétricas.
  - 6.1. Contorno aparente.
  - 6.2. Secciones planas.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Al proyectar o concebir una forma espacial, no siempre es posible o conveniente reproducirla en el espacio para trabajar sobre ella o para que los demás puedan admirarla, estudiarla o construirla. De aquí surge una doble necesidad. Por un lado la concepción por parte del técnico de cualquier forma mediante la representación gráfica sobre el papel. Por otro lado, que cualquier persona, a la vista del dibujo, pueda interpretarlo e imaginarse detalladamente la forma de que se trata.

Esto explica la doble finalidad de la **Geometría Descriptiva**:

1ª Dibujar o representar sobre un plano las formas espaciales y reconstruir o interpretar la forma de que se trate.

2ª Resolver los problemas espaciales, utilizando construcciones geométricas planas.

Los sistemas de representación utilizados en Geometría son del diédrico o de Monge, acotado, axonométrico y cónico. Los tres primeros utilizan la proyección cilíndrica y el cuarto la proyección cónica.

Todo sistema de representación debe cumplir la condición de **reversibilidad**, es decir, que dada una figura pueda obtenerse las proyecciones de cualquier punto de ella, e inversamente, que las proyecciones dadas definan un único punto del espacio.

Para facilitar la identificación de los distintos elementos trazados en Geometría, se opta por identificarlos de manera diferente. Así, el alfabeto de éstos es el siguiente:

- Punto. Se nombrará con letras mayúsculas del alfabeto latino. (A)
- Recta. Serán nombradas con letras minúsculas también del alfabeto latino. (r)
- Plano. Para su identificación se emplean letras del alfabeto griego. (  $\alpha$  ).

## **2. PUNTO, RECTA Y PLANO.**

### **2.1 Generalidades.**

El sistema diédrico o de Monge utiliza dos planos de proyección, perpendiculares entre sí, que se suponen colocados en posición horizontal y vertical, por lo que se llaman plano horizontal y plano vertical y se designan con las letras H y V. Su intersección, llamada línea de tierra, se designa por sus iniciales LT y se representa con un trazo en cada extremo.

Los planos de proyección dividen al espacio en cuatro regiones, llamadas diedros o cuadrantes (numerados de I a IV) y la línea de tierra divide a cada plano en dos semiplanos. Los planos de proyección se consideran opacos, y como el observador se considera colocado en el primer diedro, serán vistos los puntos situados en este primer cuadrante.

Para representar una figura, se proyecta ésta ortogonalmente sobre cada plano de proyección y luego, se abate uno de ellos sobre el otro para obtener un solo plano que coincida con el del dibujo.

Si suponemos, por ejemplo, que estamos dibujando sobre una mesa se abate el vertical sobre el horizontal, en el sentido contrario al de las agujas del reloj, usando como eje de giro la línea de tierra.

En el dibujo, sólo aparece como única línea de referencia la línea de tierra con sus trazos extremos prescindiéndose de las letras LT.

### **2.2. Representación del punto.**

Para representar un punto A del primer cuadrante se le proyecta ortogonalmente sobre los planos H y V, en  $A_1$  y  $A_2$ . Estas proyecciones se denominan proyección horizontal y vertical y se distinguen con los subíndices 1 y 2, respectivamente. Por ser las proyectantes  $AA_1$  y  $AA_2$  normales a los planos de proyección, el plano definido por A,  $A_1$  y  $A_2$  es normal a LT y corta a ésta en  $A_0$ , y a H y V, según las rectas  $A_0A_1$  y  $A_0A_2$  normales a LT. Al abatir el plano V sobre el H, la proyección  $A_2$  describirá un arco de  $90^\circ$  y se colocará sobre la prolongación de  $A_1A_0$ .

De aquí se deduce:

La **condición** que deben cumplir las proyecciones de un punto A es que la recta  $A_1A_2$  que las une sea normal a LT. Esta línea se llama línea de referencia y se representa de puntos o trazos.

Inversamente, si  $A_1A_2$  es normal a LT, las proyecciones de  $A_1$  y  $A_2$  determinan un punto único en el espacio.

La distancia  $AA_1$  del punto al plano horizontal se llama **cota** y su distancia  $AA_2$  al vertical, **alejamiento**. Por se  $AA_1 = A_2A_0$  y  $AA_2 = A_1A_0$ , podemos enunciar:

La cota de un punto viene dada por la distancia de la proyección vertical a la LT y el alejamiento, por la de su proyección horizontal a la LT.

A veces se utiliza un tercer plano de proyección normal a los anteriores (plano de perfil) que se designa con las letras P o W. El punto A se proyecta ortogonalmente sobre él, en  $A_3$  (proyección tercera) y luego se abate el plano sobre el vertical, girándolo alrededor de su traza  $t_w$  con W. La proyección  $A_3$  describirá un arco de  $90^\circ$ , de centro  $B_0$  y radio  $B_0A_3$ , igual al alejamiento  $AA_2$ , hasta situarse en la prolongación de  $A_2 B_0$ . Dadas las proyecciones  $A_1$  y  $A_2$  del punto A, y la traza  $t_w$  del plano de perfil (normal a LT), podemos hallar  $A_3$ , trazando por  $A_2$  la paralela a LT y tomando sobre ella, a partir de  $B_0$ , la distancia  $B_0A_3 = A_0A_1$ , como indica la figura.

### Posiciones particulares del punto.

Según que el punto se encuentre encima, en o debajo del plano horizontal, su proyección vertical estará encima, en o debajo de LT. Si el punto está delante, en o detrás del plano vertical, su proyección horizontal estará debajo, en o encima de la LT. De aquí, las reglas:

- Todo punto del primer o tercer cuadrante tiene sus proyecciones a distinto lado de LT. Si está en el 1º la ph estará bajo la LT y la pv sobre la LT (punto D en la figura), si está en el 2º, la

situación será la inversa (punto B en la figura).

- Si pertenece al 2º o 4º cuadrante, sus proyecciones están al mismo lado de LT; encima, si es del 2º (punto C en la figura) y debajo si es del 4º (punto A en la figura).

Un **punto situado en un plano de proyección** tendrá la otra proyección situada en la LT (puntos A, B, D y E en la figura). Si el **punto está en la LT**, sus dos proyecciones coincidirán sobre ésta (punto C de la figura).

**Puntos de los bisectores.** Los bisectores  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , de los cuatro diedros o cuadrantes se llaman primero o segundo bisector, según que pertenezcan al 1º y 3º o 2º y 4º cuadrante. Todo punto del bisector de un diedro equidista de las caras de éste. Por tanto: Si un punto pertenece al primer bisector, sus proyecciones equidistan de LT y estarán a distinto lado de ésta (puntos B y D en la figura); si pertenece al segundo coincidirán en un punto (puntos A y C en la figura).

### 2.3. Representación de la recta.

Una recta queda definida por sus proyecciones ortogonales  $r_1$  y  $r_2$  sobre los planos de proyección, que se denominan proyección horizontal y vertical de  $r$ . Si viene determinada por dos puntos A y B, sus proyecciones se obtienen uniendo las proyecciones homónimas de los puntos. Así  $r_1 = A_1B_1$  y  $r_2 = A_2B_2$ .

Cualquier par de rectas  $r_1$  y  $r_2$  pueden ser proyecciones de una recta  $r$  del espacio, pues, desabatiendo  $V$ , los planos

normales a H y V, trazados por  $r_1$  y  $r_2$  (planos proyectantes, determinan al cortarse una recta única  $r$  cuyas proyecciones son  $r_1$  y  $r_2$ ).

Recordando que la incidencia es un invariante proyectivo: si un punto pertenece a una recta, sus proyecciones inciden con las de la recta, Así, si A incide con  $r$ ,  $A_1$  y  $A_2$  son incidentes con  $r_1$  y  $r_2$ , respectivamente.

**Trazas de la recta.** Los puntos notables de una recta son sus intersecciones (trazas) con H y V y con los bisectores. Los dos primeros se llaman traza horizontal y vertical de  $r$  y se designan por  $H_r$  y  $V_r$ , respectivamente. Los segundos, traza con el primero o segundo bisector y no tienen notación especial.

La traza horizontal  $H_r$  es un punto del plano horizontal y de  $r$ , luego su proyección vertical pertenecerá a LT y a  $r_2$ , es decir, será la intersección de  $r_2$  y LT. De aquí que para hallar la traza horizontal de una recta  $r$ , se prolonga  $r_2$  hasta que corte a LT y por este punto se traza la normal a LT hasta su intersección  $H_r$  con  $r_1$ . Para hallar la traza vertical de  $r$  se prolonga  $r_1$  hasta que corte a LT y por este punto se traza una perpendicular a LT hasta su intersección  $V_r$  con  $r_2$ .

Las proyecciones de la traza M de una recta con el primer bisector son las intersecciones de cada proyección con la simétrica de la otra, respecto a LT.

La traza N con el segundo bisector es la intersección de  $r_1$  y  $r_2$ .

**Partes vistas y ocultas de una recta.** La parte vista de una recta es la situada en el primer cuadrante y está limitada por los semiplanos vistos de H y V, es decir, por el horizontal anterior y el vertical superior, siendo vistas las trazas situados en ellos, como indica la figura.

Si las dos trazas son vistas, el segmento  $V_r-H_r$  será visto. Si sólo una traza  $V_s$  es vista, la simirrecta determinada por  $V_s$  que no contiene a  $H_s$  será vista. Si ninguna traza es vista, la recta  $m$  es oculta.

Las partes vistas de una recta se dibujan con trazo continuo y las ocultas de trazos.

**Posiciones de la recta.** Las diversas posiciones de la recta han sido dibujadas en la figura inferior. Las principales observaciones sobre éstas son [usa las abreviaturas cuando escribas el tema, al leerlo puedes completar las palabras]:

- Horizontal: Es una recta paralela al plano H. Su proyección vertical  $r_2$  es paralela a LT.
- Frontal: Es una recta paralela al plano V. Su proyección horiz.  $r_1$  es paralela a LT.
- Paralela a LT: Tiene sus dos proyecciones paralelas a LT.

- Punta: Es perpen. al pl. V. Su proyec. horiz. es perpen. a LT y la vert. es un punto.
- Vertical: Es perpen. al pl. H. Su proyec. vert. es perpend. al LT y la horiz. es un punto.
- Perfil: Tiene sus dos proyecciones incidentes y perpend. a LT.
- Las rectas situadas en uno de los planos de proyección tienen sus proyecciones en los planos contrarios coincidentes con la LT.

**Rectas paralelas.** Dos rectas son paralelas si sus proyecciones homónimas son también paralelas. En la figura r y s son paralelas. [Es importante que te refieras de vez en cuando a las figuras].

Por el contrario, dos **rectas se cortan** si la intersección de las proyecciones homónimas de las rectas determinan las proyecciones de un punto, es decir, están en la misma vertical a LT.

#### **2.4 Representación del plano.**

Un plano se representa por sus trazas  $h$  y  $v$  con los planos de proyección.

Como todo plano corta a un diedro según dos rectas concurrentes en un punto de la arista de éste, las trazas  $h$  y  $v$  se cortarán en un punto de LT. Inversamente, si tomamos como trazas dos rectas que se corten en un punto de LT, éstas definen un único plano cuyas trazas son dichas rectas.

Las trazas de se denominan traza horizontal y traza vertical de , y se designan con la notación  $h$  y  $v$  , prescindiendo de sus proyecciones que están perfectamente determinadas, puesto que la traza  $h$  , por ejemplo, por pertenecer a H, tiene su proyección horizontal coincidente con  $h$  y la vertical con LT.

**Rectas y puntos de un plano.** De la incidencia entre punto, recta y plano se deduce inmediatamente: si una recta pertenece a un plano, sus trazas homónimas inciden con las trazas del plano. Inversamente, si un plano pasa por una recta, sus trazas homónimas inciden con las trazas de ésta.

Para trazar una **recta** contenida en un plano , basta tomar un punto  $H_r$  de  $h$  y otro  $V_r$  de  $v$  y unirlos, como se ve en la figura, obteniendo  $r$ . Inversamente, para trazar un plano que pase por  $r$ , basta unir  $H_r$  y  $V_r$  con un punto de LT.

Para representar un **punto** de , se traza una recta  $r$  del plano y se toma un punto cualquiera  $A$  de ella. Inversamente, para trazar un plano por un punto  $A$ , se traza una recta cualquiera  $r$  que pase por  $A$  y luego, un plano que pase por  $r$ , como se ha indicado.

#### **Rectas y puntos notables de un plano.**

**Horizontales y frontales.** Un plano corta al horizontal  $H$  y a todos los paralelos a él, según rectas horizontales paralelas entre sí, luego toda horizontal  $h$  del plano será paralela a  $h$ . Por tanto, toda horizontal  $h$  de un plano tiene sus proyección  $h_1$  paralela a  $h$  y, la  $h_2$  paralela a  $LT$ .

Análogamente, las frontales de un plano son paralelas a su traza vertical. Por tanto, toda frontal  $f$  de un plano tiene su proyección  $f_1$  paralela a  $LT$  y, la  $f_2$  paralela a  $v$ .

Para trazar una horizontal  $h$  de , se traza una paralela  $h_2$  a  $LT$  hasta que corte a  $v$  en  $V_h$  y por la proyección horizontal de ésta (situada en  $LT$ ), la paralela  $h_1$  a  $h$ . Análogamente se procede para trazar la frontal  $f_1$ -  $f_2$ . La intersección  $A_2$  y  $A_1$  de  $h$  y  $f_2$  y de  $h_1$  y  $f_1$ , han de estar sobre una normal a  $LT$ , por ser  $A$  la intersección de  $h$  y  $f$ .

**Recta de máxima pendiente y de máxima inclinación.** La recta de máxima pendiente de un plano ( $r$  en la figura) es perpendicular a la traza  $h$  y se caracteriza porque su proyección horizontal  $r_1$  es también normal a  $h$ .

Análogamente, la recta  $s$  del plano, normal a la traza  $v$  se llama recta de máxima inclinación; su proyección  $s_2$  es normal a  $v$ .

**Posiciones particulares del plano.**

- Horizontal: Es un plano paralelo a H,  $v$  es paralela a LT y  $h$  es impropia.
- Frontal: Es un plano paralelo a V,  $h$  es paralela a LT y  $v$  es impropia.
- Vertical: Es perpendicular a H,  $v$  es normal a LT.
- De canto: Perpendicular a V,  $h$  es normal a LT.
- De perfil: Plano perpendicular a LT, sus dos trazas son perpendiculares a LT.
- Paralelo a LT: sus dos trazas son paralelas a LT.
- Que pasa por LT: sus dos trazas inciden en LT. Para definirlo se da, además, un punto que se representa con dos trazos a los lados de la línea de referencia.

Dos **planos paralelos** cortan a un tercer plano según dos rectas paralelas. Por tanto, si dos planos son paralelos, sus trazas homónimas son paralelas. La recíproca también se cierta.

### **3. INTERSECCIONES. PARALELISMO. PERPENDICULARIDAD Y DISTANCIAS.**

#### **3.1. Intersecciones.**

##### **Intersección de planos.**

Para hallar la intersección  $r$  de dos planos  $\alpha$  y  $\beta$ , se traza un plano auxiliar  $\gamma$  que corte a los dados según dos rectas  $a$  y  $b$  fáciles de determinar. La intersección  $M$  de estas rectas es un punto de  $r$ . Repitiendo la construcción con otro plano auxiliar, se hallaría otro punto  $N$ , siendo  $r$  la recta definida por  $M$  y  $N$ .

Si disponemos de papel suficiente no será necesario usar el plano auxiliar, puesto que las trazas de los planos dados son, precisamente, la intersección de éstos con los planos de proyección. La intersección de las trazas homónimas determinan dos puntos que serán las trazas de la recta  $r$  buscada. [Indica: Por falta de tiempo no trataré los casos particulares].

##### **Intersección de recta y plano.**

La intersección  $A$  de una recta  $r$  con un plano  $\alpha$  se determina haciendo pasar por  $r$  un plano auxiliar  $\beta$  que corta al dado según una recta  $a$ . La intersección  $A$ , de las rectas  $a$  y  $r$  es el punto buscado.

Como plano auxiliar suele tomarse uno de los proyectantes de la recta. En la figura se ha utilizado el vertical  $\beta$  que corta al  $\alpha$  según la recta  $a$ ,  $a_1$ - $a_2$ . La intersección de  $r_2$  y  $a_2$  determina  $A_2$  y, mediante la línea de referencia se obtiene  $A_1$ .

### **3.2. Paralelismo.**

**Rectas paralelas.** Como ya hemos indicado, dos rectas son paralelas si las proyecciones homónimas son paralelas. La única excepción a esta regla son las rectas de perfil. En este caso es necesario obtener la tercera proyección de las rectas, que en caso de resultar paralelas determinan el paralelismo de éstas.

**Planos paralelos.** También se ha indicado anteriormente que dos planos paralelos tienen sus trazas homónimas paralelas. La excepción la presentan los planos paralelos a la LT. Si las terceras trazas de éstos sobre un plano de perfil resultan paralelas, también lo serán los planos.

**Recta paralela a un plano.** Para que una recta  $r$  sea paralela a un plano  $\pi$ , basta que lo sea a una recta  $s$  de  $\pi$ .

Esta propiedad sirve para trazar, por un punto dado  $A_1-A_2$ , un plano paralelo a una recta  $r_1-r_2$  dada. Si se traza por  $A$ , la paralela  $s_1-s_2$  a  $r_1-r_2$ , cualquier plano  $\pi$  que pase por  $s$ , será paralelo a  $r$ .

Análogamente, para trazar por un punto  $B$ ,  $B_1-B_2$ , una paralela a un plano  $\pi$ , basta trazar cualquier recta  $s_1-s_2$  situada en  $\pi$ , y luego por  $B$ , la paralela  $r_1$  y  $r_2$  a  $s_1$  y  $s_2$ .

### **3.3. Perpendicularidad.**

Las propiedades de perpendicularidad más importantes son:

1º. Si una recta  $r$  es perpendicular a un plano  $\pi$ , es perpendicular a todas las rectas contenidas en él.

2º. Teorema de las tres perpendiculares. Si dos rectas  $r$  y  $s$  son perpendiculares y una de ellas es paralela o perteneciente a un plano  $\pi$ , sus proyecciones ortogonales  $r_1$  y  $s_1$  sobre  $\pi$  son perpendiculares.

**Recta perpendicular a un plano.** Si una recta  $r$  es perpen. a un plano  $\pi$ , será perpen. a todas las rectas contenidas en él, y por tanto, a su traza  $h$ ,

luego, por el teorema de las tres perpendiculares, su proyección horizontal  $r_1$  será perpendicular a  $h$ . Análogamente se verifica con la proyección horizontal y podemos decir que una recta  $r$  es perpendicular a un plano si las proyecciones de la recta son perpendiculares a las trazas homónimas del plano.

**Plano perpendicular a otro.** Si una recta  $r$  es perpendicular a un plano, todo plano que pase por  $r$  es perpendicular a . Según esto, para trazar por  $A$  la normal  $r$  a , se traza por  $A$  la normal  $r$  a y cualquier plano que pase por  $r$ , será perpendicular a .

**Recta perpendicular a otra.** Para trazar una recta perpendicular a otra dada  $r$ , se traza un plano perpendicular a  $r$  y cualquier recta situada en será perpendicular a la recta dada  $r$ .

### 3.4. Distancias.

La determinación de distancias es una aplicación inmediata de la perpendicularidad.

**Distancia entre dos puntos.** La distancia entre dos puntos  $A$  y  $B$  es el segmento rectilíneo que los une. Su longitud " $l$ " se determina fácilmente como hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyos catetos son la proyección horizontal del segmento  $A_1-B_1$  y la diferencia de cota  $d_c$ .

**Distancia de un punto  $P$  a una recta  $r$ .** Se traza por  $P$  la perpendicular  $PA$  a  $r$  y se halla su intersección  $A$  con ella. El segmento  $PA$  es la distancia pedida que puede obtenerse como distancia entre dos puntos.

**Distancia de un punto  $P$  a un plano .** Queda definida por el segmento  $PA$  determinado por el punto  $P$  y el pie  $A$  de la perpendicular al plano trazada por  $P$ .

**Distancia entre rectas paralelas  $r$  y  $s$ .** Es el segmento  $AB$  determinado por  $r$  y  $s$  sobre una perpendicular  $m$  común a ambas. En diédrico se resuelve trazando un plano perpendicular a las rectas dadas, de cuya intersección con éstas obtendremos los puntos  $A$  y  $B$ .

**Distancia entre dos planos paralelos y .** Se obtiene del segmento  $AB$  perteneciente a la perpendicular común a ambos. En diédrico se resuelve trazando una perpendicular común a los planos que darán como intersección los puntos  $A$  y  $B$  deseados.

## **4. GIROS Y CAMBIOS DE PLANO.**

Los giros y cambios de plano son artificios usados para colocar figuras en posición tal que permita medir directamente magnitudes, resolver fácilmente algunos problemas o conseguir proyecciones claras e intuitivas.

### **4.1. Giros.**

En el giro, el cuerpo o figura se mueve en el espacio alrededor de un eje, permaneciendo inmóviles los planos de proyección.

**Giro de un punto.** Si un punto A gira alrededor de una recta e (eje de giro), describe una circunferencia de plano  $\pi$ , normal al eje, cuyo centro O es la traza del eje con  $\pi$  y el radio OA, la distancia de A al eje.

Los giros quedan definidos por los siguientes elementos: elemento a girar, eje de giro, ángulo de giro y sentido de giro.

En la práctica se utilizan ejes normales a los planos de proyección, resultando una representación más sencilla. Así, si el punto A gira alrededor de la vertical e, la circunferencia descrita se proyectará horizontalmente con centro  $e_1$ , y verticalmente según un segmento paralelo a LT. De esta manera, se gira la proyección  $A_1$  el ángulo deseado obteniendo  $A_1'$ .  $A_2'$  se obtiene mediante la intersección de la línea de referencia trazada por  $A_1'$  y la paralela a LT por  $A_2$ . En este caso, el punto no cambia de cota. Si el eje fuera de punta se procedería del mismo modo, permaneciendo invariable, en este caso, el alojamiento del punto.

**Giro de una recta.** De manera general, el giro de una recta  $m$  se obtiene girando dos puntos de la recta el mismo ángulo y en el mismo sentido. De manera particular trataremos el caso en el que la recta corta al eje de giro. El punto de corte de  $r$  y  $m$  no variará con el giro, puesto que pertenece al eje. Por tanto sólo precisamos girar un punto para que la recta quede girada. Como segundo punto suele tomarse la traza  $H_r$ , que una vez girada pasa a ser  $H_r'$ , obteniéndose fácilmente las proyecciones de  $r'$ .

**Giro de un plano.** Si el eje es de punta, lo más sencillo es girar la traza vertical  $v$  del plano y la frontal  $f$  ( $f_1$ - $f_2$ ) de éste que corta al eje.

La traza  $v$  gira un ángulo en el plano  $V$ , alrededor de  $m_2$ , y toma la posición  $v'$ , mientras que la frontal  $f$  gira en el plano frontal al que pertenece y se conserva paralela y equidistante de  $v$ , luego  $f_2'$  será paralela a  $v'$  trazada por  $m_2$ , hallándose enseguida la nueva traza  $H_f'$  de  $f_1'$  y la  $h'$  del plano.

El giro es, en general, un artificio empleado en Descriptiva para colocar el cuerpo o figura en posición adecuada para medir magnitudes o resolver problemas. No obstante, a veces, se necesitan dos giros para que el cuerpo quede en la posición deseada. Así, por ejemplo, para colocar una recta en posición vertical hay que transformarla primero en frontal por giro alrededor de un eje vertical y luego, en vertical, girando la frontal alrededor de un eje de punta.

## **4.2. Cambios de plano.**

El cambio de plano consiste en sustituir el plano de proyección H o V por otro que sea normal al plano que se conserva. Si se desea cambiar los dos planos de proyección se procede escalonadamente, cambiando primero uno y luego el otro.

Si como nuevo plano vertical, se toma un plano  $V'$ , normal a H, cortará a éste según la nueva línea de tierra  $L_1'T_1'$ , obteniéndose un nuevo sistema diédrico constituido por H y  $V'$ . El subíndice 1 o 2 indica el orden del cambio de plano, mientras que el coma indica que se ha cambiado el plano vertical, la ausencia de coma indica que el plano cambiado es el horizontal.

**Cambio de plano de un punto.** Una vez dibujada la nueva línea de tierra  $L_1'T_1'$ , las nuevas proyecciones de un punto A ( $A_1-A_2$ ) en un cambio de plano vertical serán las siguientes.  $A_1'$  coincide con  $A_1$  y la  $A_2'$  estará situada en la normal a  $L_1'T_1'$  trazada por  $A_1'$  a la distancia h de ésta (cota del punto). En este caso, la cota del punto no varía, puesto que no lo hace el plano horizontal. Si se produce un cambio de plano horizontal, será el alejamiento el que permanezca invariable.

**Cambio de plano de una recta.** Las nuevas proyec. de una recta r se obtienen uniendo las nuevas proyec. de dos de sus puntos o las de la traza que no varía y las de otro punto cualquiera. En el cambio de plano vert. de la figura se han hallado las proyec.  $B_1'-B_2'$  de un punto arbitrario que unidas a las de la traza horiz.  $H_r$ , determinan las proyec.  $r_1'-r_2'$  de la recta. Las nuevas proyec. de la traza vert., punto C, no se corresponde con la traza vert. de la recta cambiada.

**Cambio de plano de un plano.** Si realizamos un cambio de plano vertical, la

traza  $h$  del plano no varía y corta a  $L_1'T_1'$  en  $B_0$ . La nueva traza vertical  $v'$  concurre con  $v$  en un punto  $A$  de la arista del diedro  $V-V'$  que se proyecta horizontalmente en la intersección  $A_1$  de las dos líneas de tierra.

Así, las nuevas trazas de un plano en un cambio de plano vertical son: la traza horizontal  $h'$  coincide con  $h$  y corta a  $L_1'T_1'$  en  $B_0$  y la vertical  $v'$  es la determinada por  $B_0$  y la nueva proyección  $A_2'$  del punto  $A_1-A_2$  de  $v$ , siendo  $A_1$  la intersección de  $LT$  y  $L_1'T_1'$ .

Si la intersección  $A_1$  de las líneas de tierra o la  $B_0$  de  $h$  y  $L_1'T_1'$  caen fuera de los límites del dibujo, puede utilizarse una horizontal  $h$  del plano, cuyas nuevas proyecciones son  $h_1'$  coincidente con  $h_1$  y  $h_2'$ , paralela a  $L_1'T_1'$  y distante de ella la cota "d" de  $h$ . Uniendo la traza  $V_h'$  de  $h_1'-h_2'$  con  $B_0$  o con  $A_2'$ , se obtiene  $v'$ . Si el cambio de plano es horizontal se procede de forma análoga.

## **5. ABATIMIENTOS, ÁNGULOS Y FIGURAS PLANAS.**

El abatimiento de planos es el artificio más usado de Descriptiva para la obtención de formas planas en verdadera magnitud, lo cual permite realizar mediciones o construcciones en un forma plana y, a la inversa, representar una figura de plano dado.

### **5.1. Abatimiento.**

Abatir un plano sobre otro  $H$ , al que corta en  $h$  es girar alrededor de  $h$ , hasta hacerlo coincidir con  $H$ . La traza  $h$  (eje de giro) se denomina charnela. Sea  $A$  un punto de . Si desde su  $ph$   $A_1$ , trazamos la normal  $A_1A_0$  a  $h$ , la recta  $AA_0$ , recta de máxima pendiente de , también será normal a  $h$ . Al abatir sobre  $H$ , el punto  $A$  describirá un arco de circunferencia de centro  $A_0$  y radio  $A_0A$  que corta a  $H$  en los abatimientos  $(A)$  y  $(A_2)$  de  $A$ , situados en la

normal  $A_1A_0$  a la charnela y distantes de  $A_0$  la longitud  $d$ . Esta distancia es la hipotenusa del triángulo rectángulo  $AA_1A_0$  que podemos abatir sobre  $H$ , trazando la paralela  $A_1(A)_1$  a la charnela y tomando sobre ella la cota de  $A$  ( $h$ ). Resumiendo: para abatir un punto  $A$  de un plano sobre el horizontal, se traza desde la proyección horizontal  $A_1$  la perpendicular y la paralela a la charnela. Sobre la paralela se toma una longitud igual a la cota del punto obteniendo  $(A)_1$  y con centro en el pie  $A_0$  de la normal y radio  $A_0(A)_1$ , se traza un arco que corta a  $A_1A_0$  en los abatimientos  $(A)$  y  $(A)_2$  del punto, pudiendo elegirse uno u otro de los dos sentidos de giro.

De forma análoga se procedería si se abatiese sobre el vertical, obteniéndose el abatimiento  $(A)_3$ , como indica la figura.

Hay que hacer algunas observaciones. En un abatimiento lo que se abate es un plano y los elementos y formas geométricas contenidas en él, es decir, que sólo pueden abatirse formas planas. Además, no sólo podemos abatir sobre los planos de proyección, sino sobre planos paralelos a éstos. En el caso de abatir sobre un plano horizontal, la charnela del abatimiento sería la intersección del plano con el horizontal elegido, y en lugar de la cota se toma la altura respecto del plano horizontal.

### **Abatimiento de una recta.**

Para abatir una recta contenida en un plano  $\pi$ , sobre el horizontal, basta abatir dos puntos de ella, por ejemplo, la traza horizontal B, cuya proyección  $B_1$  coincide con el abatimiento (B) por pertenecer a la charnela y punto P abatido en (P), quedando el abatimiento de la recta r definido por (B) y (P). [(B) leerlo como B abatido].

El abatimiento de  $v$  se obtiene abatiendo un punto A de ella por el método general o trazando un arco de centro M y radio  $MA_2$  que corta a la normal  $A_1(A)$  a la charnela, en (A), quedando ( $v$ ) definida por M y (A). En el dibujo se representa también el abatimiento de una frontal y de una horizontal.

### **5.2. Ángulos.**

Una de las aplicaciones más importantes de los abatimientos es conocer el ángulo formado por dos elementos.

**Ángulo de dos rectas.** De los dos ángulos que forman dos rectas que se cortan r y s consideramos el menor de ellos. Se obtiene abatiendo el plano determinado por las rectas, como se ve en la figura.

**Ángulo de recta y plano.** Es el que forma la recta  $r$  con su proyección ortogonal  $r_1$  sobre el plano  $\pi$ . Si queremos saber el ángulo que forma la recta  $r$  ( $r_1-r_2$ ) con el plano  $H$ , éste será el determinado por la propia recta y por su proyección horizontal  $r_1$ . Abatiendo de plano definido por  $r$  y  $r_1$ , que es vertical, se obtiene el abatimiento ( $r$ ) que forma con  $r_1$  el ángulo pedido. De forma análoga se obtiene el ángulo que forma  $r$  con el plano vertical  $V$ , como se aprecia en la figura.

**Ángulo de dos planos.** Es el formado por los lados  $r$  y  $s$  del rectilíneo del diedro formado por  $\pi$  y  $\sigma$ . El plano  $\rho$  del rectilíneo es normal a la arista del diedro, lo cual sirve para trazarlo.

Para hallar el ángulo formado por el plano  $\pi$  con el horizontal de proyección, tenemos que la arista del diedro  $\pi-H$  es la traza  $h$  y el plano normal a ésta, el vertical  $h-v$ , que corta al  $\pi$  según la recta de máxima pendiente  $r_1-r_2$  de  $\pi$ . El ángulo pedido es el que forman  $r$  y  $r_1$  y se obtiene en verdadera magnitud abatiendo el plano  $\rho$ .

Análogamente, el ángulo de  $\pi$  con el vertical  $V$  es el formado por la recta de máxima inclinación de  $\pi$  con su proyección vertical.

## **5.2. Figuras planas.**

Si abatimos una forma plana sobre el horizontal, su abatimiento se corresponde con una afinidad ortogonal de eje  $h$ . Basta, por tanto, determinar un par de puntos homólogos para definir la afinidad.

Sea el cuadrilátero ABCD de plano de la figura y  $(V_r)$  el abatimiento de la traza V de r. Abatiendo la recta r, queda definida la afinidad por  $r_1$  y  $(r)$  homólogas. El abatimiento  $(A)(B)(C)(D)$  se obtiene de forma inmediata, recordando que en la afinidad los pares de rectas homólogas  $A_1B_1$  y  $(A)(B)$ ,... concurren en puntos del eje de la afinidad, es decir,  $h$ , y las rectas que unen puntos homólogos son  $A_1(A)$ ,  $B_1(B)$ ..., son normales al eje. Para su construcción trazamos  $r_1$  uniendo  $A_1$  con  $B_1$  y su homóloga  $(r)$  uniendo  $H_r$  con  $(V_r)$  y por  $A_1$  y  $B_1$  las normales a  $h$  que cortan a  $(r)$  en  $(A)$  y  $(B)$ . Procediendo de forma análoga con los restantes vértices, se obtiene el abatimiento  $(A)(B)(C)(D)$  del cuadrilátero dado, en verdadera magnitud.

Recíprocamente, para determinar las proyecciones de una figura o elemento, dado en verdadera magnitud, se dibuja primero el abatimiento y se halla la proyección por afinidad.

## **6. FORMAS VOLUMÉTRICAS.**

### **6.1. Contorno aparente.**

Sea el poliedro  $\Sigma$  formado por dos pirámides triangulares de base común ABC y vértices M y N. Toda recta de punta (proyectante) interior al prisma, como la EF, corta al poliedro en dos puntos E y F. En proyección vertical, será visto el punto E, por ser de mayor alejamiento y el F, oculto. De la misma manera se procede para determinar cuales son las aristas vistas en proyección horizontal usando en este caso una vertical y siendo visto el punto que tenga mayor cota.

Los lados del polígono del contorno aparente horizontal son siempre vistos y dividen a la superficie del poliedro en dos partes, una vista y otra oculta. Estos lados se caracterizan por ser intersecciones de una cara vista y otra oculta.

Si un vértice se proyecta en un punto  $N_1$ , interior a la proyección horizontal del contorno, las aristas que en él concurren serán vistas u ocultas, según lo sea N. En la figura, las tres son ocultas por ser N el punto de menor cota y, por tanto, oculto.

## **6.2. Secciones planas.**

La sección plana de una forma volumétrica es un polígono cuyos lados y vértices son las intersecciones del plano secante con las caras y aristas respectivamente.

Dos caras paralelas entre sí, o dos caras que se corten según una arista paralela al plano secante, determinan en el polígono sección lados paralelos.

De lo expuesto se deduce el método general para determinar la sección: hallar los vértices del polígono sección, como intersecciones del plano secante con cada arista, y unirlos ordenadamente. También pueden hallarse los lados del polígono, como intersecciones del plano secante con cada cara o combinar ambos métodos.

Otro método más sencillo es transformar el plano secante en proyectante, por medio de un cambio de plano. La sección se halla de forma inmediata en el nuevo sistema y, luego se pasa al primitivo.

Esto es lo que se ha hecho en la figura. Para hallar la sección producida en el tetraedro ABCD por el plano  $\pi$ . El nuevo plano vertical es del  $\pi_2$ , de traza  $h_2$  normal a  $h_1$ . Proyectando el tetraedro sobre dicho plano y abatiendo éste sobre el vertical, se obtienen las nuevas proyecciones  $A_2'B_2'C_2'D_2'$  del tetraedro y la nueva traza  $v_2'$  de  $\pi$  que corta a las aristas del tetraedro en los puntos  $M_2', N_2', P_2'$  y  $Q_2'$ . Refiriendo estos puntos al sistema primitivo, se obtiene la sección MNPQ.

**BIBLIOGRAFÍA.**

A. Gutiérrez, F. Izquierdo. "Dibujo Técnico". Ed. Anaya. 1984.

J. Senabre. "Dibujo Técnico". Ed. Edelvives.

González Monsalve. "Geometría Descriptiva". Ed. Salesiana. 1981.

## TEMA 25

### **NORMALIZACIÓN Y SIMBOLOGÍA EN DIBUJO TÉCNICO.**

#### **ÍNDICE.**

1. Introducción.
2. Conceptos generales.
  - 2.1. Fines y ventajas de la normalización.
  - 2.2. Principios generales de un sistema de normas.
  - 2.2. Principios generales de un sistema de normas.
  - 2.3. Clasificación de las normas.
3. Presentación de los dibujos.
  - 3.1. Formatos.
  - 3.2. Recuadro y rótulo.
  - 3.3. Lista y referencia de las piezas de un conjunto. Despiezo.
  - 3.4. Escalas.
  - 3.5. Doblado de planos.
4. Delineación.
  - 4.1. Tipos de líneas y sus aplicaciones.
  - 4.2. Escritura.
5. Principios generales de representación.
  - 5.1. Vistas.
  - 5.2. Cortes y secciones.
  - 5.3. Otros convencionalismos.
  - 5.4. Representación simplificada de roscas.
6. Acotación.
  - 6.1. Tipos de acotación y de cotas.
  - 6.2. Principios generales de la acotación.
  - 6.3. Elementos y métodos de ejecución de la acotación.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La normalización es el conjunto de prescripciones generales, normas, que establecen los países que alcanzan un cierto grado de desarrollo industrial con objeto de favorecer el comercio y racionalizar la producción.

Los efectos de la normalización sobre la investigación aplicada, la productividad, la calidad, la economía, la seguridad y, en definitiva, sobre el bienestar y nivel de vida de la sociedad, son extraordinariamente importantes.

A modo de anécdota, pero muy ilustrativa, acerca de la necesidad de la normalización, suele recordarse el célebre incendio de la ciudad de Santander en 1941. Ante la magnitud del mismo, y desbordados los servicios de la ciudad, las autoridades solicitaron el auxilio urgente de los parques de bomberos de Bilbao, Valladolid y Madrid. Al llegar estos servicios a la ciudad en llamas, no pudieron atornillar sus respectivas mangueras a las bocas de agua existentes porque las roscas eran distintas. Como consecuencia de este hecho se normalizaron todas las bocas de agua contra incendios.

## 2. CONCEPTOS GENERALES.

**Normalizar**, en su acepción más general, es poner en buen orden lo que no estaba, y se aplica a todas las actividades científicas, técnicas, políticas, económicas y sociales, para resolver problemas que se repiten con frecuencia.

Las formas de expresión de la normalización son diversos documentos técnicos: especificaciones, reglamentos y normas.

Las **especificaciones** son documentos en los que se precisa un conjunto de condiciones a cumplir por un producto, un procedimiento o un material, e incluye, cuando sea necesario, el método que permite determinar si se cumplen dichas condiciones.

Los **reglamentos** son una especificación o conjunto de ellas de obligado cumplimiento por haberlo dispuesto así una autoridad con poder para ello. Un ejemplo lo constituye el Reglamento de Baja Tensión.

Las **normas** son especificaciones de carácter no obligatorio, ni de hecho ni de derecho. Las normas se caracterizan por representar acuerdos bilaterales.

## **2.1. Fines y ventajas de la normalización.**

Los fines de la normalización son tres: simplificar, tipificar y definir.

La **simplificación** consiste en reducir a un mínimo, compatible con la aptitud de empleo, las operaciones, movimientos, variedades de productos y materiales inútiles.

Las ventajas que se derivan de la simplificación son la economía de materias primas y de tiempo, permite la fabricación de grandes series y favorece la catalogación.

La **tipificación** o unificación consiste en adoptar soluciones tipo, eliminando las variedades o modelos superfluos y seleccionando aquellos que reúnan las mejores características respecto de la aptitud de empleo y de fabricación.

La tipificación posibilita la intercambiabilidad de elementos y conjuntos y, con ella, la fabricación en grandes series y la facilidad de disponer de recambios.

La **definición** consiste en precisar, prescribir o especificar, las características de los materiales, productos, procesos y servicios.

La unión de los tres fines citados trae como consecuencia un producto de serie (intercambiabilidad) de más calidad (garantía) y menor coste (economía). De aquí la importancia general de la normalización.

Los **beneficios** de la normalización pueden sintetizarse según el área de que se trate, en los siguientes:

### a) En el área de **producción**.

- Organización racional de la producción, desde la materia prima hasta el producto terminado.
- Aumento de la producción.
- Disminución del volumen de materiales y productos almacenados.
- Disminución de los tiempos empleados.
- Disminución del precio de coste.

### b) En el área del **consumo**.

- Garantías de calidad, regularidad e intercambiabilidad.
- Posibilidad de comparar ofertas.
- Facilidad para formular pedidos.

- Disminución del precio a igual calidad de producto.

c) En el área de la **economía general**:

- Mejora de la producción en calidad, cantidad y regularidad.
- Desarrollo de los intercambios comerciales.
- Aumento de la productividad y mejora del nivel de vida.

## **2.2. Principios generales de un sistema de normas.**

Los principios que deben regir todo sistema de normas pueden sintetizarse en los siguientes:

- a) La normalización debe responder a unas necesidades reales.
- b) Ha de constituir un sistema coherente y completo.
- c) Debe representar un estado de equilibrio entre las exigencias técnicas y la realidad de un país.

## **2.3. Clasificación de las normas.**

En relación al **ámbito de aplicación**, las normas pueden ser nacionales o internacionales.

Las normas **nacionales** se elaboran en un país para su aplicación en él. Entre las normas nacionales se distinguen las normas de **empresa**, de aplicación interna en la empresa; las normas de **sector**, adoptadas por un grupo de empresas de la misma rama; y normas **oficiales**, emitidas por el organismo oficial para la normalización. El organismo español encargado de esta tarea es **A.E.N.O.R.**, Asociación Española de Normalización y Certificación. A través de su Departamento de Normalización se elaboran las normas U.N.E. (Una Norma Española).

Las normas **internacionales** son las elaboradas por un organismo de normalización de esta categoría. El máximo organismo de este tipo es la Organización Internacional para la Normalización (**I.S.O.**).

En relación a su **contenido**, se clasifican en fundamentales e industriales.

Las normas **fundamentales** son las que establecen principios y constituyen los acuerdos básicos de los que se parte para establecer las industriales. Ejemplo de

ellas son las normas de magnitudes y unidades de medida.

Las normas **industriales** son las relativas a la coordinación de los productos y procesos en la industria. Comprenden cuatro tipos esenciales, normas **generales**, que establecen aspectos generales como las normas de dibujo técnico y acotado; **dimensionales**, que definen la forma, tamaño y tolerancias de los elementos; de **calidad**, fijan la calidad de las materias primas y de los productos; y de **trabajo**, que sistematizan la producción.

Por su **carácter** pueden clasificarse en obligatorias, cuasi-obligatorias (aquellas que no siendo obligatorias, lo son en la práctica) y recomendadas.

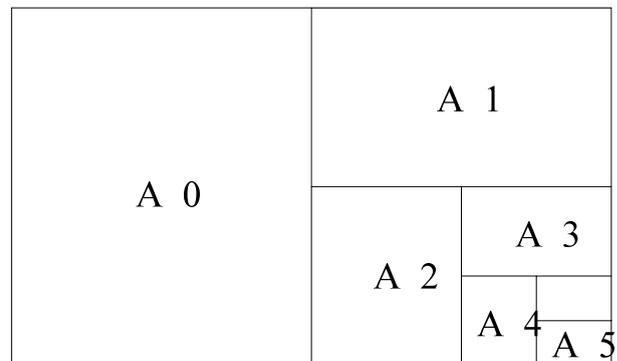
### 3. PRESENTACIÓN DE LOS DIBUJOS.

#### 3.1. Formatos.

Todos los documentos técnicos deben ser realizados en formatos de la serie principal A (UNE 1-011). En el caso de imposibilidad debido a la naturaleza del dibujo, se puede recurrir a formatos derivados.

Los formatos pueden ser empleados en posición horizontal o vertical.

Todos los formatos tienen sus dimensiones en la relación  $\sqrt{2}:1$  y derivan unos de otros subdividiéndolos por la mitad, paralelamente al lado pequeño y comenzando por la hoja base A0 de  $1 \text{ m}^2$ . El dibujo permite apreciar el proceso de obtención de los diferentes formatos. Las dimensiones resultan ser las de la tabla siguiente.



Formato	Medidas (mm)
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

Los formatos alargados especiales y excepcionales derivan de los anteriores, manteniendo su lado mayor y multiplicando su lado menor por 2, 3, etc. Así, el formato 2A0, tendría de dimensiones 1189 x 1682.

### **3.2. Recuadro y rótulo.**

En todos los formatos debe existir un **margen** o banda entre el borde de la hoja y la zona de ejecución. Para formatos A0-A1, este margen no debe ser inferior a 20 mm, mientras que en los formatos menores no debe ser menor de 10 mm.

En el caso de estar prevista encuadernación, el margen izquierdo podrá ser aumentado, siendo usual el valor de 25 mm (UNE 1-028). El recuadro debe ser realizado con línea continua de 0.5 mm de espesor mínimo.

Toda hoja de dibujo técnico debe incluir un **cuadro de rotulación**, que consiste en un conjunto de varios rectángulos adyacentes, normalmente subdivididos a su vez en compartimentos.

El cuadro de rotulación, o rótulo, debe ser colocado en el ángulo inferior derecho de la hoja y dentro de la zona de ejecución, tanto en las hojas X de lectura horizontal (formatos impares A1, A3,...) como en las hojas Y de lectura vertical (formatos pares A0, A2, A4). Se trata de que el rótulo pueda ser leído en el mismo sentido que el dibujo.

La anchura del cuadro de rotulación no deberá superar los 185 mm, ni su altura los 277 mm. Esta indicación debe ser respetada rigurosamente, pues al doblarse las hojas hasta el formato A4, el rótulo tiene que aparecer abajo y entero.

El cuadro de rotulación está concebido para dar información, necesaria y suficiente, que permita la identificación del documento. Se pueden diferenciar dos zonas en relación al tipo de información que cada una suministra: zona de identificación y zona suplementaria.

La **zona de identificación** incluye el nº de identificación, el título del dibujo y la propiedad o autor del dibujo.

La **zona de información complementaria** incluye datos **indicativos** (sistema de representación, escala, unidad de medida), datos **técnicos** (tolerancias) y datos de **utilización** (firmas).

### **3.3. Lista y referencia de las piezas de un conjunto. Despiezo.**

Todos los dibujos de conjuntos, o subconjuntos, deben ir acompañados de una

lista completa de todas las piezas o elementos de los que está compuesto, aún de aquellas que no necesiten de un dibujo de definición. Cada pieza de la lista está ligada, mediante una referencia numérica, tanto a su dibujo de definición, como a su representación en el conjunto.

La lista debe contener para cada pieza al menos la información siguiente: referencia numérica o maraca, nombre de la pieza, número de piezas idénticas y material.

### **3.4. Escalas.**

Se conoce como escala de un dibujo original, la relación entre una medida lineal, en representación ortogonal y paralela al plano de proyección de un objeto, y el valor verdadero de dicha dimensión en el propio objeto.

$$\text{Escala} = \text{Dibujo} / \text{Realidad}$$

Las escalas se expresan en forma de fracción y pueden ser de ampliación (fracción mayor de la unidad), de reducción (fracción menor de la unidad) y de tamaño natural (fracción igual a la unidad).

En los dibujos se utilizan las designaciones ESCALA X:Y o ESCALA X/Y. La palabra escala puede sustituirse por la letra E, e incluso no aparecer si no existe posibilidad de confusión.

Cuando haya una única escala en la hoja del dibujo, ésta debe ser indicada en el compartimento previsto en el cuadro de rotulación, dentro de la zona de información suplementaria.

Siempre que haya dibujos o detalles a escala diferente de la principal, se inscribirá la escala principal en el rótulo, y las otras al lado del número o letra de referencia de la pieza, detalle o corte.

Existe a nivel internacional una gama de escalas normalizadas recomendadas para ser utilizadas en los dibujos técnicos aplicables en todos los dominios de la técnica.

- De ampliación: 2:1, 5:1, 10:1, 20:1, 50:1

- De reducción: 1:2, 1:5, 1:10; 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000.

Las dimensiones y grado de complejidad del objeto a diseñar, así como el propio objetivo de la representación, son los principales factores que influyen a la

hora de escoger la escala de trabajo y, como resultado, también en la elección del formato de papel.

En los centros de enseñanza, por motivos de aprovechamiento de papel, se puede tolerar el uso de otras escalas, aunque deberán ser sencillas como 1:3, 1:8 y sus inversas.

### **3.5. Doblado de planos.**

Todos los métodos de doblado de planos, definidos por las diferentes actuales normas nacionales e internacionales, tienen por objeto obtener como último estado del doblado un formato A4, conocido como módulo de doblado.

En todos los casos el cuadro de rotulación queda como primera hoja del documento, una vez doblado éste, y en su parte inferior, para que así pueda ser leído por un observador que tome el formato en su posición normal.

El sistema UNE vigente de doblado consiste en un doblado a lo largo seguido por un doblado a lo alto, como indica la figura.

## **4. DELINEACIÓN.**

Las líneas podrán ser trazadas a lapicero o a tinta, pero de una sola manera en el mismo dibujo.

Todas las líneas deberán mantener uniformidad de color y de espesor y precisión de trazo.

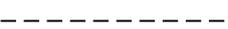
En relación con el **grosor** de trazo, la norma UNE 1-032 (ISO 128), ha eliminado el espesor intermedio. Las relaciones entre los espesores grueso y fino debe ser al menos de 2:1, por razones de claridad y de reprografía.

En todo caso los espesores escogidos deberán pertenecer a la serie de

Rénard R20/3 (0, 18...2), de razón  $\sqrt{2}$ ; es decir: 0.18 - 0.25 - 0.35 - 0.5 - 0.7 - 1 - 1.4 - 2 mm

#### 4.1. Tipos de líneas y sus aplicaciones.

La siguiente tabla contiene los únicos tipos de línea normalizados en la actualidad, con sus correspondientes anchuras de trazo, así como sus aplicaciones más comunes.

Líneas	Aplicaciones generales
A 	Contornos y aristas vistas
B 	Líneas de cota y auxiliares de cota Líneas de referencia Rayados Contornos de secciones abatidas sobre la superf. del dibujo Ejes cortos
C  D 	Límites de vistas y cortes parciales
E 	Contornos y aristas ocultos
F 	
G 	Ejes de revolución Trazas de planos de simetría Trayectorias
H 	Trazas de planos de corte
J 	Indicación de líneas o superf. objeto de especific. concretas
K 	Contornos de piezas contiguas Posiciones intermedias y extremas de piezas móviles Líneas de centros de gravedad Partes situadas delante de un plano de corte

En el caso de que dos o más líneas coincidan deberá seguirse el orden de prioridad siguiente:  $A > E/F > H > G > K > B$ .

#### **4.2. Escritura.**

La norma UNE 1-034 tiene previstos dos tipos de escritura, con grosores de trazo diferentes y conocidos internacionalmente como:

- escritura tipo A, con ancho de trazo  $1/14$  de la altura de las letras mayúsculas,
- escritura tipo B, con ancho de trazo de  $1/10$  de dicha altura y, por lo tanto, un poco más gruesa.

Los dos conjuntos de caracteres normalizados, están estudiados para que tengan el máximo de:

- **legibilidad**, con el fin de evitar confusiones entre ellos;
- **homogeneidad** y facilidad de ejecución, para lo cual deberá utilizarse únicamente un espesor de trazo para cada medida nominal.
- aptitud para cualquier procedimiento de **reproducción**, especialmente la microfilmación, pensando en lo cual se obliga a que el espaciado mínimo entre dos caracteres sea el doble de la anchura de trazo (además siempre  $> 0.7$  mm).

Cada uno de los dos tipos A y B de escritura dispone de dos modelos, que se diferencian en la inclinación de los caracteres y son conocidos como estilo derecho

y estilo cursivo, este último también llamada itálica.

La **altura** de las letras mayúsculas (h) es tomada como **dimensión nominal**, por lo que un determinado tipo de escritura queda definido en cuanto se indiquen tres datos: tipo, estilo de letra y altura de letras mayúsculas.

La gama de alturas nominales (h) es proporcionada por la serie de Rénard R 20/3, también usada para la anchuras de línea, formatos y demás variables de la delineación.

Se fija una altura mínima (c) para las letras minúsculas de 2.5 mm, lo cual equivale a decir que con una altura máxima de 2.5 mm sólo podríamos escribir con mayúsculas.

La selección de dimensiones depende básicamente del formato del papel utilizado. Aunque exclusivamente a título orientativo, entendemos razonable establecer como valores nominales mínimos de uso, los de 5 mm par formatos A0 y A1 y de 3.5 mm para los A2, A3 y A4.

## **5. PRINCIPIOS GENERALES DE REPRESENTACIÓN.**

Por el momento, en cuanto a tipos de representación y en lo que se refiere a normas armonizadas a nivel internacional relativas a los dibujos técnicos, existen únicamente las que tratan de representaciones que se apoyan en la proyección ortogonal (UNE 1-032, ISO 128). Aunque se trabaja en el seno de ISO en la preparación de normas sobre representación en perspectiva.

### **5.1. Vistas.**

Se conoce como **diedro fundamental** el formado por dos planos perpendiculares entre sí, usualmente denominados horizontal (A) y vertical (B). Si le añadimos un tercer plano, a su vez perpendicular a ambos, y llamado segundo vertical (C), tendremos el triedro fundamental.

A toda proyección ortogonal sobre un plano, de cualquier objeto o conjunto de ellos, situado entre el plano y el observador, se le denomina **vista**.

Cuando el plano de proyección es uno de los del triedro fundamental o paralelo a él, se habla de vista principal; mientras que si se obtiene sobre planos inclinados respecto de alguno de los principales, la **vista** se llama ahora **auxiliar**. Además, podemos obtener también vistas sobre planos secantes en relación con el objeto a representar, paralelos o no a algún plano del triedro fundamental; las vistas

se conocen en este caso como **secciones** o **cortes**.

Las vistas principales se reducen a seis, como máximo, obtenidas de la proyección del objeto sobre las seis caras de un cubo.

Los **métodos de proyección** son dos. Según situemos el objeto a representar en el primer o en el tercer diedro, los planos de proyección estarán situados detrás de la pieza o entre pieza y observador. Ambos casos se corresponden con los métodos o sistemas de proyección normalizados habituales.

En el método de proyección del primer diedro, conocido hoy más como **método E** (de Europeo, por su origen), se desarrolla el paralelepípedo de referencia sobre el plano de la vista frontal, plano que es considerado coincidente con el del dibujo. Resultando una disposición de las vistas relativa al alzado.

En el método de proyección del tercer diedro, conocido también como método A (de americano) se desarrolla asimismo el paralelepípedo de referencia haciendo coincidir el plano del alzado con el plano del dibujo, dando lugar a la disposición que se indica en la figura.

En adelante y mientras no se diga otra cosa, el método de proyección utilizado será el del primer diedro o método E.

En relación a la **elección de las vistas**, puesto que la vista frontal condiciona la posición de todas las demás, deberá ser seleccionada en primer lugar, como aquella vista que contenga más información y/o sugiera mejor la forma y, en lo posible, las dimensiones de la pieza a representar.

El resto de vistas deben ser elegidas de manera que la pieza sea definida, sin ambigüedad ninguna, pero con el mínimo número de ellas.

Con objeto de simplificar la representación, a veces puede ser interesante recurrir a **vistas particulares**,

en sustitución o como complemento de las vistas principales.

Un primer tipo de vistas particulares son las vistas **auxiliares**, que son vistas ortogonales sobre planos de proyección inclinados en relación con alguno de los planos principales,. Se emplean, preferentemente, para representar en verdadera magnitud partes de los sólidos que no son paralelas a sus caras principales.

Otro caso de vistas particulares es el de las vistas **locales**, susceptibles de sustituir a las vistas completas como hacen también las vistas **parciales**. En las vistas locales se suelen representar elementos simétricos, tanto relieves como agujeros. En las parciales se reduce la representación de las vistas principales a la porción que nos interese.

## **5.2. Cortes y secciones.**

Para la representación de cuerpos sencillos y macizos es suficiente con el sistema de vistas hasta ahora expuesto. No obstante, si alcanzamos cierto nivel de complejidad, como puede suceder cuando en el sólido se encuentran elementos huecos y complejos en su interior, las líneas ocultas pueden resultar necesarias en tal cantidad que hagan que el dibujo tenga una lectura en exceso difícil.

Cuando una vista de este tipo contiene únicamente la intersección del plano secante con la materia del sólido, se denomina **sección**; si también se representa la parte del cuerpo situada detrás del plano secante, entonces se la conoce como **corte**.

Es frecuente, si bien menos riguroso, el uso indiscriminado de los dos términos, sección y corte.

El corte aporta claridad a un dibujo por dos motivos, eliminación de líneas discontinuas y reducción del número necesario de vistas.

En general es necesario especificar tres elementos en un corte o sección: la traza del plano secante, el sentido de observación y la relación entre la vista cortada y aquella en la que se indica el corte.

La **traza** del plano secante se indica preferentemente sobre una vista principal, por medio de una línea fina discontinua de trazos largo y puntos, con sus trazos extremos gruesos. Si la dirección es variable, lleva también trazos gruesos en los puntos de cambio.

El **sentido de observación** se designa con dos flechas, con su punta apoyada en los trazos gruesos de los extremos de las trazas del plano secante.

La línea que indica el plano de corte puede ser recta o quebrada, se admite también la línea curva; horizontal, vertical o inclinada; atravesando el cuerpo de parte a parte o limitada a la porción que se corta.

La vista cortada y la línea del plano de corte deben ser identificadas con una misma **designación**. La designación habitual consiste en una letra mayúscula que se coloca a un

lado de cada flecha en los extremos de la traza del plano de corte y hacia el exterior de la vista. Las letras se colocan en sentido vertical.

En un corte, al ser uno de sus objetivos la eliminación de líneas discontinuas, la tendencia debe ser la de representar sólo las aristas y contornos vistos.

Nunca pueden ser considerados planos secantes aquellos que coincidan totalmente o en parte con alguna superficie real de la pieza.

En cada vista cortada existen dos tipos de superficies, las reales del cuerpo y las ficticias; estas últimas son las de intersección del material con el plano de corte. En el dibujo se distinguen unas de otras con el **rayado** de las secciones.

El rayado consiste en una serie de rectas paralelas y próximas, que en general llenan la sección de acuerdo con una serie de características. Las líneas son finas, continuas y rectas. Se trazarán formando  $45^\circ$  con los contornos principales de la sección o con sus ejes de simetría. La separación entre líneas no debe ser inferior a 0.7 mm ni superior a 5 mm, aunque ambos valores dependen de la dimensión de la sección y del formato.

Existen **observaciones particulares** a la general expuesta. Así, cuando haya

que colocar inscripciones dentro de la sección rayada, el rayado debe ser interrumpido en el lugar de la inscripción. Cuando las secciones son de muy pequeño espesor la sección debe ser enegrecida totalmente, siendo necesario dejar una separación de 0.7 mm para distinguir entre piezas o secciones adyacentes.

Cuando una misma pieza lleve varios rayados, todos ellos deberán ser idénticos en espesor de línea, en inclinación y en el espaciado entre líneas contiguas. En cada sección de un conjunto, al contrario, resulta

imprescindible distinguir secciones, adyacentes o no, de piezas diferentes. Las diferencias de rayado se pueden conseguir variando la inclinación, la separación o ambas cosas a la vez.

Suele ser empleada una variedad de corte, entre otras, llamada de **medio corte**. En ella solamente la mitad del objeto es seccionada, manteniéndose la otra mitad como vista exterior. Es un corte típico para ser aplicado sobre sólidos con planos de simetría.

### **5.3. Otros convencionalismos.**

**Piezas y elementos no seccionables.** Dado que el objetivo de los cortes es facilitar la visión del interior de los cuerpos, las formas y **elementos** macizos **no** deben ser cortados longitudinalmente y, por tanto, tampoco **rayados**. Entre los cuerpos macizos que no deben ser rayados, aún en el caso de ser alcanzados por un plano de corte, están los perfiles, barras, árboles y ejes, remaches, tornillos y pernos, pasadores y chavetas, dientes de engranajes, ganchos, etc. Tampoco se rayan las esferas ni los discos macizos.

**Vistas interrumpidas.** Cuando una pieza tenga partes relativamente largas y de sección uniforme, siguiendo el principio de economía de representación e incluso del papel, se puede recurrir a una representación incompleta de esas partes, fuera de escala y con ayuda de una rotura ficticia.

**Elementos repetitivos.** Los elementos de una pieza, o las piezas de un conjunto si es el caso, que se repitan idénticamente un elevado número de veces, especialmente a partir de un cierto grado de complejidad, no es costumbre ni necesario dibujarlos completos una vez bien definidos los primeros. Del resto se indica la posición mediante alguna de sus características geométricas importantes (centros, ejes o planos de simetría).

**Detalles a mayor escala.** En el caso de que una pieza tenga pequeños detalles, importantes como para que la necesaria claridad que debe tener todo dibujo aconseje ampliarlos, tales elementos deben ser rodeados con un círculo de línea continua fina e identificados con una letra mayúscula. El detalle, una vez ampliado, debe ser asimismo identificado colocándole encima la misma letra anterior, acompañada de su escala particular.

#### **5.4. Representación simplificada de roscas.**

La representación normalizada de roscas ha pasado por varias etapas de simplificación, desde una representación rigurosa a una puramente simbólica.

Los términos mas importantes en la representación de roscas son los siguientes:

**Rosca.** Superficie compuesta, generada por uno o más perfiles, cuyos puntos describen hélices cilíndricas, coaxiales y de paso idéntico.

**Rosca exterior.** Elaborada en la parte externa de una superficie de revolución.

**Rosca interior.** Elaborada en la parte interna de una superficie de revolución.

**Núcleo.** Volumen ideal de revolución sobre el cual, interna o externamente, se encuentra la rosca.

**Filete.** Volumen de sección constante generado sobre el núcleo.

**Perfil.** Traza del filete sobre un plano que pasa por el eje de revolución del núcleo.

**Hilo.** Cada vuelta completa del filete.

**Paso.** Distancia entre dos hilos consecutivos, medida paralelamente al eje de la rosca.

**Cresta.** Superficie exterior que limita dos flancos consecutivos.

En las roscas **vistas**, interiores o exteriores, el conjunto de crestas de todos los filetes del contorno se representa con una línea continua gruesa, mientras que el fondo de los filetes se representa con una línea continua fina, como se muestra en

la figura.

En las roscas **ocultas**, estas dos líneas, tanto la que une crestas como la que une raíces de los filetes, se trazan con línea discontinua, gruesa o fina, pero siempre las dos iguales.

El rayado de las secciones se prolonga hasta la línea de crestas de los filetes, por lo que la línea de fondos queda dentro del área rayada. No hay que olvidar que los tornillos, por ser macizos no se seccionan longitudinalmente y, por tanto, no se rayan en estos casos.

## **6. ACOTACIÓN.**

Se podría pensar que sería suficiente con añadir la escala a la representación del objeto para que quedaran definidas asimismo todas y cada una de las dimensiones lineales y angulares de la forma en cuestión. En teoría, ciertamente, para averiguar el valor real de cualquier dimensión no tendríamos más que medirla directamente y multiplicar por la escala. Sin embargo, los defectos o errores en la delineación, así como las deformaciones que pueda introducir la reprografía y las condiciones ambientales, hacen necesaria la acotación de los dibujos técnicos.

### **6.1. Tipos de acotación y de cotas.**

La definición del tamaño de un cuerpo puede ser hecha desde tres puntos de vista, lo cual da lugar a otros tantos tipos de acotación: funcional, constructiva y de verificación. En general, es preciso considerar las tres clases de acotación.

Se entiende que se hace acotación funcional cuando la atención se enfoca en aquellas dimensiones íntimamente ligadas al funcionamiento de la pieza dentro del conjunto en el que se tiene que montar. El principio de intercambiabilidad obliga a que a cada cifra de cota se le asignen unos valores máximo y mínimo.

La acotación constructiva busca la definición del objeto según las características geométricas de su condición final (figura izquierda). Está por tanto ligada a la fase de fabricación. Obsérvese una menor desviación entre los valores extremos en este caso (figura de la derecha).

Cuando las dimensiones sean las que se utilizan en la verificación de la validez de la pieza, estamos en una acotación de control.

**Cota** es un valor numérico expresado en las unidades apropiadas y representado gráficamente en los dibujos con la ayuda de cifras, líneas, símbolos e incluso observaciones escritas. Las cifras que indican el valor numérico, deben representar la medida real, sea cual sea la escala.

Se pueden considerar tres **tipos** fundamentales de cotas: las funcionales, las no funcionales y las auxiliares. Las cotas **funcionales** son aquellas esenciales para la función de la pieza, son las más importantes y son aquellas por las que debe comenzar el proceso de acotación. Las cotas **no funcionales** son cotas no esenciales para que la pieza cumpla su función, complementan a las cotas funcionales y posibilitan la fabricación y definición de la pieza. Las cotas **auxiliares** se colocan a título informativo, no juegan papel en la fabricación y verificación de la pieza.

## **6.2. Principios generales de la acotación.**

1. Cada elemento de una pieza debe ser definido mediante cotas una única vez sobre el dibujo.

2. Las cotas deben ser colocadas sobre las vistas o cortes en las que el elemento en cuestión se encuentre representado con más claridad. Por ejemplo, la cota del diámetro de un círculo debe ser colocada en la vista en donde se vea el círculo en su forma verdadera.

3. Nunca se deben inscribir más cotas que las imprescindibles.

4. Tan importante es no colocar cotas de más como colocar cotas de menos, puesto que el operario nunca debe medir sobre el dibujo.

5. Las cotas funcionales deberán ser inscritas directamente en el dibujo, es decir, sin que las unas dependan de las otras.

6. Se debe tender a colocar las cotas fuera del dibujo, excepto en aquellos casos en los que lo contrario, colocarlos dentro, suponga precisamente ganancia en claridad de interpretación.

### **6.3. Elementos y métodos de ejecución de la acotación.**

Los **elementos** de los que se sirve el dibujante para llevar a cabo la acotación son: líneas, extremidades de las líneas y caracteres alfanuméricos o simbólicos.

#### **Líneas.**

Las **líneas** pueden ser auxiliares de cota, de cota y de referencia.

Las líneas **auxiliares** delimitan la dimensión, lineal o angular, que se está acotando. A menudo son prolongación de líneas de contorno o de aristas vistas y deben prolongarse ligeramente más allá de las líneas de cota. Se trazarán perpendicularmente al objeto a acotar, a pesar de lo cual se permite que puedan ser dibujadas oblicuamente.

Debemos evitar al máximo que las líneas auxiliares corten a otras líneas del dibujo, pero en caso de intersección ninguna debe ser interrumpida, esto obliga a que las cotas de mayor valor se sitúen más lejos del contorno exterior del dibujo que las correspondientes a medidas más pequeñas.

Las líneas auxiliares no pueden prolongarse en ningún caso de forma que enlacen dos vistas entre sí.

Entre cada pareja de líneas auxiliares, se trazan líneas paralelas a la longitud a acotar, definiendo así cada medida del cuerpo. Son las líneas de **cota**.

Las líneas de cota son segmentos, cuando se acota distancias, o arcos, cuando se acotan ángulos.

El principio de claridad obliga a mantener una cierta separación mínima entre las líneas de cota y las líneas del dibujo inmediatas y entre las líneas de cota entre si, separación que orientativamente podemos situar alrededor de los 8 mm y de los 5 mm, respectivamente.

Las líneas de cota deben ser trazadas sin interrupción aunque el elemento que acotan esté representado en vista interrumpida.

La intersección de líneas de cota y auxiliares debe ser evitada. En caso de imposibilidad ninguna de ellas será interrumpida. Si nos resulta imposible evitar la intersección, es preferible que tenga lugar entre líneas auxiliares, o sino entre línea auxiliar y línea de cota, antes que entre dos líneas de cota.

Ni las líneas de contorno, ni las de ejes, ni sus prolongaciones, pueden ser utilizadas como líneas de cota.

No es conveniente acotar líneas ocultas, es preferible colocar la cota en otra vista o proceder a seccionar la pieza.

Las líneas de **referencia**, que razonablemente deben ser evitadas, son líneas quebradas, con una primera parte oblicua y una segunda horizontal, sobre la cual se coloca la inscripción correspondiente.

### **Extremos.**

Las líneas de cota deben tener en sus **extremos** un remate específico, que puede ser una flecha o un trazo oblicuo. La flecha tendrá un ángulo comprendido entre 15 y 90°, puede ser abierta o cerrada, y en este último caso, ennegrecida o no. La flecha cerrada ennegrecida debe tener un ángulo entre 15 y 30°

Las flechas deben ser colocadas en el interior de la línea de cota y con el vértice en la extremidad de la línea. Por problemas de espacio, la flecha puede ser colocada en la parte exterior de los límites de la línea de cota.

En la acotación de **radios** de arcos de circunferencia, no se debe trazar más que una sola flecha, por el lado de la línea de cota que toca al arco. En función del

espacio, la flecha podrá colocarse por dentro o por fuera del contorno.

Las líneas de cota de radios no deben trazarse nunca horizontales ni verticales.

Igualmente, en la acotación de medidas simétricas respecto de un eje, a menudo la línea de cota se dibuja incompleta, por lo que solamente se le coloca una única flecha.

### **Inscripciones.**

Las **cifras** de cota, deben ser inscritas con caracteres adecuados a una buena legibilidad y deben ser del mismo tamaño.

Las cifras de cota no pueden ser cortadas por ninguna línea del dibujo.

La inscripción debe hacerse por uno de los dos métodos que se describen a continuación, aunque nunca deberán mezclarse las dos alternativas en el mismo dibujo.

**Método 1:** las cifras deben disponerse paralelas a sus correspondientes líneas de cota y preferentemente centradas, por encima y ligeramente separadas de ellas.

**Método 2:** las cifras deben ser dispuestas para ser leídas desde la parte inferior de la hoja del dibujo.

Por escasez de espacio, las cifras de cota podrán ser inscritas también por encima de la prolongación de la línea de cota. Otra posibilidad es el uso de líneas de referencia, las cuales permiten sacar las cifras de cota de su lugar teórico.

### **Símbolos.**

La utilización de un serie de símbolos, que a continuación veremos, permite simplificar la representación del dibujo y facilitar su interpretación.

La indicación del símbolo debe preceder siempre a la cifra de cota.

El símbolo  $\varnothing$ , se usa para indicar que la cota en cuestión se refiere al diámetro de una circunferencia. En principio, los diámetros deben ser acotados allá donde se evidencie explícitamente la forma circular del elemento, en cuyo caso el símbolo es innecesario y debe ser omitido. Es práctica común acotar diámetros siempre que el arco abarque más de media circunferencia.

Cuando el arco de la circunferencia es menor de  $180^\circ$ , es habitual utilizar el radio en vez del diámetro. La letra mayúscula **R** hace en este caso el papel de símbolo. Siempre que se acote un radio, esté o no precisado el centro, la línea de cota tendrá una sola flecha.

El símbolo  $\frown$  colocado sobre la cifra de cota, indica que se trata de un arco de circunferencia.

El símbolo  $\square$  se usa para indicar que la cota define el lado de un cuadrado.

Cuando se trate de un elemento esférico, la letra mayúscula **S** debe preceder siempre al símbolo que corresponda, R o  $\varnothing$ .

### **Formas de disposición de las cotas.**

Un conjunto de **cotas en serie** es conocido también como cadena de cotas. La cadena de cotas, puesto que los errores siempre se suman, produce una incertidumbre en cuanto a que la acumulación de tolerancias afecte o no a la aptitud al uso de la pieza, por lo cual hay que ser cauteloso en su aplicación.

Cuando varias **cotas** de la misma dirección tienen un **elemento común**, las cotas se disponen de modo que cada una de ellas indique la distancia a ese elemento común. Este tipo de acotación se puede hacer de dos maneras: en paralelo o con cotas superpuestas.

Acotar en **paralelo** consiste en colocar un cierto número de líneas de cota paralelas unas a otras.

Las cotas **acumulativas superpuestas**

puede ser utilizado cuando exista escasez de espacio. En el elemento común de partida se coloca la indicación de origen. Cada una de las líneas de cota que están superpuestas lleva entonces una única flecha en el otro extremo. Al lado del pequeño círculo indicador de origen se coloca la cifra 0, mientras que las líneas de cota sucesivas llevan cada una su cifra de cota al lado de la correspondiente flecha.

Se dan casos, como por ejemplo si se trata de situar numerosos puntos sobre un elemento plano, en los que puede resultar útil acotar recurriendo a un **sistema de coordenadas**. En este caso, los elementos se identifican con un número y en tabla adjunta se van colocando las coordenadas que definen la situación y el valor del diámetro de cada uno de ellos.

**BIBLIOGRAFÍA.**

A. Gutiérrez, F. Izquierdo. "Dibujo Técnico". Ed. Anaya. 1984.

X. Leiceaga. "Normas Básicas de Dibujo Técnico". AENOR. 1994.

J. Senabre. "Dibujo Técnico". Ed. Edelvives.

## TEMA 32

# **MATERIALES TEXTILES: CLASIFICACIÓN, CONSTITUCIÓN Y PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS. LIGAMENTOS Y TEJIDOS BÁSICOS.**

### **ÍNDICE.**

1. Introducción.
2. Materiales textiles.
  - 2.1. Clasificación de las materias textiles.
  - 2.2. Constitución y propiedades de las fibras textiles.
3. Fibras naturales.
  - 3.1. Fibras vegetales.
  - 3.2. Fibras animales.
  - 3.3. Fibras minerales.
4. Fibras artificiales.
  - 4.1. Fibras artificiales de transformación.
  - 4.2. Fibras artificiales de síntesis.
5. Ligamentos y tejidos básicos.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las fibras textiles son largas cadenas de unidades textiles, naturales o artificiales, que la industria textil emplea en la fabricación de hilados, cuerdas, telas, etc.

La dimensión longitudinal de una fibra textil es muy superior a su grosor o diámetro, si bien, la longitud puede seguir pareciendo corta, ya que ésta rara vez supera los 5 cm, siendo su diámetro 100 veces menor.

El proceso general que siguen las materias textiles antes de convertirse en un producto textil son el hilado y el tejido. Con el **hilado** se pretenden conseguir hilos ordenados de diámetro uniforme. Estos hilos son retorcidos para aumentar la fricción de las fibras, con objeto de favorecer su resistencia a la tracción. Los hilos así obtenidos, pasan al proceso de **tejido**, que básicamente consiste en el entrecruzamiento en dirección perpendicular de dos tipos de hilos, la urdimbre y la trama. Los primeros siguen la dirección del largo.

## 2. MATERIALES TEXTILES.

Las fibras textiles están compuestas de largas cadenas (polímeros) de una determinada naturaleza y propiedades. Para abordar su estudio es conveniente realizar una clasificación de las mismas.

### 2.1. Clasificación de las materias textiles.

La mejor clasificación para abordar las propiedades de las fibras textiles es la que atiende al origen de las mismas. De este modo las fibras textiles pueden ser:

- **Naturales**, obtenidas directamente de la naturaleza y sólo requieren manipulación física, y

- **Artificiales**, obtenidas mediante reacciones químicas de productos naturales o a través de la síntesis de polímeros.

Dentro de las fibras naturales se distinguen las vegetales, las animales y las minerales.

Las fibras **vegetales** se clasifican en función de su procedencia respecto de

la planta en fibras del **fruto** o de la **semilla**, como el algodón, el coco y el kapoc; fibras del **tallo**, entre las que destacan el lino, el cáñamo, el yute y la urena; y, fibras procedentes de la **hoja** de las plantas, como el sisal, el esparto, la pita y la abacá o cáñamo de Manila.

Las fibras **animales** se pueden clasificar en lanas, pelos y seda. La **lana** procede de las diferentes razas de oveja, mientras que los **pelos** pueden proceder de diversas especies animales como cabras, conejo, vicuña, camello, etc. La **seda**, es la única fibra natural continua y es producida por los gusanos de seda.

La única fibra **artificial** con capacidad para el hilado es el **amianto**, también conocido como corcho mineral.

Las **fibras artificiales** pueden subdividirse en las obtenidas por **transformación** de materiales naturales, como la viscosa, el acetato o el caucho; y las producidas mediante síntesis de monómeros, como el poliéster y el acrílico.

## 2.2. Constitución y propiedades de las fibras textiles.

Las principales características de las fibras son la numeración del hilo, su resistencia a la tracción y el sentido de la torsión de las fibras, si bien, como veremos son muchas otras las que tienen importancia.

La **numeración del hilo**, valoran el grosor de los hilos. Como la sección de éstos, sobre todo, los naturales, es irregular, se usan otros métodos para su determinación. El método más extendido es el denominado **tex** que toma el valor del peso en gramos de 1.000 m de hilo.

La **resistencia a la tracción** se mide en gramos por milímetro cuadrado o en longitud de rotura, es decir, la mínima longitud de hilo que en posición vertical se rompe exclusivamente por la acción del peso propio.

El **sentido de torsión** de los hilos se indica con los símbolos S y Z.

Entre las **otras propiedades** de las fibras de gran importancia comercial se encuentran las siguientes:

- **Resistencia a la abrasión.** Mide la capacidad al rozamiento en el uso de la prenda, está relacionada con la durabilidad de la prenda.

- **Capacidad higroscópica.** Consistente en la capacidad de absorción de agua por parte de una prenda seca en condiciones normales de humedad.

- **Elasticidad.** Que mide la capacidad de recuperación de la forma inicial tras someter el tejido a una deformación.

- **Lustre.** O propiedad de reflexión de la luz que incide en una prenda.

- **Conductividad térmica y eléctrica.** Miden la facilidad de eliminar el calor o la carga eléctrica. Ambas propiedades se relacionan con la comodidad y el confort de la prenda.

- **Resiliencia.** Es la propiedad de algunas fibras de recobrar su forma original, mediante colgadura, tras haber sido arrugadas .

### **3. FIBRAS NATURALES.**

#### **3.1. Fibras vegetales.**

El principal componente de las fibras vegetales es la **celulosa** en cadenas de varios miles de moléculas. Esta materia es la que confiere flexibilidad y resistencia a la planta. Sin embargo, sólo puede considerarse como materia textil aquella que puede separarse de la planta con facilidad.

Las **propiedades** comunes a las fibras celulósicas son las siguientes:

- Son buenas conductoras del calor y de la electricidad, lo que las convierte en telas agradables.

- Poseen buena absorción de la humedad, siendo adecuadas para el verano.

- Se arrugan fácilmente.

- Son fácilmente atacadas por los hongos, aunque resisten las polillas.

- Arden con facilidad.

- No poseen una resistencia a la luz elevada, por ello no deben emplearse en exteriores o interiores soleados.

La fibra vegetal procedente de semilla más importante es el **algodón**. A ésta hay que añadir la de ser la más usada en el mundo.

El algodón proviene de la planta del mismo nombre cultivada en zonas cálidas.

Las fibras de algodón son alargamientos de las paredes externas de células

epidérmicas de la semilla. Su longitud es variable, aunque ronda los 3 cm. Es de color blanco y tiene estructura tubular.

Junto con el algodón aparecen impurezas en su recogida mecanizada, así como ceras y grasas que hacen que la fibra pierda valor. El descrudado y blanqueo disminuyen los efectos de estas impurezas. En la recogida, el contenido de celulosa es del 90%, una vez tratado se obtienen purezas del 99%.

Entre las propiedades más importantes del tejido de algodón están su tendencia a encoger, arder fácilmente, pérdida del tintado en el lavado, baja resiliencia y también baja resistencia a la acción de los rayos solares.

Frente a éstas, el algodón presenta un buen número de características positivas. Los tejidos son agradables por su higroscopicidad, así como por su buena capacidad de conducción de calor y de electricidad. No provocan alergias ni irritaciones en la piel.

Para mejorar las propiedades del algodón se somete a procedimientos de mercerización y otros tratamientos acetilénicos, mejorando su resiliencia y su resistencia al calor.

Las otras dos materias textiles procedentes de los frutos provienen del coco y del kapoc. La fibra de **coco** proviene de la corteza del fruto homónimo, tiene un tacto basto y rugoso, color marrón y se emplea en la fabricación de esteras.

La fibra de kapoc proviene de una planta oriental que da unos frutos que alojan en su interior una fibra con buenas propiedades elásticas e impermeables. Se emplean en el acolchado. Su escasa longitud impide el hilado.

Las **fibras procedentes del tallo** de las plantas son también conocidas como fibras del liber, es decir, provienen de los tejidos conductores de las plantas. Comercialmente, las más importantes son el lino, el yute, el cáñamo y el ramio.

El procedimiento de separación de las fibras de los tejidos del tallo a los que se encuentran unidos se realiza mediante el enriado, que consiste en una fermentación bacteriana que ataca a los tejidos que unen las fibras al tallo.

El **lino** se obtiene de la planta del mismo nombre y es una de las materias

textiles más antiguas.

Son fibras cortas de color blanco con un contenido celulósico del 70%. Son más resistentes a la tracción que el algodón, pero su elevada higroscopicidad y su baja elasticidad las hace menos adecuadas. Su buena conductividad térmica contribuye a dar sensación de frescura al tacto en los tejidos elaborados con lino.

Frente a la acción de otros productos químicos, es más resistente al cloro y a la lejía que el algodón, aunque resiste mal la acción de los ácidos .

El lino se emplea en la confección de numerosas prendas de vestir y también en ropa de cama y de hogar como tejidos de lujo.

El **yute** también proviene de la planta del mismo nombre. La variedad más empleada produce fibras de color blanco. El mayor inconveniente es la facilidad de ataque por microorganismos. Su resistencia en condiciones de calor y humedad hace que sea empleada en la fabricación de sacos, cuerdas, etc.

El **cañamo** produce una fibras de aspecto muy similar al lino, aunque más resistentes y más bastas. Se emplea en la confección de cuerdas, sogas, sacos, lonas, etc.

Entre las **fibras procedentes de la hoja** de las plantas destaca el esparto, producto típico del sur peninsular, el sisal y el abacá.

El **esparto** se obtiene de una planta gramínea de clima seco y cálido, que crece principalmente en el Sur de España y en el Norte de África. España produce la mitad del esparto mundial y se sitúa a la cabeza de los países productores. Para separar las fibras, fuertemente unidas a la hoja, se reblandecen en agua durante algunos días.

Las fibras de esparto son muy cortas, escasos milímetros. Su destino son la fabricación de cuerdas y la industria del calzado, principalmente la fabricación de suelas para zapatos. También se usa como materia prima en la fabricación del papel.

El **sisal** proviene de una planta de origen centroamericano, aunque hoy se

cultiva en otros puntos del planeta. Su fibra es corta, como la del esparto, aunque de mayor grosor. Su alto contenido en lignina le confiere una especial resistencia, siendo por ello su destino, la confección de tejidos bastos como esteras, cuerdas, alfombras, etc.

La principal característica de **abacá o cáñamo de Manila** es su resistencia y durabilidad incluso en ambientes marinos. Su principal destino es la fabricación de cuerdas para marina (maromas).

### **3.2. Fibras animales.**

La primera prenda de abrigo que el hombre usó en la prehistoria fue la piel de los animales muertos.

Todas las fibras animales están compuestas de proteínas, de ahí que también se les conozca con el nombre de fibras proteicas. Estas proteínas están compuestas de cadenas de polipéptidos, que a su vez se forman por la unión de aminoácidos. El carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno forma parte de todos los aminoácidos, presentando en algunas ocasiones otros elementos como el azufre.

Las **propiedades** comunes a las fibras proteicas son las siguientes:

- Las telas de origen animal tienden a recuperar su forma tras el arrugado, esta propiedad se conoce con el nombre de resiliencia, como se ha apuntado.
- Tienen buenas cualidades higroscópicas, siendo confortables en climas fríos y húmedos. Sin embargo, la humedad las debilita.
- No se queman con una llama y son autoextinguibles.
- Pueden ser deterioradas con detergentes básicos, con blanqueantes clorados. El sudor también deteriora las prendas.

Como vimos las fibras naturales se subdividen en lanas, pelos, piel de animales y sedas.

La **lana** ha sido y sigue siendo la "reina de las fibras textiles". Sin embargo, su producción ha ido disminuyendo, cediendo su mercado a las fibras artificiales.

La lana proviene del esquilado de las ovejas, que tiene lugar en primavera. El conjunto de lana que se obtiene del esquilado de cada individuo se llama vellón. Sin embargo, la calidad de las lanas depende mucho de la raza del ganado. Tradicionalmente, se ha venido considerando la raza merina, de origen español, como la de mayor calidad lanar.

Además de la especie, la localización de la lana en el animal también determina la calidad de la lana. Las de mayor calidad son los lomos y los flancos, siendo las del vientre y cuello las de menor valor comercial.

La cadena polipeptídica de la lana se forma a base de la proteína **queratina**, constituida por aminoácidos que se unen entre sí por otro aminoácido, la cistina. Esta unión es la que determina la mayor parte de las propiedades químicas de la lana (ataque de los álcalis, rayos solares, etc) se fundamentan en la naturaleza de este enlace.

En cuanto a la constitución física de las fibras de lana, éstas tiene forma de huso contando con una corteza y, a veces, con una médula. En la corteza se disponen las escamas, responsables de las propiedades mecánicas de las lanas.

Entre las **características** más importantes de las lanas nos encontramos:

- Su elasticidad y resiliencia. Si tomamos un puñado de fibras de lana y lo apretamos observamos que, al soltarlo, vuelve a recuperar su volumen primitivo. Esta propiedad permite a los tejidos de lana recuperarse de las arrugas, resiliencia. Además, su elasticidad contribuye a su durabilidad.

- Es bastante resistente a la acción de los ácidos, principalmente minerales.

- El calor debilita los enlaces de cistina, disminuyendo la resistencia y durabilidad de la prenda. Este hecho también tiene que ser considerado en el secado, planchado y lavado de las prendas de lana.

- Los detergentes con pH básico alteran los enlaces de cistina, destruyendo las fibras.

- Son atacadas fácilmente por insectos, especialmente polillas.

La lana se emplea en la industria textil para múltiples fines, prendas de abrigo, paños, etc.

El nombre de lana se aplica al **pelo** que recubre el cuerpo de las ovejas,

dejando el nombre de pelos para los demás animales, aunque también se conoce éstos con el nombre de **lanas especiales**. La estructura física de los pelos diferentes pelos difiere en mayor medida que su constitución química.

Entre los pelos más empleados están los pelos de cabra y conejo, de camello, de llama y de alpaca, de vicuña, etc. Se usan para la confección de vestidos y telas de lujo.

Las más empleadas son el **mohair**, que proviene del pelo de la cabra de angora. La lana especial del conejo de **angora** produce telas de un tacto suave y resbaladizo, además de ser buen aislante térmico. La **cachemira** procede de otra cabra asiática dando también productos de muy alta calidad. El **pelo de camello** da buenas cualidades aislantes. El pelo de **vicuña** produce las telas más suaves, finas y costosas de la industria textil.

Todas las **sedas** naturales provienen de la secreción de ciertos insectos del género Bombyx, de entre los que destaca el Bombyx Mori o gusano de seda. La seda natural es el único filamento continuo producido por la naturaleza. La longitud de una fibra de seda segregada por un gusano puede llegar a tener 5.000 metros de longitud.

La seda sin tratar puede presentar varias tonalidades diferentes del blanco, sin embargo, una vez tratada adquiere un blanco lustroso. Se emplea en la fabricación de hilos para tejidos finísimos y de alto precio.

La seda es producida en forma de dos filamentos proteicos unidos por otra proteína, la sericina, conocida también como goma de seda. Esta proteína le contribuye a las buenas características mecánicas que la seda posee. Para su separación del capullo éste es introducido en agua con objeto de debilitar la unión de la sericina. Un extremo del hilo es enrollado en unos carretes que giran a la velocidad adecuada para que la extracción continua del hilo, que pasa a la fase de producción.

Entre las **propiedades** específicas de la seda tenemos las siguientes:

- La fibra de seda es la de mayor resistencia de todas las naturales. Supera a la de un filamento de acero de su mismo diámetro. Por esta razón fue empleada, hasta su sustitución por el nylon, en la preparación de sedales para la pesca.
- El sonido característico de la seda natural es un crujido o "cracont", que emite

cuando se la manipula. Este sonido es irreproducible en ninguna otra fibra.

- Conduce mal el calor y la electricidad.
- Es resistente a los ácidos minerales y orgánicos.

Muchas de las fibras artificiales nacieron con idea de imitar la calidad y el lujo de la seda. La obtención de algunas de estas fibras con calidades superiores a las fibras de seda han relegado a éstas a la producción de artículos de lujo.

La **piel** de los animales no puede ser considerada como fibra textil, sino más bien como materia textil, puesto que no es sometida al hilado y tejido.

Las pieles de animales más usadas por el hombre son la cabra, la vaca, la oveja, el camello, los reptiles y las aves.

El proceso de curtición de una piel es el siguiente. Una vez quitada la piel al animal hay que salarlas y secarlas. Seguidamente se somete a los procesos de macerado (con idea de ablandar la piel), generalmente en agua, apelmbrado y depilado (con objeto de eliminar el pelo de la piel). El último tratamiento es el curtido propiamente. Con este proceso se sustituye el colágeno natural de la piel por tanino u otras sustancias. De este modo tenemos un producto ligero, elástico e imputrescible.

### **3.3. Fibras minerales.**

Se obtienen de minerales de estructura fibrosa. La principal fibra mineral es el amianto, aunque existe otra variedad conocida como asbesto. El **amianto** es un silicato de magnesio y de hierro hidratado.

Su principal aplicación textil se basa en su propiedad de ser incombustible y resistir en gran medida la acción de los ácidos. Así, su destino es la fabricación de tejidos y trajes resistentes al fuego.

Tanto en su aplicación textil como industrial encuentra un elemento limitador de su uso, y es su toxicidad y su relación con enfermedades cancerígenas.

## 4. FIBRAS ARTIFICIALES.

Dos de los principales inconvenientes de las fibras naturales son la estacionalidad de la producción, esquilado primaveral de la oveja, y la baja uniformidad de la producción.

Durante mucho tiempo, el hombre ha intentado producir artificialmente fibras cuyas características permitiesen su uso como materia textil.

Las fibras artificiales se obtienen por extrusión y posterior solidificación de una materia viscosa. La extrusión se realiza a través de un orificio cilíndrico, con idea de obtener hilos. La posterior solidificación debe producir hilos con propiedades adecuadas para su uso textil.

La naturaleza de la materia viscosa puede ser natural, tales como proteínas o celulosa, o puede estar compuesta de material inorgánico. Las primeras suelen ser conocidas como fibras **artificiales** propiamente o de **transformación**, mientras que las segundas son más conocidas como fibras **sintéticas**.

Las principales ventajas de las fibras artificiales son la uniformidad de la producción y de las características de la fibra. Las propiedades pueden ser controladas en función de la materia prima usada y del proceso de extrusión y solidificación.

### 4.1. Fibras artificiales de transformación.

Dentro de las **fibras artificiales de transformación**, la materia que forma el material viscoso puede ser la celulosa o la proteína.

De los **materiales celulósicos** se obtiene el rayón de viscosa, el rayón cuproamoniaco y el rayón acetato. Como podemos apreciar todas las fibras celulósicas reciben el nombre de rayones, nombre que sustituyó al de seda artificial usado anteriormente.

El rayón **viscosa** se obtiene transformando la celulosa de la madera. Para hacerla fluida es tratada con hidróxido sódico. Posteriormente se hace pasar por una hilera para su extrusión. Su solidificación se consigue mediante inmersión en ácido.

Para ser hiladas se cortan a igual longitud que las fibras naturales.

Las **propiedades** más importantes son la resistencia a las bases y la facilidad de teñido. Se emplea para la fabricación de camisas, vestidos ligeros, etc.

El rayón **cuproamoniaco** se fabrica a partir de la celulosa procedente del algodón llamada linters, o desechos. Recibe su nombre del tratamiento cuproamoniaco de disolución al que se somete antes del hilado.

Los tejidos que se obtienen son agradables al tacto y de una finura superior a la de la seda natural. Se emplea en la fabricación de tejidos finos como medias, forros de otras prendas y tejidos de lencería.

El **rayón acetato** se obtiene a partir de linters de algodón, convertidos en acetato de celulosa por tratamiento con anhídrido y ácido acético. Los hilos que se obtienen tienen una baja higroscopicidad, lo que los hace muy adecuados en la producción de prendas impermeables; también se mezcla con fibras naturales en la confección de géneros de punto.

El **rayón de alto módulo** es el resultado de modernas investigaciones para conseguir unos rayones con propiedades de resistencia y elasticidad mucho mejores. La masa hilable se trata con productos derivados del óxido de etileno, poliglicoles y aminas.

En 1961 fue patentado el primero de estos rayones con el nombre de polinólicas.

Las **fibras artificiales proteínicas** se obtienen mediante solidificación de una disolución proteica tratada con ácido y formol.

Dentro de las fibras proteínicas, el origen de la proteína puede ser animal o vegetal. La proteína **animal** más usada es la caseína de la **leche**, de la que se obtiene el **lanital o fibrolana** que mezcladas con la lana natural se emplea en la confección de géneros de punto.

De las proteínas del **maíz** se obtiene la seda conocida como **vícara**, del **cacahuete** la seda **ardil**

Las fibras de **algínias** se fabrican a partir de las proteínas de las **algas** marinas. Se obtienen tejidos finos y sueltos.

#### 4.2. Fibras artificiales de síntesis.

La aparición de las fibras sintéticas revolucionó la industria textil. Estas fibras se obtienen a partir de sustancias artificiales en forma de monómeros que se unen

en un proceso de polimerización.

Las **propiedades** más importantes de estas materias textiles son:

- Tienen una durabilidad elevada. Resisten los ácidos, los ataques de polillas y hongos, etc.

- Se fabrican prendas de fácil cuidado para el lavado, planchado, almacenamiento, etc.

- Los principales inconvenientes son su baja higroscopicidad, que no las hace confortables y la producción de alergias en pieles sensibles.

Existen dos grandes tipos de fibras, que se diferencian por la forma de obtención: policondensación o polimerización.

La **policondensación** consiste en la unión de dos moléculas diferentes con la eliminación de una molécula de agua. En la **polimerización** se produce la ruptura de un doble enlace de una molécula al que se une una nueva, formando el polímero.

Dentro de las primeras se encuentran las poliamidas y los poliésteres, siendo las fibras de polimerización más importantes las acrílicas, polivinílicas, polietilénicas y poliuretano.

Las **poliamidas** fueron las primeras en ser fabricadas, concretamente el primer producto obtenido por condensación se realizó en 1938 y recibió el nombre de **nylon**, nombre con el que posteriormente se identificó a todas las poliamidas.

Estas fibras se obtienen a partir de amidas (-CO-NH-) que tras un proceso de condensación forman polímeros. El hilado tiene lugar por fusión y posterior extrusión.

Las **propiedades** particulares de estas fibras son su gran flexibilidad, su resistencia a la putrefacción y su sensibilidad al calor, que puede destruirla por tratarse de un material termoplástico. El tintado sólo es posible con soluciones ácidas.

El **poliester** se obtiene a partir de un ácido y un alcohol y son hilados por fusión, como las poliamidas.

Tienen una alta durabilidad, aunque es más apreciado por su excelente resiliencia. El más conocido es el tergal. Se emplea junto con otros tejidos, principalmente lana.

El acrilonitrilo es el compuesto con el que se obtienen las fibras **acrílicas** mediante el proceso de polimerización.

Su valor textil estriba en su resistencia a la luz y a los agentes atmosféricos, así como su sensación agradable en ambientes fríos. Estas propiedades le han permitido competir con la lana en la fabricación de prendas de abrigo y mantas. El principal inconveniente es la formación de frisan (bolas) cuando se rozan.

Las fibras **polivinílicas** se obtienen por polimerización de compuestos con grupo vinilo. Su resistencia al agua y a la luz, así como su incombustibilidad determinan su uso.

El etileno es el grupo que contienen las moléculas usadas en la obtención de fibras **polietilénicas**. Su resistencia a la abrasión los hacen adecuados en los tapizados de muebles y en la fabricación de alfombras.

El **poliuretano** se obtiene por polimerización del uretano. Su excelente elasticidad lo hace idóneo en la confección de corsetería y prendas de deporte, así como prendas acuáticas. El más conocido es la lycra.

## **5. LIGAMENTOS Y TEJIDOS BÁSICOS.**

El tejido está constituido por el entrecruzamiento de dos tipos de hilo. Los hilos de **urdimbre** se disponen longitudinalmente formando la estructura base de la tela. Mientras que los hilos de **trama** se disponen perpendicularmente a los hilos de urdimbre. El tejedor o la máquina automática de tejer hace ir y venir los hilos de trama, de una orilla a otra del tejido, haciéndolos pasar por encima y por debajo de los hilos de urdimbre, con ayuda de una lanzadera. La manera como se cruzan y se entrecruzan la urdimbre y la trama constituye lo que se llama el **ligamento del tejido**.

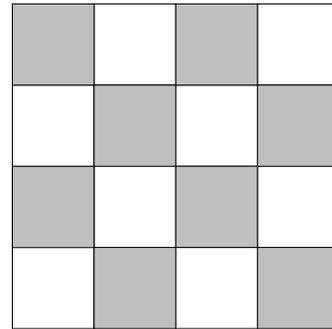
Los ligamentos básicos son tres, el tafetán, la sarga y el raso. A partir de ellos se pueden obtener una gran variedad de ligamentos derivados de éstos.

Para representar un tipo de ligamento se hace uso de un patrón compuesto de cuadrados. Los espacios situados entre las líneas longitudinales representan la urdimbre, mientras que los que separan las transversales horizontales representan la trama. Cada cuadrado representa el punto de cruce de los dos tipos de hilos.

Cuando el hilo de urdimbre está sobre el de trama (levantado), el cuadrado se

representa lleno, en caso contrario se dibuja vacío (bajado). Se denomina **curso** a la mínima cantidad de puntos necesarios para definir el ligamento. Esta estructura se repetirá luego a lo largo y ancho de la tela.

El **tafetán** se identifica con la letra T y es el ligamento más simple y antiguo, y aún el más usado. En él, los hilos de urdimbre pasan alternativamente por encima (levantado) y por debajo (bajado) de cada uno de los hilos de trama. Esta proporción de levantados y bajados se identifican con una fracción, que en este caso adopta la forma 1/1'. El gráfico adjunto representa este tipo de trama, que como puede apreciarse tiene aspecto de un tablero de ajedrez.

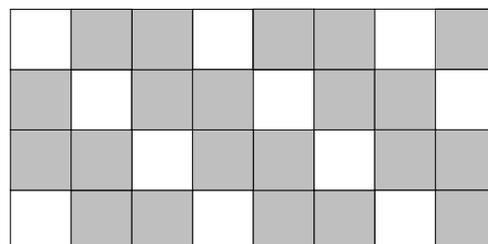


Cuando los hilos de trama y urdimbre son del mismo tamaño, el tejido presenta el mismo aspecto por las dos caras, salvo que una de ellas presente algún tratamiento o estampado.

En el ligamento de **sarga** cada hilo de urdimbre produce un levantado o bajado sobre dos o más hilos de trama, con una cadencia de entrecruzamiento de uno a la derecha o a la izquierda. La línea horizontal formada recibe el nombre de espiga.

Se identifica con la letra S seguida de la fracción comentada. Además, en función de la dirección de la espiga. Si esta va de la parte inferior izquierda hacia la superior derecha se denomina de remetido a, si es al revés, de remetido z. Las sargas tienen siempre derecho y revés.

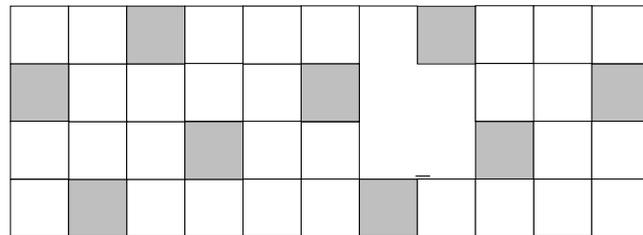
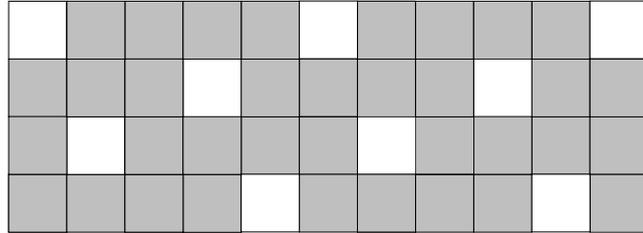
En el siguiente gráfico se representa una ligamento S 2/1 z.



Por ultimo, el ligamento de **raso**, también conocido como satén se realiza con levantados o bajados cada cuatro hilos como mínimo. La cadencia puede ser de dos

a la izquierda o dos a la derecha.

En la primera figura se representa un raso 4/1, es decir, un levantado de urdimbre sobre cuatro hilos con una progresión de entrecruzamiento de dos hilos a la derecha. En la figura inferior se representa un raso 1/4, denominado ligero, en oposición al 4/1 que se denomina pesado, también con progresión de cruzamiento hacia la derecha.



### **BIBLIOGRAFÍA**

Herzog. "Enciclopedia Industrial Textil". Ed. Gustavo Gili.

Val S. y otros. " Tecnología Industrial I". Ed. Mc Graw-Hill.

## TEMA 35

# **TÉCNICAS BÁSICAS DE ALBAÑILERÍA. HERRAMIENTAS Y ÚTILES** **CARACTERÍSTICOS DEL TRABAJO CON MATERIALES DE** **CONSTRUCCIÓN.**

### **ÍNDICE.**

1. Introducción.
2. La estructura.
  - 2.1. La cimentación.
  - 2.2. Estructura aérea.
3. Cerramientos.
  - 3.1. Tabiquería.
  - 3.2. Revestimientos.
4. Formación de pisos.
  - 4.1. Forjados.
  - 4.2. Solados.
5. Cubiertas.
6. Herramientas y útiles de la construcción.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El diseño de una construcción se comienza por la parte superior, mientras que la construcción como es evidente tiene lugar desde la parte inferior.

Los elementos constructivos que podemos distinguir en una vivienda son la estructura y los cerramientos.

La misión de la **estructura** es soportar las cargas consideradas en el diseño de la construcción, sin moverse ni romperse. Dentro de ella podemos distinguir la estructura aérea, compuesta de vigas y pilares; y la estructura subterránea, conocida como cimentación.

Los cerramientos aíslan la construcción de exterior y subdividen el espacio diáfano que conforma la estructura. Se puede diferenciar dentro de ella la cubierta, los muros y los forjados.

Cada elemento referido se construye con un tipo de material, una técnica específica y unas herramientas adecuadas.

## 2. LA ESTRUCTURA.

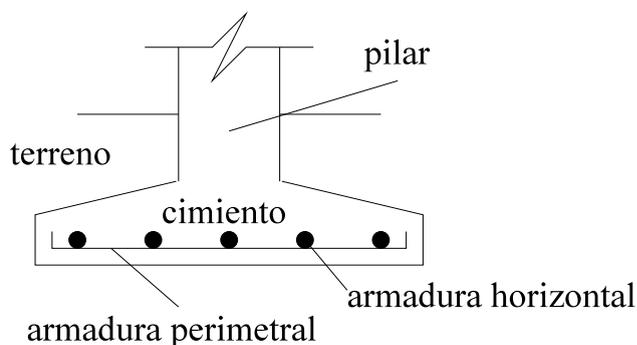
### 2.1. La cimentación.

La cimentación es todo elemento que sirve para transmitir las cargas al suelo o roca subyacente.

Las cimentaciones pueden ser superficiales o profundas. Siendo las primeras las más comunes, y dentro de ellas las **zapatas**.

Podemos definir la zapata como un elemento volumétrico, construido generalmente de hormigón, en cuyo interior se disponen barras de acero corrugado para soportar los esfuerzos de tracción que el hormigón no puede absorber.

La forma suele ser



truncopiramidal, de manera que la carga que le transmite el pilar que se apoya en la zapata, vaya repartiéndose cada vez en mayor superficie con el objetivo de transmitir la carga a una superficie de terreno capaz de soportar los esfuerzos sin deformarse ni moverse. Esta forma puede verse en la figura.

Para su construcción, se realiza una excavación en el terreno de dimensiones algo superiores a las indicadas en el proyecto. Si el terreno es blando puede hacerse a mano, aunque es más común el empleo de una máquina excavadora.

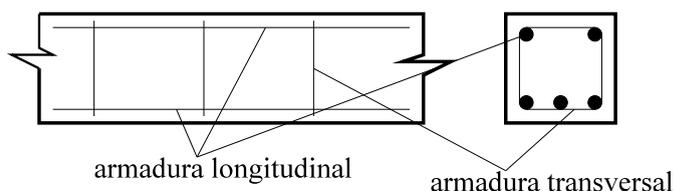
Seguidamente se perfilan las paredes de la excavación y se coloca la malla de de acero corrugado, así como las armaduras perimetrales. Es el momento de verter el hormigón y esperar a su **fraguado**.

Generalmente es necesario el **vibrado** del hormigón que consiste en introducir un elemento en el seno de la mezcla en estado pastoso con el fin de permitir que las burbujas de aire que se forman durante el fraguado puedan salir al exterior, impidiendo así el alveolado posterior.

## 2.2. Estructura aérea.

La estructura aérea puede constituirse con barras de hormigón armado o con perfiles de acero.

Las barras de hormigón armado suelen ser de sección rectangular y en su interior se disponen barras de acero corrugado con el mismo fin que en la cimentación. Éstas se disponen tanto a lo largo de la barra como perimetralmente, tal y como muestra la figura.



Para la construcción de una barra de este tipo, por ejemplo un pilar, es necesario encofrar. Es decir, formar un molde hueco con las dimensiones que queremos darle al pilar, en cuyo interior se disponen las armaduras unidas por soldadura eléctrica.

Los perfiles de acero laminado están normalizados, de manera que el proyectista, en función de las acciones sobre la estructura, elige un perfil que cumpla con los requisitos que la norma exige. La unión entre perfiles metálicos puede realizarse mediante soldadura o con tornillos.

### **3. CERRAMIENTOS.**

#### **3.1. Tabiquería.**

Los tabiques pueden clasificarse según su función en:

##### Paredes de fachada.

Son las correspondientes al cerramiento de los edificios con el exterior, ya sea con frente a la calle o al patio interior de manzana. Se contruyen con 30cm de espesor, macizos o con cámara de aire. La solución más normal es a base de pared exterior de 15cm, cámara de aire de 10cm (con o sin aislamiento térmico) y tabique interior de 5 cm.

##### Pared de carga.

Denominada también maestra, es la que cumple una función estructural en el contexto de la obra; tradicionalmente se han empleado las paredes de ladrillo como elemento resistente, de 15 ó 30 cm. de grosor. Se confeccionará con ladrillo macizo, o doble hueco.

Es conveniente formar un zuncho de hormigón armado en su entrega con las viguetas para un mejor reparto de las cargas; orientativamente, se considera como coeficiente de trabajo del ladrillo macizo o perforado  $16 \text{ Kg/cm}^2$ , y, para el doble hueco,  $8 \text{ Kg/cm}^2$ . Se tomarán con mortero de cemento Portland P250 ó 350, y no se utilizará el P450 ya que , debido a su fuerte retracción, fisura los muros .

##### Pared medianera.

Es la que divide dos inmuebles colindantes, normalmente de 30cm, correspondiendo 15cm. a cada una de las propiedades afectadas.

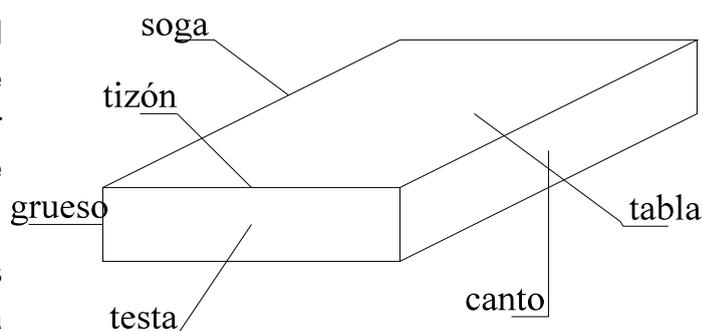
El tabique es el elemento clásico de compartición en la distribución interior de cualquier tipo de edificación; normalmente se elaboran con ladrillo hueco de 5 cm. de espesor ; en casos concretos, se emplearán materiales prefabricados ligeros (plástico, aluminio y madera), y su campo de aplicación se extiende a naves industriales, despachos, oficinas, locales de negocio, etc. El empleo de baldosas de

vidrio se hace necesario cuando se quiere obtener una buena luminosidad de un espacio. El doble tabique se construye con dos hojas independientes de caras paralelas; en el espacio interior se puede colocar un aislamiento, hormigón o simplemente dejar la cámara de aire.

Las **paredes** se ejecutan mediante la superposición de capas horizontales de ladrillo, denominadas **hiladas**, unidas entre sí mediante mortero, que determinan las **juntas**; reciben el nombre de **llagas** las verticales, y **tandeles**, las horizontales, ambas con un grosor de 1 cm. La disposición en que se colocan los ladrillos para formar una pared recibe el nombre de **aparejo**.

Para definir el espesor de las paredes se emplea como unidad la **soga**, que corresponde a la longitud mayor del ladrillo. Esta longitud recibe el nombre de **asta**, pudiéndose fabricar paredes de media asta, de asta, de asta y media o de doble asta.

Para evitar confusiones es conveniente conocer el nombre dado a cada una de las dimensiones del ladrillo y que aparecen en la figura adjunta.



Los principales **tipos de aparejos** son los siguientes.

-Aparejo a tizón: es el más sencillo para la construcción de paredes de asta. Las hiladas impares están formadas por piezas enteras, y las hiladas pares, por dos ladrillos cortados a tres cuartos.

- Aparejo a soga: empleado para muros de media asta; piezas enteras en las hiladas impares y media pieza como inicio de las hiladas pares.

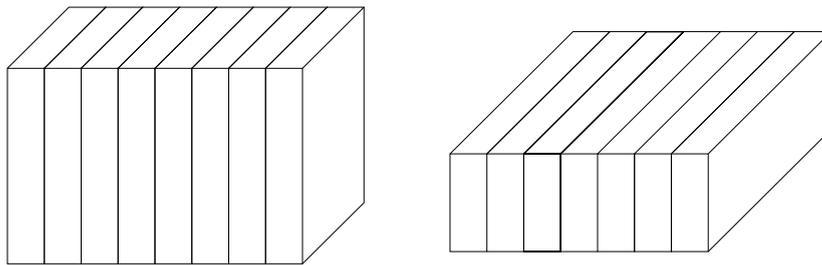
[El aparejo a tizón y el aparejo a soga aparece en algunos libros a la inversa de como se expone aquí]

- Aparejo inglés: se utiliza para paredes de asta, asta y media o doble asta; es muy empleado debido a que puede combinar los diversos espesores, manteniendo el mismo aspecto del paramento. Es el más empleado en la construcción de edificios.

- Aparejo belga: hiladas alternativas a tizón, a soga y a soga desplazada media asta.

Las tres hiladas son diferentes, formando un dibujo en forma de cruz.

- Aparejo a sardinel: los ladrillos se colocan unidos por sus caras para formar elementos longitudinales, escaleras, remate de barandas y antepechos, entre otros; pueden tener dos disposiciones, en vertical o en horizontal.



Para la **construcción** de una pared hay que seguir una serie de **operaciones**.

Para la ejecución de una pared, la primera operación será su **replanteo** sobre la cimentación, efectuado con la máxima precisión, sobre todo en el caso de hacerla de ladrillo visto. La cimentación, convenientemente enrasada, se enlucirá con mortero de cemento en los encuentros, esquinas y puntos concretos, marcando el eje de la pared y comprobando que este eje coincida con el cimiento.

Se ejecutan las **primeras hiladas** con la máxima precisión, y sobre ellas se fijan unos reglés que sirven de maestras mediante el pase de cordeles, que determinarán la perpendicularidad del conjunto. Si es obra vista, se marcará sobre las maestras el espesor de las hiladas para repartir el grueso de la junta de forma que, al llegar al techo, coincida con una hilada entera.

Las hiladas se empiezan a colocar por los extremos, asentándolas mediante el proceso de tortada y restregón, y nivelándolas con la paleta se extiende el mortero sobre la hilada anterior y se asienta, retregándolo, picándolo y retirando las partes sobrantes del mortero para llenar las llagas.

Podemos considerar una serie de **normas** en toda construcción.

a) Siempre que sea posible, se utilizarán piezas enteras y, según el caso, se

partirán en medias o tres cuartos.

b) Las llagas y tendeles estarán perfectamente aplomados y perpendiculares entre sí.

c) Los aparejos que precisen las piezas partidas se colocarán en las hiladas pares; la primera será con pieza entera.

d) Como en todo tipo de aparejo, se colocarán los ladrillos a rompejuntas; no debe haber coincidencia de la junta vertical en dos hiladas consecutivas.

e) Los ladrillos estarán bien mojados para evitar la absorción del agua del mortero.

f) Le seguirá la pauta marcada por las maestras para mantener paralelas las hiladas con la línea del suelo; la horizontal se comprobará por los niveles de la burbuja.

g) Se macisarán las esquinas, encuentros y zonas próximas a los huecos.

h) Se tendrá previsto el grueso de los marcos de carpintería con el fin de dejar el hueco de obra a la medida justa para su posterior colocación (lo más normal es levantar la pared con la carpintería ya puesta en obra)

En la construcción de **uniones, esquinas y encuentros**, es conveniente emplear una técnica adecuada. A nivel general, conviene la penetración de las hiladas de una de las paredes en la obra, y a la inversa, para obtener la máxima trabazón entre los dos paramentos.

Estas zonas son de capital importancia, dado que hay que procurar un perfecto enlace entre los muros para que no resulten independientes, pudiéndose producir agrietamiento por asiento diferencial; los encuentros pueden ser octogonales, formando ángulo recto, u oblicuos, donde se tendrán que cortar para obtener la angulación entre muros.

Obsevando la figura anexa, se definen las distintas zonas que componen o forman **parte de una pared**:

- Jácena: elemento estructural, denominado también viga, recibe las viguetas y transmite las cargas a los estribos o pilares.

- Pilar: cuerpo vertical, de estructura pasiva, que recibe las cargas de las jácenas y

las transmite a la cimentación.

- Arista: línea vertical u horizontal, resultando de la intersección de dos paramentos.

- Zócalo: parte inferior de la pared en su entrega con el pavimento; se tendrá que reglar para la correcta colocación del material de revestimiento (cerámica, madera...)

- Alféizar: plano inclinado o repisa, formado en el hueco de las ventanas en su parte inferior, o sea, la coronación o remate del antepecho; su misión consiste en proteger el muro, por lo que se tendrá especial atención en solucionar su entrega con el marco de la ventana y el goterón al exterior para evitar regueros en fachada.

- Antepecho: parte de la obra debajo de una ventana.

- Arco de descarga: se situa en la parte superior de una pared de carga, para desplazar la carga estructural, o de peso propio, a los laterales del hueco.

- Dintel: parte importante en cualquier obra con paredes de carga, es el elemento estructural horizontal que sustituye la capacidad portante de la pared, donde existe un hueco. Para su construcción se emplea hormigón armado, perfil metálico y elemento prefabricado; siempre hay que asegurar su apoyo en los laterales con una distancia mínima de 30 cm por cada parte.

- Umbral: es la zona de tránsito o paso debajo de una puerta, y debe de tener una buena resistencia al rozamiento.

### **3.2. Revestimientos.**

Una vez ejecutada una pared, se puede optar por diversas soluciones que se engloban en tres grandes bloques: obra vista, guarnecidos y revestimientos discontinuos.

La **obra vista** es la opción en la que se mantiene el aspecto original de la obra, por lo que se requiere una buena ejecución de la misma, ya que no se va a cubrir con ningún material y se apreciarán los posibles fallos constructivos. El ladrillo visto es una solución muy extendida, dado que no requiere obras posteriores de mantenimiento. Los aparejos anteriormente explicados son los más utilizados para paramentos vistos.

El **guarnecido** es el recubrimiento superficial de paredes mediante una capa de espesor variable, compuesta de mortero (cemento, cal o yeso) cuya principal misión consiste en proteger el muro de los agentes atmosféricos (humedad) o en prepararlo para su acabado final (pintura, papel, alicatado, etc). Los guarnecidos pueden ser interiores o exteriores; para estos últimos se utilizará cemento Portland sólo o con la adición de cal para mejorar su plasticidad.

En el guarnecido se distinguen tres **fases**:

a) **Enfoscado**: es la primera capa y la más basta, cuya finalidad es lograr la regulación de la pared, por lo cual su espesor será muy variable.

b) **Revoco**: es la capa intermedia, de menor grosor que la anterior, y se aplica cuidadosamente sobre ella con arena más fina.

c) **Enlucido**: es la última capa o de acabado.

Para ejecutar estas operaciones de acabado, conviene mojar bien el recubrimiento anterior y, mediante rápidos movimientos con la herramienta de acabado, ir tratando la totalidad del muro.

Los **revestimientos discontinuos** son de varios tipos: azulejos, chapados y aplacados, principalmente. Y consiste en colocar sobre la pared de ladrillo o enfoscado, un material cerámico (azulejos), placas de piedra (chapados) o placas de escayola (aplacados).

## 4. FORMACIÓN DE PISOS.

La división horizontal de una construcción, o formación de pisos, se realiza mediante forjados. Sobre ellos se disponen los solados.

### 4.1. Forjados.

Los forjados están constituidos por viguetas, bovedillas y hormigón. La disposición puede apreciarse en la siguiente figura.

Las **viguetas** se apoyan en las jácenas y se disponen separadas una cierta distancia. Se construyen viguetas metálicas, de hormigón y de hormigón pretensado.

Entre los huecos que dejan las viguetas se colocan los **bloques de entrevigado** o bovedillas. Consiste en una pieza de material cerámico con grandes huecos para aligerar peso.

Una vez dispuestos los bloques de entrevigado y las viguetas se vierte una capa de **hormigón**, llamada de compresión, para cubrir los huecos y formar una superficie más o menos lisa y horizontal sobre la cual se colocará el solado.

### 4.2. Solados.

Los embaldosados o **solados** están constituidos por la yuxtaposición de losetas o baldosas de cemento comprimido, terrazo, cerámica o gres; o tiras láminas de madera. El proceso de colocación de estos materiales es similar, teniendo siempre en cuenta sus distintos grosores y que el material de agarre, para cada uno de ellos, dependerá del acabado de la base.

La primera operación a realizar en un solado es el **replanteo**, del cual dependerá no sólo el buen aspecto del embaldosado, una vez terminado, sino también el mejor aprovechamiento del material y la menor cantidad de piezas a partir.

Para el replanteo de los embaldosados, se partirá del nivel de la caja de la escalera o del nivel de la entrada a la estancia; en cuanto a las piezas se partirá con una entera desde la puerta de entrada. En el caso de que el pavimento tenga algún dibujo, hay que procurar que éste sea continuo.

Una vez realizado el replanteo, se vierte el mortero o material de agarre sobre los pisos ya preparados

En los pavimentos realizados con baldosas de terrazo o de parquet, muchas veces éstas se colocan debastadas (sin pulir); una vez fraguado el pavimento, se procede al rebajado, pulido y abrillantado de aquéllas.

El acabado de los forjados, cuyo plano inferior es totalmente liso, suele realizarse mediante un revoco o enlucido de yeso, pero generalmente se tiende a construir **falsos techos** o cielos rasos suspendidos del forjado con fines diversos.

Entre ellos cabe destacar los siguientes: reducir la altura libre entre el suelo y el forjado; ocultar las jácenas, vigas o nervaduras del forjado, creando por debajo de él una superficie totalmente lisa; permitir el paso de instalaciones, disponiendo una cámara entre el falso techo y la cara inferior del forjado; y, por último, mejorar el aislamiento térmico y acústico del forjado.

Actualmente, el cañizo tiende a desaparecer y se utilizan en su lugar planchas de escayola en las que la cara inferior, que es la que ha de quedar vista, sea plana y lisa; para favorecer su rigidez, llevan en su reverso una cuadrícula de 40 por 40cm., formada con cañas y fijada a la plancha mediante esparto y escayola; o bien, en su interior, llevan un entramado de fibras vegetales o sintéticas.

En los forjados de hormigón o hierro, se colocan tacos de fijación empotrados en el forjado, de los que penden unos ganchos, grapas o varillas roscadas que se gradúan a la altura deseada.

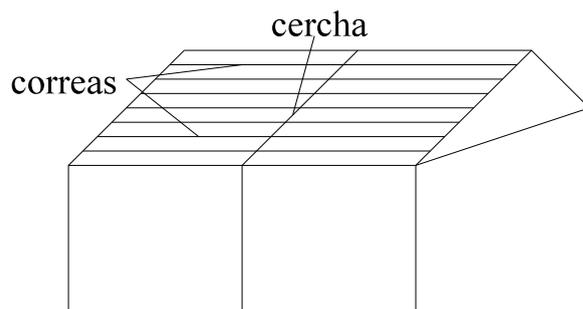
Una vez preparados los elementos de la sujección, se montan las planchas de escayola a rompejunta y sobre renglones que permitan su nivelación; el relleno de las juntas y la fijación de las planchas se realiza con fibras vegetales o sintéticas mezcladas con pasta de escayola.

## 5. CUBIERTAS.

Las cubiertas están formadas por un elemento importante de sustentación, que constituye su estructura, más otro de cubrición, que debe cumplir las condiciones de impermeabilidad y aislamiento. La estructura debe soportar las cargas dadas por su peso propio, por el del material de cubrición, por el de las posibles sobrecargas de nieve y por la acción del viento. En la parte resistente de una cubierta se puede emplear madera, hierro u hormigón armado, solos o bien de forma combinada.

En relación con su **estructura**, las cubiertas se dividen en simples o compuestas, según la luz que tengan que salvar; se denomina luz a la distancia entre los muros o entramados verticales que la sustentan.

Cuando la luz es pequeña, del orden de unos 4m. para cubiertas de madera y de unos 5m. para las de hierro, se puede construir la estructura con una serie de piezas iguales (análogas a las de las viguetas de los suelos) colocadas paralelamente, formando un entramado inclinado que se apoya en los muros y constituye una cubierta simple; en este entramado se apoyará el material de cubrición.



Cuando la luz a cubrir es superior, se proyecta la cubierta mediante la disposición, en sentido perpendicular a los muros, de unos elementos verticales de apoyo denominados cerchas o cuchillos, separados a cierta distancia; sobre éstos descansan otros elementos secundarios horizontales formados por correas, y, sobre éstas y en la dirección de la línea de pendiente, se colocan los cabios que soportan el entablado sostenedor del material de cubrición. Actualmente se suelen sustituir los cabios y el enlistonado por un tablero de rasilla.

Muchas veces, en edificios urbanos y en viviendas unifamiliares, se forma la cubierta con tabiquillos de ladrillo y, encima, un tablero de rasilla. Los tabiquillos se colocan separados entre 70 y 90cm.

Los **materiales** de cubrimiento pueden ser muy variados, desde las tejas

árabes o curvas a las planas, que junto con la pizarra, son aún hoy en día los materiales por excelencia, por encima de las planchas metálicas de cinc, cobre, plomo, hierro, galvanizado y aluminio, o las planchas prefabricadas de amianto, cemento, poliéster y vidrio armado, entre otros posibles materiales. Para la puesta en obra se requiere una pendiente determinada para cada uno de ellos, así como una base de apoyo preparada para soportar y fijar los materiales, garantizando también su impermeabilidad.

## 6. HERRAMIENTAS Y ÚTILES DE LA CONSTRUCCIÓN.

Las herramientas empleadas en la construcción se pueden clasificar en:

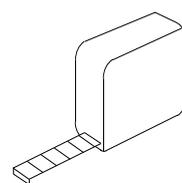
- Herramientas de medición y nivelación.
- Herramientas de corte.
- Herramientas para el tendido.

Describiremos a continuación las más empleadas, así como su características más sobresalientes, facilitando su conocimiento a través de figuras descriptivas.

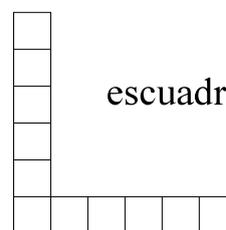
Entre las **herramientas de medición y nivelación**, tenemos las reglas, las escuadras, la falsa escuadra, la plomada y el nivel.

Las **reglas**, usadas para medir y llevar cotas, se presentan en varias clases. La **cinta metálica flexible** consiste en una cinta metálica enrollada en el interior de una carcasa por la acción de un muelle. Su longitud varía de 2 a 5 metros. Para medir longitudes mayores se emplean cintas de hasta 50 metros de enrollamiento manual fabricadas a base de materiales textiles. Otra variedad de regla es la **plegable**.

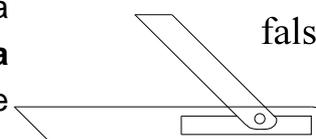
Las **escuadras** se emplean para comprobar la perpendicularidad de las esquinas y situar el eje de los muros. Se fabrican en diferentes longitudes. Una variedad de esta familia es la **falsa escuadra** constituida por dos brazos, uno de los cuales puede



cinta métrica



escuadra



falsa escuadra

variar su disposición con respecto al otro mediante una tuerca de mariposa. Se usa para obtener cualquier tipo de ángulo en las esquinas o en la construcción de arcos.

En la verificación de la disposición vertical de muros se emplea la **plomada**. Consta de una regla de longitud 120 cm, sobre la que se grava una línea central. En uno de sus extremos se fija un hilo del cual pende, por su extremo libre, un peso de unos 200 gramos. Para evitar la oscilación del hilo, se sitúa un puente metálico sobre la regla en el extremo opuesto a donde se fija el hilo. Cuando el hilo se sitúa sobre la línea central de la regla, la plomada se encuentra en posición vertical. Este útil permite tomar lecturas verticales precisas, pero resulta lento.

Los **niveles** se emplean para comprobar la horizontalidad de superficies. Existen varios modelos en función del uso que queramos darle. Los más precisos son los **niveles de albañil**, tienen una longitud próxima a un metro y se emplean para la verificación de grandes superficies. Constan de niveles para los ajustes verticales y niveles para la nivelación horizontal. Otro tipo de nivel de menor tamaño, empleado en la verificación horizontal de elementos más pequeños, incluso ladrillos individuales, es el llamado **nivel compacto**. La verificación de la horizontalidad de cuerdas se realiza mediante el **nivel de cuerda**. Consiste en un pequeño nivel de unos 10 cm que dispone de unos ganchos con los que se puede colgar de la cuerda. Se fabrica de material ligero para no deformar la cuerda.

## TEMA 42

### **MEDIDA DE MAGNITUDES: INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS.** **EL ERROR EN LA MEDIDA**

#### **ÍNDICE.**

1. Introducción.
2. Sistemas de unidades.
3. Instrumentos y procedimientos de medida.
  - 3.1. Medida de longitudes y áreas.
  - 3.2. Medida de masa y peso.
  - 3.3. Medida del tiempo.
  - 3.4. Medida de temperatura y presión.
  - 3.5. Medida de magnitudes eléctricas.
  - 3.6. Instrumentos de medida digitales.
4. El error en la medida.
  - 4.1. Cálculo de errores.
  - 4.2. Propagación de errores.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La ciencia que se encarga de estudiar la medida de magnitudes es la **Metrología**, entendiendo por **magnitud** cualquier característica o característica que sea susceptible de ser medida.

Además, la Metrología se encarga de estudiar los diferentes sistemas de medida, velando por su uso correcto y su coherencia, y proporcionando los instrumentos y procedimientos necesarios para la medida y cálculo de magnitudes, así como el estudio y corrección de errores en la medida.

## 2. SISTEMAS DE UNIDADES.

**Medir** consiste en determinar cuantas veces está contenida una magnitud en otra, que se denomina unidad, siendo ambas de la misma naturaleza.

Para cada magnitud se establece una unidad, de manera que cada conjunto de unidades mantengan una relación entre sí. Estos conjuntos de unidades reciben el nombre de **sistema de unidades**.

En primer lugar cada sistema de unidades establece dos tipos de magnitudes: las fundamentales y las derivadas.

Las **magnitudes fundamentales** no pueden definirse o establecerse en función de ninguna otra. Su elección se establece en función de la coherencia del sistema de unidades y de una serie de ventajas que veremos para el caso del sistema internacional de unidades.

Las **magnitudes derivadas** se expresan en función de las magnitudes fundamentales.

Los **sistemas de unidades** en uso son:

- a) Sistema Internacional, también conocido como Giorgi o M.K.S.
- b) Sistema Cegesimal, también denominado c.g.s.
- c) Sistema Técnico o Terrestre.

El sistema internacional de medidas SI es ya legalmente obligatorio en los principales países del área métrica y está introduciéndose rápidamente en los países del área inglesa. En España, la ley de pesas y medidas de 1967 introdujo legalmente el sistema internacional.

Debido a su uso y a las ventajas que a continuación enunciamos, sólo será desarrollado este sistema. **Ventajas y características.**

a) Universalidad: es usado en todos los países del área métrica y en un futuro inmediato en el mundo entero.

b) Unificación de la Física (que utilizó tradicionalmente el sistema SI) y la Técnica (que utilizó tradicionalmente el sistema técnico, ST).

c) Cómodo y sencillo: con sólo unas pocas unidades se obtienen todas las necesarias.

d) Preciso: la definición de las unidades fundamentales permiten su uso con la mínima incertidumbre posible.

e) Utilización de la masa como magnitud fundamental (que es un invariante incluso en los problemas espaciales) en lugar de la fuerza.

f) Eliminación de las constantes arbitrarias, como en los términos no gravitatorios la constante  $9'81 \text{ m / s}^2$ .

Las magnitudes y unidades fundamentales independientes entre sí en el SI son las siete siguientes:

<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>	<b>Símbolo</b>
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
temperatura	Kelvin	K
intensidad de corriente eléctrica	Amperio	A
intensidad de luz	candela	cd
cantidad de sustancia	mol	mol

Las definiciones de cada una de las unidades fundamentales hoy vigentes, adoptadas por la Conferencia General de Pesas y Medidas, son las siguientes:

El **metro** es la longitud igual a  $1.650.763'73$  longitudes de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles  $2p_{10}$  y  $5d_5$  del átomo de criptón 86. [ Se puede hacer simplemente una referencia a como se ha establecido esta unidad, diciendo que es igual a un número de veces la longitud de onda en el vacío

de la radiación entre dos niveles concretos del átomo de criptón-86. Lo mismo podemos hacer con el resto de definiciones, porque veo difícil memorizar estos números]

El **kilogramo** es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo, que se conserva en la Oficina Internacional de París, materializado en un cilindro de platino de altura igual a su diámetro.

Como la comparación de masas se realiza mediante pesadas con una balanza, todavía hoy existe confusión terminológica entre masa y peso.

El **segundo** fue establecido en 1967 como la duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental de Cesio-133.

El **Kelvin**, definido también en 1967, es la fracción  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

El **Amperio** se define como la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a una distancia de un metro el uno del otro en el vacío, produce entre dos conductores una fuerza igual a  $2 \cdot 10^{-7}$  Newton por metro de longitud.

El **mol** se definió como la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 Kg de C-12.

La **candela**, fue definida como la intensidad luminosa de una fuente que emite radiación monocromática de  $540 \cdot 10^{12}$  Hz, y cuya intensidad energética es 1/683 vatios por estereorradian.

A partir de las unidades fundamentales se obtienen, mediante relaciones sencillas, las **unidades derivadas**. Su definición implica una experiencia física en que no intervienen constantes físicas.

Estas relaciones, llamadas **ecuaciones dimensionales** son las ecuaciones mediante las cuales podemos obtener las magnitudes derivadas en función de las magnitudes fundamentales. En ellas se indican las magnitudes fundamentales con letra mayúscula y las magnitudes derivadas entre corchetes. Estas ecuaciones nos van a permitir ver el papel que juegan las magnitudes fundamentales. Por ejemplo, la ecuación de dimensiones de la fuerza será:

$$[F] = M L T^{-2}$$

donde la fuerza, magnitud deriva, queda expresada en función de la masa, la longitud y el tiempo, magnitudes fundamentales.

De este modo podemos obtener las unidades derivadas, que son tantas como unidades se hayan definido o se definan en el futuro. Algunas unidades derivadas tienen nombres especiales y sus correspondientes símbolos, y pueden usarse en lugar de las unidades básicas para formar otras unidades derivadas.

Dada la gran cantidad de magnitudes derivadas existentes, no entraremos en nombrarlas; en el caso de la fuerza, la unidad sería  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ , que es también denominada Newton, con símbolo N.

En el sistema internacional ha sido preciso definir las llamadas **unidades suplementarias**. Son unidades adimensionales, apareciendo en la definición de algunas unidades derivadas, pero pueden ser omitidas.

Estas unidades son el **radian y el estereorradian**, definiéndose el primero como el ángulo plano que, con vértice en el centro de una circunferencia, abarca un arco de igual al radio de ésta. El estereoradián se corresponde con el ángulo sólido que, teniendo su vértice en el centro de una esfera, intercepta sobre la superficie de ésta un área igual a la del cuadrado que se forma con radio de la esfera.

Para expresar cantidades elevadas de una unidad se emplean los **múltiplos y submúltiplos** de la unidad mediante potencias positivas o negativas de 10. En alguna unidad se ha admitido múltiplos no decimales, como minuto, hora, año ...

Los múltiplos y submúltiplos más importantes de la notación científica, uso de potencias de 3, son los siguientes:

<b>Factor</b>	<b>Prefijo</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Factor</b>	<b>Prefijo</b>	<b>Símbolo</b>
$10^9$	giga	G	$10^{-3}$	mili	m
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^3$	kilo	k	$10^{-9}$	nano	n
			$10^{-12}$	pico	p

### **3. INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA.**

#### **3.1. Medida de longitudes y áreas.**

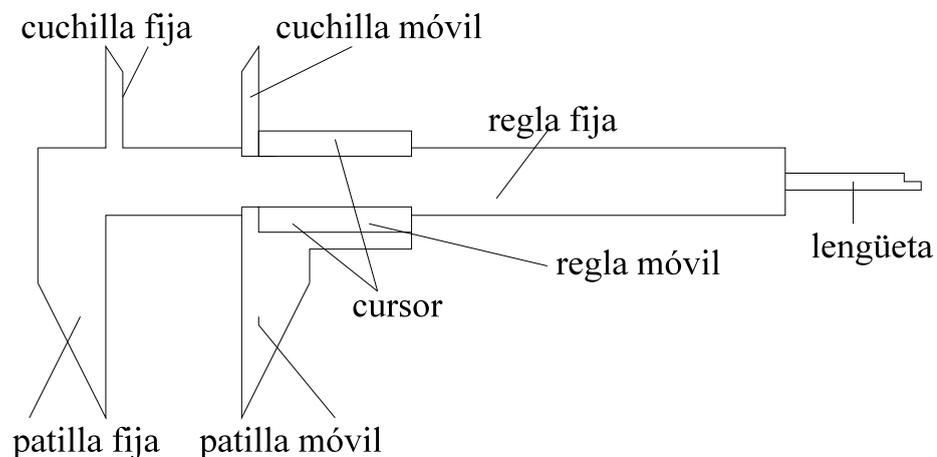
Los instrumentos más comunes usados en la medida de longitudes, ángulos y áreas son el metro, el calibre y el palmer o micrómetro, el transportador, el goniómetro o calibre angular, el curvómetro y el planímetro polar.

En las mediciones de líneas rectas de escasa precisión se emplea el **metro**, que consiste en una barra de madera, de plástico o de chapa metálica, cuyo borde se encuentra dividido en medidas idénticas, generalmente milímetros o medios milímetros.

Para medir longitudes más pequeñas o cuando se requiere mucha precisión, se emplea el calibre de ajustador o pie de rey y el micrómetro o palmer.

El **calibre de ajustador** consta de una escala que se puede mover junto a una escala estacionaria. La escala móvil (nonio) tiene divisiones que son ligeramente más pequeñas que una división de la escala principal estacionaria a lo largo de la cual se desliza. Si la marca del cero del nonio coincide con cualquier división de la escala principal, entonces  $n$  divisiones del calibre corresponden a  $n-1/n = 1-(1/n)$  divisiones de la escala principal. En consecuencia, la división del nonio es  $1/n$  más pequeña que la división de la escala principal. Esta cantidad ( $1/n$ ) de una división de la escala principal se llama “**mínima lectura exacta**”, siendo  $n$ , el número de divisiones del nonio. Antes de efectuar una medición debe determinarse la “mínima lectura exacta”, también llamada apreciación.

Las partes de un calibre ajustador o pies de rey se pueden apreciar en la figura.



Las patillas sirven para medir longitudes interiores, situando la dimensión entre ellas. Las cuchillas permiten medir longitudes interiores, situando el “hueco” entre ellas. Para la medida de profundidades se emplea la lengüeta, apoyando el extremo de ésta en el fondo del hueco.

El **procedimiento** para obtener la medida con un calibrador es el siguiente:

- a) Tomar el cero del nonio y registrar la lectura en la escala principal correspondiente a una medida entera de milímetros.
- b) Encontrar una división del nonio que coincida con una de la escala principal y sumar ésta (la del nonio) a la primera lectura, teniendo en cuenta el concepto de apreciación.

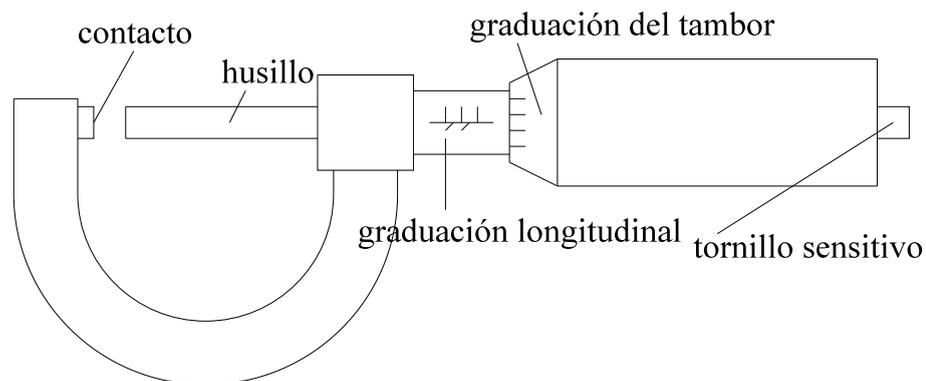
También existen calibres angulares que funcionan de la misma manera.

El **calibrador micrométrico o palmer** se usa para la medición de longitudes muy pequeñas y con gran precisión, como el diámetro de un alambre, el espesor de una hoja, etc.

El micrómetro consta de un huso con un paso de 0'5 mm, generalmente. Esto significa que cada vez que el huso efectúa una revolución, avanzará 0'5 mm a lo largo de la escala principal. La escala principal tiene dos conjuntos de divisiones, una escala superior y una escala inferior, la escala superior divide a la inferior en medios milímetros.

Sobre el tambor se dispone la graduación auxiliar, que generalmente aprecia hasta la centésima de milímetro, para lo cual el tambor se divide en dos partes, de modo que una vuelta correspondan a 0'5 mm.

Para que el uso avance un mm será necesario que el huso de dos revoluciones.



En el dibujo se pueden apreciar las partes de que consta un palmer.

En la **medición de ángulos** se emplean los transportadores, cuyo procedimiento de medición es similar al del metro, y los calibres angulares ya citados, que van provistos de un nonio circular y pueden apreciar ángulos de hasta 5".

Cuando se trata de medir líneas curvas o irregulares, se emplea el **curvímetro**. Consiste en una rueda dispuesta sobre un eje, que tras sucesivas reducciones de velocidad hace mover una aguja o fiel que indica sobre una esfera graduada la distancia recorrida por la rueda.

El procedimiento de uso es muy sencillo. Situada la aguja en el cero, se sitúa la rueda sobre la línea irregular que queremos medir, recorriendo hasta el final. La lectura que indique la aguja será la longitud de la línea.

En la medición de áreas irregulares se emplea el **planímetro polar**. Está construido de manera que las áreas se puedan medir recorriendo el perímetro de la figura en cuestión, leyendo el tambor unido al instrumento y multiplicando por una constante las vueltas que da el tambor.

### **3.2. Medida de masa y peso.**

Las **balanzas** se usan para medir la masa o el peso de los cuerpos. Existen diferentes tipos de balanzas, cada una de ellas apropiada para la medición de pesos de mayor o menor envergadura y con mayor o menor precisión.

El dispositivo más sencillo corresponde a la **balanza de resorte**. Se basa en la ley de Hooke, de proporcionalidad entre la deformación y la fuerza aplicada a un cuerpo elástico. Para ello se dispone un resorte fijo en un extremo y libre en el otro, donde se cuelga la masa o el peso. Una aguja indica sobre una escala el valor de la medida correspondiente.

Cuando se emplea para medir masa, la balanza de resorte tiene la desventaja de que debe estar calibrada para el lugar en que se use; esto dará lecturas erróneas cuando se use en cualquier otro lugar, debido al cambio que sufre el valor de la aceleración gravitatoria  $g$ , de un lugar a otro.

La **balanza de brazo** es la comúnmente empleada en los laboratorios. Consiste en un brazo rígido con una aguja en el centro y un pivote también en el centro. En los extremos del brazo se cuelgan los platos. Esta balanza compara el

peso de un objeto con un peso conocido, dado que la gravedad puede considerarse igual para cada lado de la balanza, es decir, compara la masa en vez del peso, aunque se basa en la fuerza gravitacional de atracción sobre los objetos.

Las mediciones de una balanza de brazo son independientes del sitio en que se use.

Para el pesado aproximado de masas relativamente grandes se emplea la **balanza granataria**. Se basa en el principio de la palanca. Consta de un brazo que puede pivotar. Sobre uno de los extremos se apoya el plato donde se sitúa la masa que queremos conocer. El otro extremo dispone de un gancho para colocar masas conocidas. El brazo se encuentra graduado y dispone de un peso que puede recorrer el brazo.

Para conocer el peso de un cuerpo se sitúa éste sobre el plato y se desplaza la masa móvil sobre el brazo hasta que éste quede horizontal. En ese momento, la balanza estará equilibrada. Como la distancia del peso desconocido al pivote es siempre constante, podemos graduar el brazo de la balanza, con lo que, una vez equilibrado, podremos conocer el peso del cuerpo.

Cuando el peso no puede ser equilibrado con el peso móvil, se disponen pesas conocidas en el gancho del extremo libre del brazo.

### **3.3. Medida del tiempo.**

La medida del tiempo puede realizarse mediante relojes mecánicos o eléctricos.

Los relojes **mecánicos** sólo son capaces de medir intervalos de hasta 0'2 segundos. Los cronómetros no poseen agujas horaria ni minutero.

Los **eléctricos** están accionados por motores síncronos, para evitar el desfase. Dado la operación de estos motores depende de la frecuencia de la corriente eléctrica, la precisión de los relojes la limita la constancia de la corriente de línea de 50 Hz suministrada por la compañía eléctrica.

Para contar los pulsos eléctricos se usa un **contador de pulsos**. Consiste en un electroimán que opera una aguja que se mueve en un cuadrante. Cada vez que hay un pulso de corriente en el electroimán, la aguja se mueve una división. Algunos contadores tienen una aguja más pequeña que cuenta las revoluciones de la mayor.

El contador de pulsos también se puede emplear como un dispositivo de

medición de tiempo. Cuando se conecta a una fuente de corriente de frecuencia controlada, el contador se convierte en un reloj de alta velocidad, que mide intervalos de fracción de segundo.

### **3.4. Medida de temperatura y presión.**

La medida de la **temperatura** se basa en la variación de otra propiedad que varía con la temperatura. En función de la propiedad en cuestión tenemos los siguientes tipos de termómetros.

El **termómetro de gas** se basa en la variación de la presión con la temperatura de un gas confinado en un volumen constante, que constituye por su exactitud el patrón primario para medición de temperatura.

El **termómetro de mercurio** se basa en la variación del volumen con la temperatura. Consiste en una ampolla de vidrio terminado en un tubo del mismo material de diámetro interior muy estrecho. El mercurio en su interior puede dilatarse libremente, siendo la altura de la columna de mercurio directamente proporcional a la temperatura de mercurio en la ampolla. Los límites de las temperaturas medibles con este termómetro son  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (temperatura de congelación del mercurio) y  $356\text{ }^{\circ}\text{C}$  (temperatura de ebullición). Si se reemplaza el mercurio con alcohol etílico pueden medirse temperaturas más bajas ( $-117\text{ }^{\circ}\text{C}$ , punto de congelación del alcohol etílico).

El **termómetro de resistencia** se basa en la variación de la resistencia con la temperatura. Esta variación es casi directamente proporcional. Los metales más usados son el Ni, Cu y sobre todo platino. La medida de la resistencia se efectúa mediante un puente de Wheatstone previamente calibrado para poder leer directamente la  $t$  en  $^{\circ}\text{C}$ .

El **termopar** se basa en la variación del potencial eléctrico. Dos metales o aleaciones metálicas distintas se sueldan por ambos extremos, sometiéndose cada uno de estos extremos a diferentes temperaturas, generalmente un extremo a la temperatura de fusión del hielo y el otro a la temperatura que se quiere medir. En estas condiciones se crea una fuerza electromotriz, que es casi directamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre los extremos y que puede medirse con un milivoltímetro, el cual previamente calibrado da la lectura en  $^{\circ}\text{C}$ . Los termopares más exactos son de platino y de platino-rodio.

En la diversidad de los coeficientes de dilatación de dos metales se basa el **termómetro bimetalico**. Consta de dos láminas de metal de diferentes coeficientes

de dilatación soldadas y enrolladas en espiral. Las variaciones de temperatura engendran movimientos desiguales de la espiral, que hacen girar al eje y a la aguja indicadora.

El **pirómetro óptico** se basa en la variación de la luminosidad. El instrumento se enfoca al cuerpo incandescente, cuya temperatura se desea medir, y su luminosidad se compara con la de una fuente luminosa y calibrada. Realizando el ajuste el instrumento marca la temperatura del cuerpo. Permite medir millones de grados.

Los instrumentos que sirven para medir la presión se denominan **manómetros**. Los tipos de manómetros son variadísimos, debido a que las presiones a medir son a veces muy pequeñas, cercanas al vacío absoluto, y otras muy grandes, hasta 10.000 bar. La mayoría de los manómetros pertenecen a una de las dos clases siguientes: manómetros de líquido y manómetros metálicos. La mayor parte de los manómetros miden presiones relativas con relación a la atmósfera real (local y actual); pero algunos entre ellos los barómetros, miden presiones absolutas. La ecuación fundamental de la hidrostática es el fundamento de la lectura de los manómetros líquidos.

$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2$$

El **tubo piezométrico** consiste en un tubo conectado a una tubería por la que circula un líquido. La presión en ese punto coincide con la altura que el líquido asciende en el tubo.

El **manómetro para presiones absolutas** consiste en un tubo manométrico cerrado, de modo que encima de la columna líquida reina prácticamente el vacío absoluto.

Los **barómetros** sirven para medir la presión atmosférica. El líquido barométrico empleado corrientemente en los barómetros es el mercurio. El barómetro de cubeta consta de un tubo en el que se ha de conseguir que sobre la columna de mercurio reine el vacío. Para ello se llena el tubo totalmente de mercurio y se introduce cuidadosamente en el interior de la cubeta, que también está llena de mercurio. El nivel de mercurio bajará por el tubo hasta que la presión de la columna se equilibre con la atmosférica, obteniéndose su medida.

Los **manómetros metálicos** se basan en la deformación que un tubo metálico experimenta como consecuencia de la presión. También pueden medir presiones

relativas o absolutas.

### **3.5. Medida de magnitudes eléctricas.**

Las principales magnitudes eléctricas que podemos medir son la intensidad de corriente, el potencial, la potencia y la resistencia.

Se llama **galvanómetro** a un instrumento que permite medir la intensidad de una corriente. Actualmente el instrumento de precisión más en boga es el de imán fijo y cuadro móvil, ideado por D'Arsonval. En él, la corriente cuya intensidad se desea medir accede a una bobina plana de forma rectangular que rodea a un cilindro de hierro dulce, hallándose todo ello en el campo magnético creado por un imán permanente fijo. La bobina, también llamada cuadro, puede girar en torno del eje de simetría del sistema cuadro-cilindro, y la forma de las piezas polares, junto con la elevada permeabilidad magnética del cilindro, hacen que las líneas de fuerza del campo magnético del imán incidan casi normalmente al cilindro en la región por donde va a moverse el cuadro, siendo el módulo B del campo prácticamente el mismo en todos los puntos de dicha región. En la figura se presenta una sección transversal en la que se aprecian las piezas polares N y S del imán, el entrehierro, el cilindro y el cuadro. Como en todas las posiciones de éste el campo está en su plano, el momento magnético M de la espira y el campo B siempre serán perpendiculares, y el momento del par de fuerzas que se ejercen sobre el cuadro valdrá

$$P = M B = N S I B$$

siendo N el número de espiras del cuadro, S la superficie encerrada por cada una e I la intensidad de la corriente que se mide. El hilo de suspensión del cuadro, o un resorte espiral adecuado, puede proporcionar un par antagonista proporcional al ángulo girado.

El **amperímetro** es un instrumento que, como el galvanómetro, está destinado a medir intensidades del orden del amper, lo que obliga a construirlo con hilo conductor más grueso y menor número de espiras, pues si por el cuadro de un galvanómetro circulara una corriente intensa, el efecto Joule lo destruiría.

Los **amperímetros electromagnéticos** están constituidos por dos solenoides en serie en cuyo interior existe una barra de hierro dulce que puede girar en torno de su centro. Al pasar la corriente se imana y tiende a orientarse según el eje de los solenoides, a lo que se opone el par ejercido por el resorte espiral. Sirven tanto para c.c. como para c.a., pues al invertirse el sentido de la corriente se invierte también

la polaridad magnética de la barra de hierro dulce, con lo que se mantiene el sentido del par de fuerzas.

Los amperímetros deben ser recorridos por la corriente a medir, es decir, el amperímetro se conecta en serie con el circuito estudiado. En él se producirá una caída de tensión que deberá ser pequeña frente a la ddp que se aplique al circuito si no queremos que su inserción altere la intensidad de la corriente. Por ello, los amperímetros tienen resistencia pequeña.

### Voltímetro

Supongamos ahora que entre dos puntos A y B de un circuito entre los que hay una resistencia R conectamos, en paralelo con ésta, un galvanómetro de resistencia g. Por el galvanómetro circulará una corriente de intensidad i y su desviación será proporcional a ella y por tanto al producto  $g \cdot i = V_A - V_B$ . Por tanto, serviría para medir la ddp entre los puntos a que se conecta. Ahora bien,

$$V_A - V_B = R (I - i) = RI - Ri$$

Pero si se conectara, la ddp entre A y B sería RI si se mantuviese I constante, pues toda la corriente pasaría por R. Luego la conexión del galvanómetro ha alterado la ddp entre A y B en la cantidad Ri. Para que ésta sea mínima, bastará que sea lo mayor posible la resistencia del circuito del galvanómetro. Es decir, si logramos que R sea despreciable frente a la resistencia del galvanómetro, i será despreciable frente a I y el producto Ri lo será frente a RI, con lo que la lectura del instrumento será prácticamente igual a la ddp que habría si no estuviera conectado. Poniendo en serie con el galvanómetro una resistencia elevada r y despreciando g frente a ella,

$$V_A - V_B = ri$$

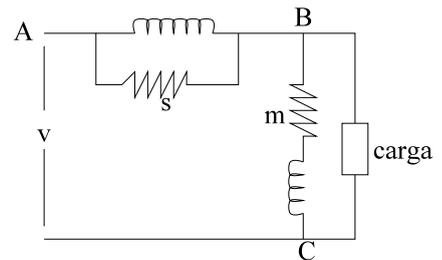
será la ddp medida. A r se le llama **resistencia multiplicadora**, por ser la cantidad que, multiplicada por la intensidad de la corriente que recorre el instrumento, da la ddp buscada. El instrumento así dispuesto recibe el nombre de **voltímetro**, y vemos que hay que conectarlo en paralelo con la porción de circuito entre cuyos extremos queremos conocer la ddp. Según lo anterior, el voltímetro debe tener una gran resistencia, mucho mayor que aquella a la cual se derive.

Un voltímetro puede disponer de varias resistencias multiplicadoras, y como la desviación máxima está caracterizada por la intensidad máxima que puede soportar, al utilizar una u otra resistencia multiplicadora dispondrá de una u otra ddp máxima mensurable, es decir, de varias escalas.

### Electrodinamómetro y watímetro.

Imaginemos que el campo magnético creado por el imán en el galvanómetro D'Arsonval lo cree un par de bobinas fijadas en serie recorridas por una corriente de intensidad  $I'$  y que por el cuadro móvil circule otra corriente de intensidad  $I$ . El campo creado por las bobinas fijas será proporcional a  $I'$  y el momento del par que se ejerce sobre el cuadro móvil es proporcional a dicho campo y a la intensidad  $I$  de la corriente que lo recorre, luego es proporcional al producto  $II'$ . Montando dicho cuadro móvil sobre pivotes adecuados y dotándole de un resorte en espiral que oponga un par antagonista, la aguja solidaria al cuadro móvil sufrirá una desviación proporcional a  $II'$ . Conectando el cuadro móvil en serie con las bobinas fijas,  $I = I'$  y la desviación sería proporcional a  $I^2$ . Como la corriente se invierte simultáneamente en las bobinas fijas y móvil, se invierten simultáneamente la corriente y el campo a que está sometido el cuadro móvil, por lo que no cambia el sentido del par de fuerzas. Este instrumento, llamado **electrodinamómetro**, podría servir también para medir intensidades eficaces de c.a.

Este dispositivo puede servir para medir la potencia consumida por un receptor o carga. Para ello se conecta en serie con la bobina móvil una gran resistencia multiplicadora  $m$  y el conjunto se conecta entre los dos hilos de la línea constituyendo el llamado **circuito de tensión**, B-C en la figura. La bobina fija shuntada con una baja resistencia  $s$  se conecta en serie con la línea constituyendo el **circuito de intensidad**, A-B en la figura. Como el circuito de tensión presenta una resistencia mucho mayor que la carga, por él se deriva una corriente de intensidad  $I$  despreciable frente a la de la que circula por ésta y podremos considerar que la intensidad de la corriente que circula por el circuito A-B es igual a la de la corriente que circula por la bobina fija. En cambio, por la bobina móvil circula una corriente de intensidad



$$I = v / m$$

proporcional a la ddp aplicada a la carga, luego la desviación del instrumento por ser proporcional a  $II'$  será también proporcional a  $vI'$  que es la potencia consumida por la carga. Esto vale tanto para c.c. como para c.a., pues la posición media de equilibrio de la aguja será proporcional al valor medio de la potencia, el cual viene dado por la ecuación

$$P = V I \cos \varphi$$

### **3.6. Instrumentos de medida digitales.**

Los aparatos de medida digitales sólo toman algunos valores de la magnitud a medir. Como la magnitud medida, que obviamente es analógica (continua en el tiempo), se tiene que convertir en información digital.

El proceso de **digitalización** de una señal, es decir, de la magnitud a medir, consta de dos fases:

1.- Obtención del valor de la magnitud correspondiente en un instante  $t$ .

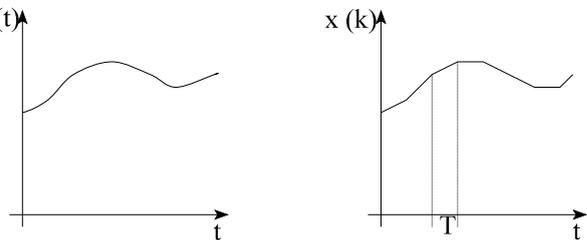
2.- La cuantificación y codificación de la señal (asignación de un valor discreto y un código).

El valor de la magnitud se va tomando a intervalos de tiempo regulares, de duración  $T$ , convirtiendo una señal continua  $x(t)$  en un tren de pulsos.

El valor de  $T$  debe ser lo menor posible con el fin de evitar que variaciones muy rápidas de la señal muestreada se queden sin reflejar.

Una vez muestreada una señal se procede a su cuantificación y codificación, realizado por un convertidor analógico/digital A/D.

Como ejemplo de instrumento analógico tenemos el multímetro, polímetro o tester digital.



## **4. EL ERROR EN LA MEDIDA.**

En todas las ciencias cuantitativas se determinan las magnitudes pertinentes mediante un número y una unidad. Ya nos hemos ocupado de las unidades que se usan en las diferentes ciencias y tecnologías, ahora nuestro objetivo son los números y, más concretamente, los números que se obtienen como resultado de medidas directas o indirectas.

Sucede que las medidas nunca permiten obtener el verdadero valor de la magnitud que se mide y por ello por muchas razones, entre las cuales, las más obvias, son las interferencias de nuestros sentidos y de los aparatos con que nos ayudamos, además de otros motivos que se mencionarán más adelante. Podría decirse que muchas veces se cuentan objetos o sucesos y se puede entonces

obtener un número exacto; esto es cierto, pero tal número carece de interés porque en los estudios científicos se buscan números de objetos por unidad de superficie o de volumen, o bien números de sucesos por unidad de tiempo, y tales números ya no son exactos porque no podemos determinar, bien el intervalo espacial o temporal de referencia, o porque los objetos o sucesos varían de unos intervalos a otros.

En definitiva, es inevitable que el resultado de cualquier medida sea un número con un cierto grado de **incertidumbre**. Podemos, por tanto, afirmar que el resultado de una medida debe contener tres elementos: la unidad, el número y su incertidumbre. Se suele denominar **error** a esa incertidumbre.

Los **errores cometidos** pueden ser de diversos tipos:

- Error del operador. Cuando el error es debido a defectos del operador que está realizando la operación o medida.
- Error instrumental. Cuando el error es debido al aparato usado para realizar la observación o medida.
- Error sistemático. Cuando se produce siempre que se mide. En principio, son evitables si se eliminan las causas.

Parece más propio dar a los errores sistemáticos, el nombre de equivocaciones, por que es una equivocación utilizar un método inadecuado, emplear un instrumento defectuoso o usarlo en condiciones distintas de aquellas para los que fue construido, y es una equivocación basar las medidas en patrones inseguros.

- Error accidental. No se repite siempre y aunque son incontrolables, podrían ser de algún modo cuantificables. Son incertidumbres debidas a numerosas causas imprevisibles que dan lugar a resultados distintos cuando se repite la medida en condiciones idénticas; también pueden considerarse errores de este tipo las incertidumbres que resultan de medir la misma magnitud por distintos métodos o con distintos aparatos.

Estos errores propiamente dichos parecen fruto del azar, por ello reciben también el nombre de aleatorios. La repetición de las medidas es el arma para luchar contra estos errores. Por su mismo carácter, es de esperar que, con igual probabilidad, unas veces el resultado de la medida será superior al verdadero valor de la magnitud que se mide (error por exceso) y otras veces será inferior (error por defecto), por lo que algún valor medio será una buena aproximación del número que se busca.

#### **4.1. Cálculo de errores.**

El experimentador que mide una magnitud y asigna una incertidumbre (error) a la medida, llega a la convicción de que el verdadero valor de la magnitud se encuentra entre los números  $x_1$  y  $x_2$  ya sea con absoluta seguridad, o con una cierta probabilidad. Al no tener razones para pensar que el verdadero valor esté más cerca de  $x_1$  que de  $x_2$  por ello se acostumbra a aceptar como valor real la media

$$x = (x_1 + x_2) / 2.$$

Como índice de **incertidumbre**  $S$  se toma la mitad del valor absoluto de la diferencia de los límites,

$$S = |x_1 - x_2| / 2$$

que se suele llamar error. De este modo, una magnitud vendría expresada de la siguiente manera,

$$\text{Medida} = x \mp S$$

que significa que el verdadero valor debe encontrarse dentro del intervalo:

$$x - S < \text{verdadero valor} < x + S$$

Es evidente que la incertidumbre expresada por  $S$  es una magnitud de la misma naturaleza que la medida y se refiere, por tanto, a la misma unidad. Si el valor de  $S$  fuese elevado, no tendría sentido el valor medido, por lo que se supone la relación

$$S \lll x$$

El error  $S$  así definido se denomina **error absoluto**.

Para expresar la **calidad** de una medida se emplea el **error relativo** que se define como el cociente del error absoluto y el valor medio.

$$E_r = S / x$$

El valor de este error debe ser muy inferior a la unidad, y se acostumbra a expresarse en tanto por ciento.

La expresión del error absoluto como la variación de la magnitud en relación al valor de esta, responde al concepto de derivada, así, también se puede expresar:

$$E_r = dx / x$$

Por último, conviene siempre tener presente que todo error  $S$  es siempre

estimado, y por tanto, sujeto a una incertidumbre. Por eso no tiene sentido especificarlo con mucha precisión; una cifra significativa, o a lo más dos, suele ser suficiente para designar el error final de un resultado

#### **4.2. Propagación de errores.**

Las operaciones matemáticas con números inciertos dan lugar, a resultados también inciertos y es importante estimar el resultado a partir de los errores de los datos. En relación con los experimentos que requieren varias medidas para llegar al resultado final por aplicación de una fórmula. La importancia de las reglas que llamaremos de propagación de errores es doble. Por una parte, permiten asignar una incertidumbre al resultado final. Además, el estudio de la propagación de errores indica la importancia relativa de las diferentes mediciones primarias; esto permite al experimentador concentrar sus esfuerzos en aquellas medidas cuyas incertidumbres influyen mucho en el resultado buscado. Por este motivo el estudio de la propagación de errores debe realizarse antes de empezar a medir, para saber de antemano cuáles son las mediciones en las que hay que poner particular esmero.

A continuación, expondremos cómo se estiman los errores del resultado de manipular datos inciertos, desde el caso más sencillo de la suma de dos números hasta el más complicado, en que el resultado es cualquiera de datos inciertos.

#### **Error en la suma.**

Sean los datos iniciales  $x$ ,  $S_x$  e  $y$ ,  $S_y$ . Obtengamos el error absoluto de la función  $z$ , suma de  $x$  e  $y$

$$z = x + y$$

Así, el mayor valor de  $z$  se obtendrá con la suma de  $x$  e  $y$ , y los valores positivos de los errores; del mismo modo, el menor valor de  $z$  se obtendrá con los valores negativos de los éstos:

$$z_{\text{máx}} = x + y + S_x + S_y$$

$$z_{\text{mín}} = x + y - S_x - S_y$$

El error de  $z$  vendrá dado por la semidiferencia entre los valores máximos y mínimos de la variable, que como puede apreciarse será:

$$S_z = S_x + S_y$$

de donde,

$$z = (x + y) \pm S_z$$

De donde se deduce que el error de una magnitud obtenida a partir de la medida de dos variables, es la suma de los errores de cada una de las variables iniciales. Del mismo modo se demuestra que en el caso de la diferencia de dos variables  $x$  e  $y$ , el error de esta operación es también igual a la suma de los errores y no a su diferencia, como podría parecer.

### **Error en el producto.**

Analicemos ahora el producto de las variables  $x$  e  $y$  anteriores.

$$z = x y$$

Tomando logaritmos neperianos en ambos miembros obtenemos:

$$\ln z = \ln x + \ln y$$

Derivando esta expresión obtenemos

$$dz / z = dx / x + dy / y$$

expresiones que responden a los errores relativos de las variables, y donde  $dz = S_z$ , etc. De donde se deduce que el error relativo del producto es igual a la suma de los errores relativos de los factores.

La misma expresión obtendríamos si la variable analizada fuese el cociente de dos variables.

### **BIBLIOGRAFÍA.**

Fernández Ferrer J. "Iniciación a la Física". Ed. Reverté. 1984

Mataix. C. "Termodinámica y Máquinas Térmicas". Ed. ICAI. 1993.

## TEMA 45

# MECANISMOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS.

### ÍNDICE.

1. Introducción.
2. Transformación de movimientos.
3. Rectilíneo continuo en rectilíneo continuo.
  - 3.1. Palanca.
  - 3.2. Poleas.
4. Circular continuo en circular continuo.
  - 4.1. Transmisión por correas.
  - 4.2. Transmisión mediante engranajes.
  - 4.3. Transmisión por cadenas.
5. Circular continuo en rectilíneo continuo. Cremallera y tornillo.
  - 5.1. Transmisión por cremallera.
  - 5.2. El tornillo.
  - 5.3. El torno.
6. Rectilíneo alternativo en circular continuo. Biela-manivela.
7. Circular continuo en rectilíneo alternativo.
8. Mecanismos.
  - 8.1. El diferencial.
  - 8.2. Junta Cardan.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los adelantos tecnológicos conseguidos a lo largo de los años han estado muy relacionados con la capacidad para aprovechar la energía. El encanto de la energía reside en el hecho de que se puede transformar de una forma a otra. Todos los conversores de energía son ejemplos de máquinas.

Toda máquina está constituida por mecanismos sencillos. Un mecanismo es un dispositivo que transforma un movimiento y una fuerza de entrada en el movimiento y la fuerza deseados.



Estudiemos los mecanismos de transmisión y transformación de movimientos más importantes.

## 2. TRANSFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS.

Cabe distinguir en las máquinas tres movimientos principales:

- 1º. **Movimiento rectilíneo**, es decir, el de los órganos que se mueven en línea recta.
- 2º. **Movimiento circular**, es decir, el de los órganos que describen círculos.
- 3º. **Movimiento curvilíneo**, es decir, el de los órganos que describen curvas no circulares.

Dichos movimientos pueden ser continuos o alternativos.

Son **continuos** cuando tienen lugar siempre en el mismo sentido, y **alternativos** cuando se verifican en diversos sentidos, o cuando los órganos realizan vaivenes.

En las aplicaciones técnicas, ocurre con frecuencia la necesidad de transformar una clase de movimiento en otra.

Cada uno de estos seis movimientos pueden ser transformado en otro. En este tema estudiaremos las principales **transformaciones**, que son las siguientes:

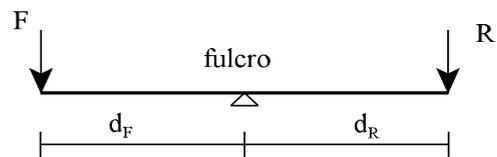
- 1ª. Rectilíneo continuo en rectilíneo continuo: palanca, polea fija y móvil y polipastos.
- 2ª. Circular continuo en circular continuo: correas, rodillos, engranajes y tornillo sin fin.
- 3ª. Circular continuo en rectilíneo continuo: cremallera y tornillo.
- 4ª. Rectilíneo alternativo en circular continuo: biela manivela.
- 5ª. Circular continuo en rectilíneo alternativo: excéntricas y levas.

### 3. RECTILÍNEO CONTINUO EN RECTILÍNEO CONTINUO.

#### 3.1. La palanca.

Sin duda fue éste uno de los primeros mecanismos que el hombre usó en sus actividades cotidianas.

Consiste en una barra que puede girar por un punto, fulcro. Si queremos vencer una resistencia ligada a la barra, hemos de realizar una fuerza, potencia, que cumple la siguiente relación.



$$F \cdot d_F = R \cdot d_R$$

ya que en el equilibrio, el momento respecto al eje de giro ha de ser nulo.

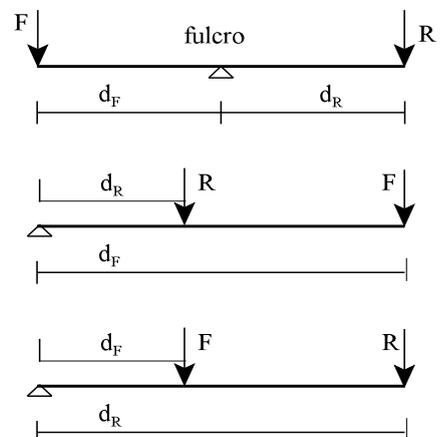
De este modo podemos enunciar la ley de la palanca del siguiente modo: la potencia por su brazo es igual a la resistencia por el suyo.

De este modo, cuanto mayor sea el brazo de potencia, menor será el esfuerzo necesario.

En función de la relación existente entre los tres componentes de una palanca, éstas se clasifican en palancas de primer género, de segundo y de tercer género.

En la palanca de primer género, el fulcro se encuentra entre las fuerzas, pudiendo ser el valor de la potencia tanto mayor como menor que la resistencia.

En la palanca de segundo género, la



resistencia se encuentra entre la potencia y el eje de giro, por lo que la potencia siempre será menor que la resistencia.

Finalmente, en las de tercer género, es la potencia la que se encuentra en disposición intermedia, y por tanto, su valor siempre será superior al de la resistencia.

La palanca transforma movimientos circulares en circulares, pero cuando los ángulos de giro son pequeños, pueden ser considerados como rectilíneos.

### 3.2. Poleas.

Se aplica esta transformación cuando se trata de modificar la dirección y el sentido y aun la velocidad del movimiento.

Cuando sólo se trata de modificar la dirección o sentido del movimiento se hace uso de la **polea fija**.

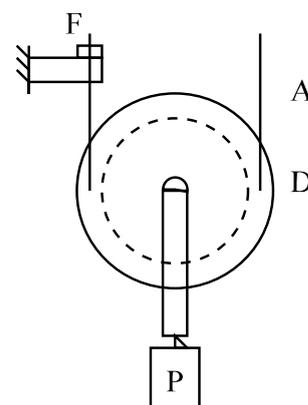
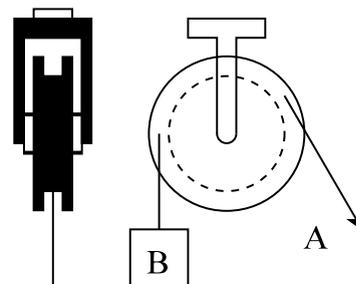
Consiste este aparato en una rueda, móvil, en una armadura. La llanta de la rueda está acanalada a fin de que se le pueda arrollar una cuerda.

La polea se llama fija cuando su armadura es inmóvil, o se halla suspendida de un punto fijo.

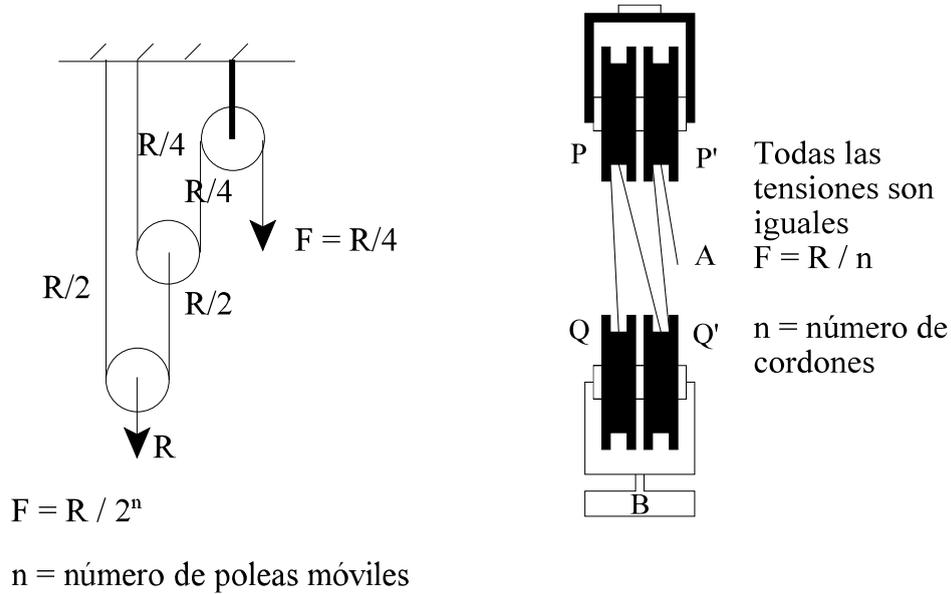
Es evidente que si el extremo A de la cuerda de la figura avanza determinada longitud, el extremo B avanzará una longitud igual, cambiando solamente la dirección y el sentido del movimiento.

Cuando se desea modificar a la vez la dirección y sentido y la velocidad de movimiento, se puede emplear poleas móviles o polipastos.

En la **polea móvil** uno de los extremos de la cuerda está fijo en un punto (F en nuestra figura). La rueda está sostenida por la cuerda, y de su armadura pende el peso que se desea desplazar. En el caso indicado en la figura, en que las dos porciones de la cuerda son paralelas (y este caso es el más frecuente), se observa fácilmente que al ascender el punto D de la cuerda ascenderá también la armadura; pero mientras el peso asciende  $t$ , la cuerda pasa de la posición D a la A, de valor  $2t$ .



Los **polipastos** son combinaciones de poleas que permiten reducir el valor de la potencia necesaria para vencer la carga que queremos elevar. Pueden configurarse mediante dos conjuntos de poleas montados sobre dos ejes, o



conectadas unas entre otras. En la figura adjunta se representan dos de estas posibles conexiones. Para determinar el esfuerzo necesario, basta con realizar el equilibrio de fuerzas en cada polea.

El **símbolo** de la polea es el de la figura adjunta.

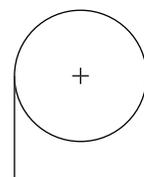
#### 4. CIRCULAR CONTINUO EN CIRCULAR CONTINUO.

En esta transformación, sin alterar la naturaleza del movimiento, se cambia de eje de rotación y de velocidad de giro.

Se emplean para ello correas, engranajes, tornillo sin fin y cadenas.

##### 4.1. Transmisión por correas.

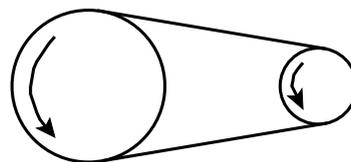
La correa sirve para transmitir el movimiento de rotación de una polea a otra: los ejes de ambas poleas pueden ser paralelos u oblicuos entre sí. La **correa** es una tira de cuero, caucho



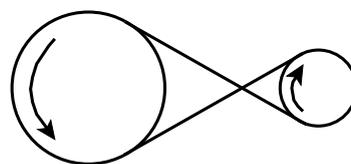
vulcanizado u otro material, con los extremos unidos abrazando ambas poleas.

La **forma** de las llantas de las poleas no es acanalada, sino plana o combada, para evitar que la correa salte de la polea.

Cuando se desea que los movimientos de **rotación** de ambos ejes se verifiquen en el **mismo sentido**, la correa se dispone en la dirección de las tangentes exteriores a ambas poleas y recibe el nombre de abierta.



Cuando se quiere **invertir el sentido** del movimiento de rotación, se dispone la correa en la dirección de las tangentes interiores y se denomina cruzada.



En ambos casos la correa es arrastrada por movimiento de rotación de la primera polea (motriz, conductora o primaria) y arrastra a su vez a la segunda polea (secundaria, conducida o arrastrada), determinando su rotación; más para ello es preciso que la correa no resbale sobre las llantas.

Las principales **aplicaciones y ventajas** de este sistema de transmisión son las siguientes.

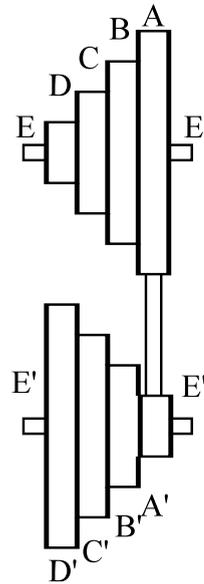
- a) Permite la transmisión del movimiento entre ejes separados a gran distancia.
- b) Son más flexibles que las cadenas y los engranajes, asimilando mejor las vibraciones.
- c) Son más económicas.
- d) Producen un reducido nivel de ruido.
- e) No precisan lubricación.

Frente a las ventajas anteriores, tenemos los siguientes **inconvenientes**.

- a) No pueden transmitir grandes potencias, la correa no admitiría tanta tensión.
- b) Existe deslizamiento, produciendo una pérdida de potencia.
- c) Existe riesgo de desprendimiento.

En muchas ocasiones es conveniente que las máquinas puedan trabajar a **distintas velocidades** de giro. Las **poleas escalonadas** y las **poleas-conos** permiten modificar el régimen de rotación.

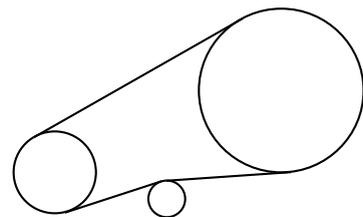
Las **poleas escalonadas** consisten en un árbol motor (EE) en el que se fijan varias poleas de diámetros gradualmente menores. En el árbol conducido (E'E') se fijan el mismo número de poleas, enfrentadas con las del árbol motor y con diámetros gradualmente mayores. Es evidente que las velocidades serán distintas según que la correa abrace las poleas AA' o las BB', CC', etc, es decir, posee tantas velocidades como pares de poleas enfrentadas. Para que la correa se mantenga tensa en todas sus posiciones, es necesario que la suma de los radios de las poleas de todos los pares sea constante.



Las **poleas-conos** formadas por dos troncos de cono dispuestos en sentidos inversos, tienen igual objeto que las poleas escalonadas. La ventaja frente a las escalonadas es que permiten una variación continua de la velocidad.

Las correas pueden ser usadas para transmitir el movimiento entre **ejes no paralelos**. La condición única y suficiente para que la correa se mantenga en su posición es: *el punto en que la correa se separa de cada polea debe hallarse en el plano de la otra polea*. Esta condición permite la transmisión del movimiento tanto entre ejes perpendiculares como en entre ejes que se cruzan, necesitando en este último caso de una **polea guía**.

Existen situaciones en las que la **tensión** de la correa **no es suficiente**, produciéndose resbalamiento de ésta con respecto a la llanta. Para aumentar esta tensión se emplean los **rodillos de tensión**, que se disponen de manera que aumenten la tensión en la correa.



La **relación cinemática** entre las dos poleas queda definida por sus dimensiones. Es evidente que la velocidad lineal en la circunferencia es la misma para ambas poleas, pues ha de ser igual a la de todos los puntos de la correa. Si la correa no sufre resbalamiento, las velocidades lineales  $v$  y  $v'$  serán iguales y,

$$v = \omega \cdot R \quad v' = \omega' \cdot R'$$

$$\omega \cdot R = \omega' \cdot R'$$

En mecanismos, se establece una relación entre las velocidades angulares de los ejes motor y conductor denominada **relación de transmisión**. Ésta se define

como el cociente entre la velocidad de giro del eje conducido y la velocidad de giro del eje motriz.

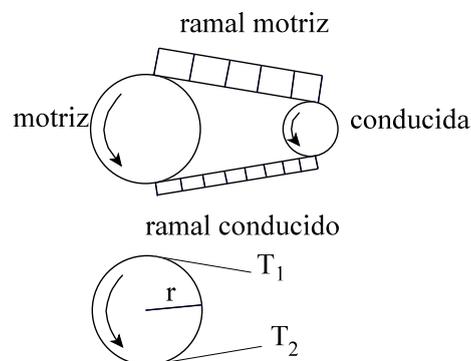
$$\text{r.d.t.} = \frac{\omega_{\text{cond}}}{\omega_{\text{motriz}}}$$

tomando también en este caso, la forma:

$$\text{r.d.t.} = \frac{\omega_{\text{cond}}}{\omega_{\text{motriz}}} = \frac{R_{\text{motriz}}}{R_{\text{cond}}}$$

Además de esta relación cinemática es común establecer una relación geométrica de importancia, la **longitud de la correa**, que es función de los radios de las poleas y de la distancia entre éstas.

Sin profundizar en el aspecto estático y dinámico de estos mecanismos, es importante describir el **comportamiento tensional** de las correas. Del mismo modo que distinguimos una polea motriz y otra conducida, los ramales de la correa también se distinguen del mismo modo. El ramal que arrastra la polea conducida estará sometido a mayor tensión que el conducido.



Si el par aplicado al eje motor es M,

$$M = (T_1 - T_2) \cdot r$$

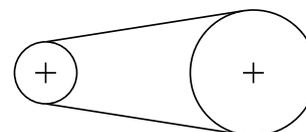
A partir de  $T_1$  también podemos dimensionar la correa con los datos de la tensión máxima admisible.

Las correas y las poleas pueden presentar algunas variantes: son las correas trapezoidales y las correas dentadas.

Las **correas trapezoidales** aumentan el contacto con la llanta de la polea, que presenta la misma forma trapezoidal. Este hecho permite la transmisión de una potencia mayor. Son más caras que las correas convencionales.



Las **correas dentadas** presentan un dentado en su cara interior, el cual se sincroniza con el dentado idéntico que presenta la llanta de la polea. La mayor ventaja es la sincronización del movimiento. El mayor inconveniente es su coste.



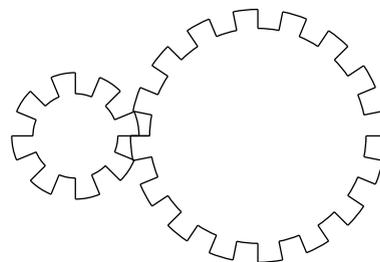
La representación gráfica de una transmisión por

correas es la indicada en la figura adjunta.

#### 4.2. Transmisión mediante engranajes.

Los engranajes son órganos mecánicos destinados a transformar un movimiento circular continuo en otro movimiento circular continuo.

La primera variante desarrollada en los engranajes, fue el **rodillo de fricción**, que transmitía el movimiento por simple contacto entre las ruedas. Cuando fue necesario transmitir esfuerzos considerables, se armaron las circunferencias de crestas llamadas dientes; y los intervalos, llamados huecos, comprendidos entre los dientes sirven para recibir los dientes de la otra rueda.



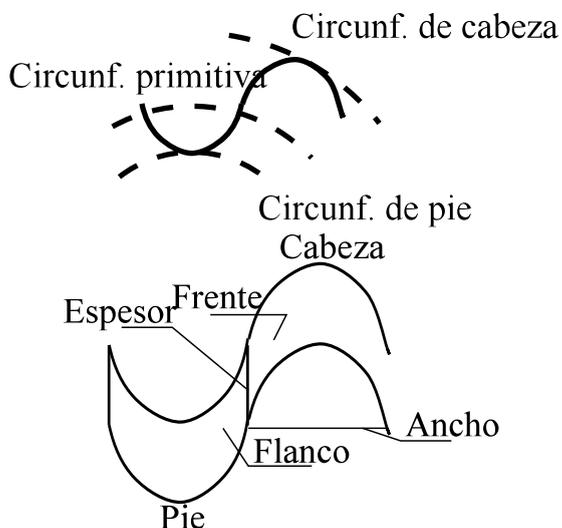
Generalmente se denomina **rueda** al mayor de los engranajes y **piñón** al menor.

Las **características** que presenta la transmisión por engranajes son:

- a) Permite la transmisión de mayores potencias.
- b) El movimiento es sincrónico.
- c) Disminuye el riesgo de desprendimiento.
- d) El coste del mecanismo es elevado.
- e) No permite transmisiones de ejes situados a grandes distancias.

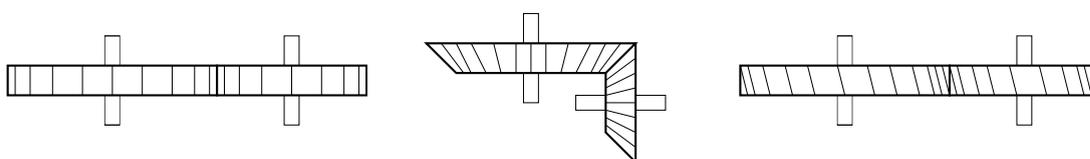
Aunque existen variaciones de unos **engranajes** a otros, las principales partes de un engranaje son la circunferencia **primitiva**, que representa el engranaje como si de una rueda lisa se tratara; circunferencia de **cabeza** y **de pie**, que pasan por la parte superior e inferior del diente respectivamente, como indica la figura.

Las partes principales del **diente**, representadas gráficamente, son la cabeza o adendum, el pie o dedendum, el espesor, la



anchura, el frente y el flanco.

Las ruedas destinadas a árboles paralelos tienen una forma cilíndrica y se denominan engranajes rectos o **cilíndricos**. Para árboles que se cortan, las ruedas deben tener forma cónica y se las llama engranajes **cónicos**. Si los ejes se cruzan, los engranajes empleados son **helicoidales**.



Estos últimos son también empleados para la transmisión entre ejes paralelos y ejes que se cortan, presentando la ventaja de ofrecer una mayor superficie de contacto entre los dientes, lo que les permite aumentar la potencia de transmisión.

Para el dimensionamiento de los engranajes se emplea el **módulo (M)**, definido como el cociente entre el diámetro primitivo del engranaje (D) y el número de dientes (Z).

$$M = D/Z$$

Todas las dimensiones de los engranajes se establecen en relación a M. Así, el adendum, según la norma UNE, debe ser igual a 1 M, mientras que el dedendum debe ser 1'5 M. Sin embargo una condición más relevante es la **armonía de los engranajes**, dos engranajes deben tener el mismo módulo para que puedan ser acoplados.

Del mismo modo que en cualquier transmisión, se establece la relación de transmisión para cualquier tipo de engranaje como,

$$r.d.t. = \frac{D_{cond}}{D_{motriz}} = \frac{Z_{motriz}}{Z_{cond}}$$

dado que el diámetro puede ser función del módulo,

$$r.d.t. = \frac{Z_{motriz}}{Z_{cond}}$$

Otro parámetro muy utilizado para determinar la dimensión de los engranajes es el **paso circular**, que se define como la distancia medida sobre la circunferencia primitiva que separa dos puntos idénticos de dos dientes consecutivos. Así, el paso puede determinarse mediante el cociente entre la longitud de la circunferencia y el

número de dientes.

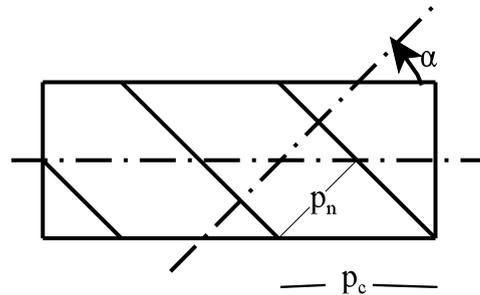
$$p = \pi \cdot D / Z = \pi \cdot M$$

En el caso de los engranajes helicoidales, podemos definir dos pasos, el circunferencial ( $p_c$ ), que es perpendicular al eje de rotación, y el normal ( $p_n$ ), perpendicular a la hélice del diente.

Como se puede deducir trigonométricamente de la figura,

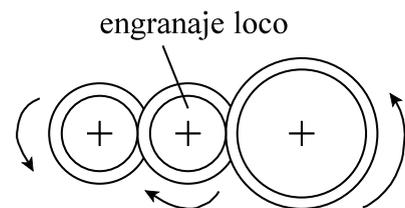
$$p_n = p_c \cdot \cos \alpha$$

En este tipo de dientes, la relación de velocidades será también el cociente de velocidades angulares y la relación inversa del cociente del número de dientes. Pero para que dos ruedas con dientes helicoidales estén en armonía, el módulo normal debe ser el mismo en ambas. Además, hay que tener en cuenta que la dimensión de un engranaje siempre se da por el diámetro de su circunferencia primitiva. De este modo se puede establecer la siguiente relación:

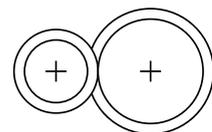


$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{d_1 \cdot m_{e2}}{d_2 \cdot m_{e1}} = \frac{d_1 \cdot m_n \cdot \cos \alpha_1}{d_2 \cdot m_n \cdot \cos \alpha_2} = \frac{d_1 \cdot \cos \alpha_1}{d_2 \cdot \cos \alpha_2}$$

Como hemos tenido oportunidad de observar, cuando un engranaje gira en un sentido, el otro es arrastrado en sentido contrario. Para permitir que ambos engranajes puedan girar en el mismo sentido se intercala entre ambos un engranaje, al que se denomina **engranaje loco**.

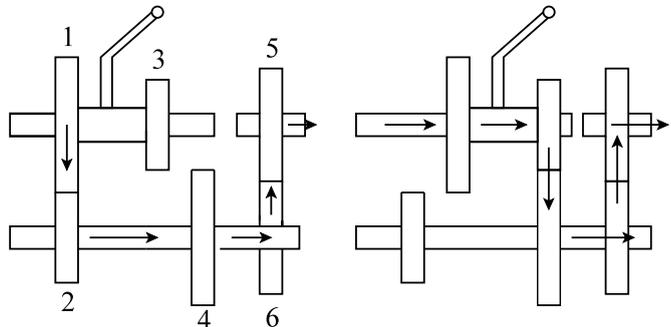


La representación gráfica de la transmisión mediante el empleo de engranajes es la indicada en la figura.



Los engranajes permiten variar la relación de transmisión mediante el empleo de los **trenes de engranajes**. En la figura se ha representado el esquema de una caja de cambios, que es el mecanismo que nos permite variar la velocidad de giro de las ruedas, es decir, variar la velocidad del vehículo.

Para obtener la relación de transmisión en un tren de engranajes, sólo hay que multiplicar las relaciones de transmisión de un eje a otro, contabilizando todos ellos, en nuestro ejemplo, tendríamos una relación de transmisión en sendos casos de,

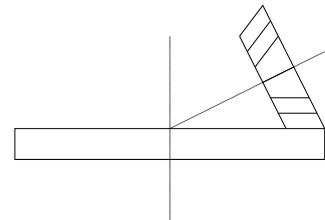


$$\text{r.d.t.} = Z_1 / Z_2 : Z_6 / Z_5$$

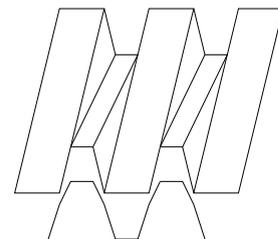
$$\text{r.d.t.} = Z_3 / Z_4 : Z_6 / Z_5$$

Como **variación** de los tipos de engranajes estudiados veamos, la rueda de plato y el tornillo sin fin.

La **rueda de plato** es una variante de los engranajes cónicos. Cuando una de las ruedas "recorre" la superficie de la otra, que ya no presenta los dientes en la llanta, sino en la cara.



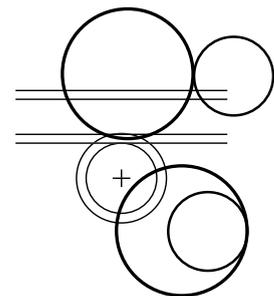
El **tornillo sin fin** consiste en una rueda helicoidal que engrana con un tornillo, éstos permiten la transmisión del movimiento entre ejes que se cruzan y entre ejes perpendiculares. Tienen una relación de transmisión elevada, si suponemos que el eje motor es la rueda,



$$\text{r.d.t.} = \frac{\text{tornillo}}{\text{rueda}} = Z_{\text{rueda}} / Z_{\text{tornillo}}$$

sabiendo que  $Z_{\text{tornillo}}$  es el número de dientes por vuelta, que puede ser de 1 a 3, lo que da idea de la r.d.t. a que puede dar lugar. Esta característica es la más importante de este sistema de transmisión.

El número de dientes  $Z_{\text{tornillo}}$  es el número de "dientes", hay que observar que el tornillo sin fin solo tiene un diente con forma de hilo o de rosca helicoidal, que engranan con la rueda helicoidal.



El símbolo gráfico del tornillo sin fin y rueda helicoidal se indica en la representación gráfica siguiente.

Finalmente, y aunque podrían tratarse en un apartado diferente, dada la similitud con los engranajes, estudiaremos las **ruedas de fricción**, que también pueden presentarse en forma de conos.

Consiste este mecanismo en dos discos cuyas superficies laterales se encuentran en contacto. Cuando una de las ruedas gira, arrastra a la segunda rueda en un giro contrario debido al rozamiento que existe entre sus superficies. Se supone que este hecho tiene lugar sin deslizamiento, es decir, las velocidades lineales de los puntos de contacto son iguales.

Las ruedas de fricción, al igual que los engranajes pueden estar en contacto de manera interior o exterior. La relación de velocidades se obtiene del mismo modo, como cociente de velocidades angulares o de la relación inversa de los radios.

Su aplicación se limita al caso en el que las potencias transmitidas sean muy pequeñas, de lo contrario existe riesgo de deslizamiento.

#### **4.3. Transmisión por cadenas.**

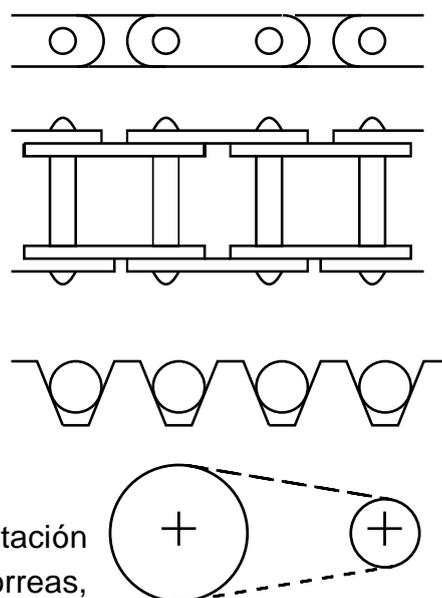
La transmisión mediante el empleo de cadenas puede ser considerada como una alternativa intermedia entre las correas y los engranajes.

Las **similitudes** con las **correas** es la transmisión del movimiento de un eje a otro empleando un elemento flexible, que en este caso está compuesto por un conjunto de eslabones articulados. Las ventajas fundamentales frente a la correa son la sincronización en la transmisión y el aumento de la potencia transmitida.

El parecido con los **engranajes** estriba en la naturaleza de las ruedas, cuya llanta está constituida por dientes que engranan con los eslabones de la cadena. En este sentido permiten la transmisión del movimiento entre ejes situados a mayor distancia.

Las **desventajas** más notables son, además de su coste, el ruido en la transmisión y las tensiones en la cadena. Además existe la necesidad de lubricar las partes metálicas para facilitar el funcionamiento.

Como se aprecia en la figura, la representación gráfica es idéntica a la transmisión por correas,



distinguiéndose de ésta por el trazo discontinuo de la cadena.

La relación de transmisión se puede establecer entre las velocidades angulares, los radios o el número de dientes,

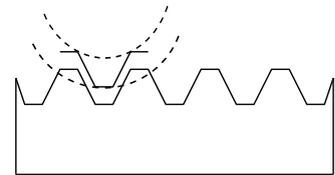
$$r.d.t. = \frac{v_{cond}}{v_{motriz}} = \frac{D_{motriz}}{D_{cond}} = \frac{Z_{motriz}}{Z_{cond}}$$

## 5. CIRCULAR CONTINUO EN RECTILÍNEO CONTINUO. CREMALLERA, TORNILLO y TORNO.

### 5.1. Transmisión por cremallera.

La **cremallera** puede ser considerada como un sistema de engranajes en el que una de las ruedas presenta un radio infinito, convirtiéndose en una barra dentada. Este mecanismo transforma el movimiento circular continuo en rectilíneo también continuo.

La relación cinemática entre la velocidad de giro del engranaje y la velocidad lineal de la cremallera es fácilmente establecida, dado que la velocidad lineal de la llanta de la rueda es idéntica a la de la cremallera.

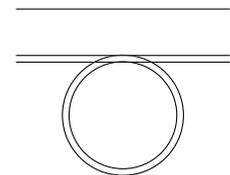


Si expresamos la velocidad lineal de la cremallera tendremos,

$$v_{crem} = v_{eng} \cdot R$$

En otras ocasiones, se establece la velocidad de la cremallera en función del número de dientes. Es decir, si el engranaje tiene  $Z$  dientes, y la cremallera dispone de  $l$  dientes por unidad de longitud, cada vuelta de aquél supondrá una longitud recorrida de la cremallera de  $L = l \cdot z$ .

El símbolo que identifica una transmisión de piñón cremallera es el indicado.

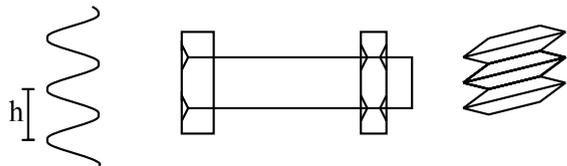


### 5.2. El tornillo.

Es otra manera de transformar el movimiento circular continuo en movimiento rectilíneo continuo.

Un tornillo está formado por un cuerpo cilíndrico que lleva arrollada en hélice una cresta, la cual recibe el nombre de hilo, rosca o **filete**, representado en la figura en forma triangular, aunque puede ser cuadrado, curvo, trapecial.

El tornillo penetra en una pieza, denominada **tuerca**, que presenta en hueco la misma forma que el tornillo en relieve. La distancia entre dos vueltas del filete, medida paralelamente al eje del tornillo, recibe el nombre de **paso de rosca**, representada por  $h$  en la figura.



Si se supone fija la tuerca, cada vez que el tornillo efectúe un giro completo habrá penetrado en la tuerca una longitud igual al paso: si, en cambio, el tornillo es sólo capaz de moverse alrededor de su eje, y la tuerca puede sufrir traslaciones paralelamente a dicho eje, a cada vuelta completa del tornillo la tuerca avanzará una longitud igual al paso. Ordinariamente la cabeza del tornillo está armada de una cabeza. Si llamamos  $R$  al radio de dicha rueda o a la longitud de la barra a partir del centro, el camino recorrido por el extremo, en una vuelta completa, será igual a  $2\pi \cdot R$ ; si  $h$  representa el paso de rosca,  $h$  será también el camino que el tornillo o la tuerca avanzarán durante el mismo tiempo. Siendo  $V$  la velocidad en la circunferencia de la rueda y  $v$  la del extremo del tornillo, en la dirección del eje,

$$V / v = R / h$$

si conocemos la velocidad angular de giro del tornillo, a cada vuelta de éste, el avance en la dirección del eje será igual al paso de rosca,

$$v = \omega \cdot h$$

### 5.3. El torno.

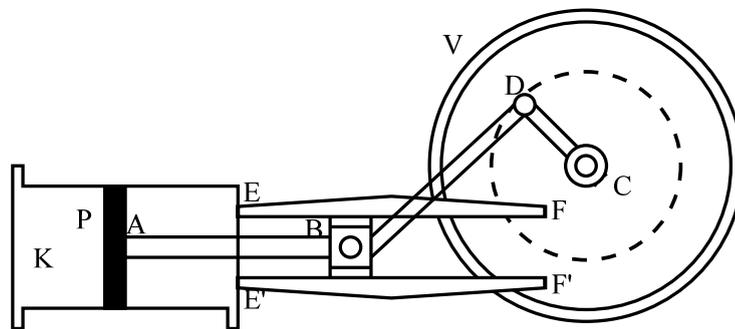
Consiste en un cilindro que puede girar alrededor de su eje y al cual se arrolla una cuerda. Uno de los extremos de la cuerda se fija al cilindro y del otro se cuelga una resistencia.

Si sobre el eje del cilindro se dispone una manivela de brazo de giro  $R$ , se puede establecer el equilibrio de este mecanismo aplicando la ley de la palanca. Si  $P$  es la resistencia en la cuerda,  $F$  la potencia aplicada y  $r$  el radio del cilindro, tendremos:

$$F \cdot R = P \cdot r$$

## 6. RECTILÍNEO ALTERNATIVO EN CIRCULAR CONTINUO. BIELA-MANIVELA.

El sistema biela-manivela permite transformar el movimiento circular en rectilíneo alternativo, y viceversa. Sin embargo, suele usarse otro sistema, las excéntricas, para el caso de partir de movimiento circular y obtener rectilíneo. Las levas o excéntricas serán estudiadas en el punto siguiente.



La principal aplicación de esta transformación es la del pistón enlazado a la biela y la manivela en los motores de combustión interna y máquinas de vapor, si bien también está presente en muchas máquinas herramientas y máquinas domésticas.

Nos apoyaremos en el motor de combustión para describir este mecanismo. Sean AB la espiga del émbolo P de un cilindro K guiada por las deslizaderas FE y F'E', y BD una biela articulada a una manivela CD fijada al eje del volante V. Si la espiga AB presenta un movimiento rectilíneo alternativo, la manivela, y por consiguiente el volante, toman un movimiento circular continuo. Recíprocamente, si se imprime al volante un movimiento circular continuo, la espiga comunica al pistón un movimiento rectilíneo alternativo. Es evidente que la longitud de la manivela es igual a la mitad de la carrera del pistón (sabiendo que la carrera es la distancia recorrida por el pistón entre sus puntos extremos).

En este sistema de transformación, la razón de las velocidades no es constante. Si el botón D de la manivela describe, por ejemplo, arcos iguales en tiempos iguales, el punto B de la biela, en el mismo tiempo, no recorre longitudes iguales.

Si no consideramos más que las velocidades medias durante el tiempo  $t$ ,

tendremos que mientras el punto D recorre una circunferencia entera, el punto B recorre un espacio igual a cuatro veces CD, es decir, dos veces la carrera del pistón. Por consiguiente, las velocidades están en la razón de 2 a 1, y la velocidad del punto D es vez y media mayor que la velocidad media del punto B,

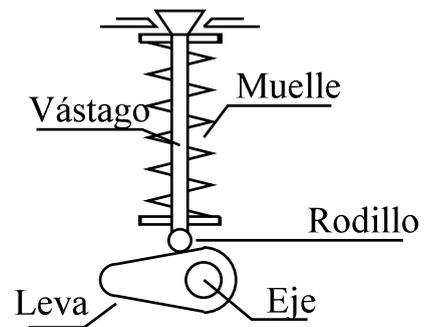
$$\frac{V}{V'} = \frac{2 \pi CD / t}{4 CD / t} = \frac{\pi}{2} \approx 1.5$$

## 7. CIRCULAR CONTINUO EN RECTILÍNEO ALTERNATIVO.

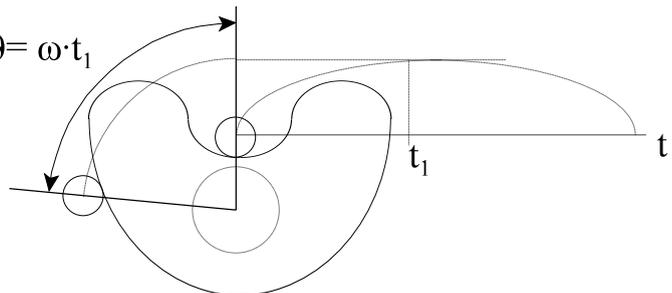
Las **excéntricas o levas**, que constituyen una de las piezas de transformación más empleadas, desempeñan iguales funciones que una biela-manivela, y sirven para transformar el movimiento circular continuo en rectilíneo alternativo; más el rozamiento que determinan les impide producir la transformación inversa.

Su principal aplicación la encontramos en el movimiento de las válvulas de distribución en los motores y en las máquinas herramientas. En la figura se ha representado la leva más extendida, la empleada para la apertura y cierre de las válvulas en un motor de combustión.

Describiremos el funcionamiento de este sistema a partir de la figura. La leva es coaxial con un eje que se encuentra en movimiento. Al girar ésta, el vástago que se apoya sobre su superficie a través de un rodillo de manera permanente gracias a un muelle, ve forzado su movimiento hacia arriba o hacia abajo, en función de la parte de la leva que esté situada en contacto con el rodillo.



En el gráfico superior se ha estudiado el movimiento relativo del rodillo sobre la leva, es decir, suponemos que la leva se mantiene inmóvil, mientras el rodillo se desliza por su superficie.  $\theta = \omega \cdot t_1$ . Al transcurrir un tiempo  $t_1$ , el rodillo recorre un ángulo  $\theta$ , que corresponde a  $\omega \cdot t_1$ . Si suponemos que para  $t_0$ , el vástago se encuentra en su punto más bajo,



la altura del rodillo, y por tanto del extremo del vástago para  $t_1$  será la longitud del radio trazado desde el centro de la leva hasta el centro del rodillo situado en el ángulo .

Existen multitud de perfiles de levas. Es corriente que el dato de partida sea el diagrama de varilla, representado en la figura, y a partir de él obtener el perfil de la leva correspondiente.

## **8. MECANISMOS.**

Bajo este epígrafe se analizan algunos mecanismos algo más complejos y de amplia aplicación industrial. Los mecanismos que vamos a estudiar son el diferencial y la junta cardan.

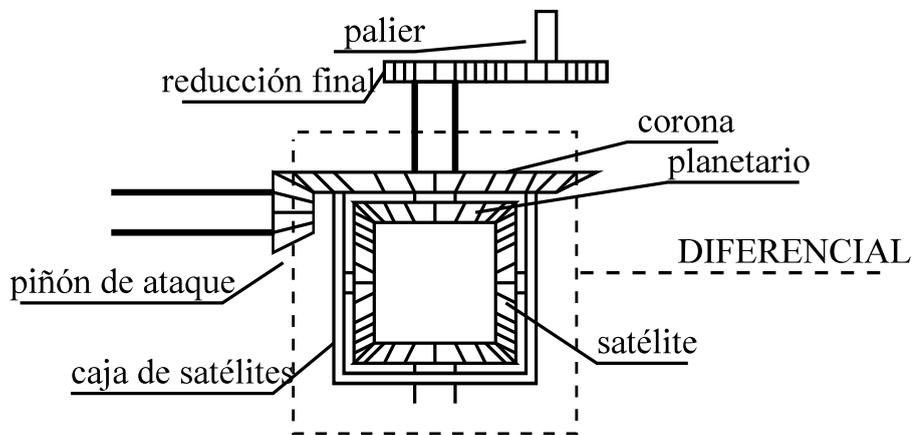
### **8.1. El diferencial.**

Si los dos ejes que van a las ruedas de un vehículo estuviesen unidos solidariamente en el centro, al intentar dar una curva, patinaría la rueda de menor recorrido.

Este inconveniente se evita con el diferencial, que tiene por misión permitir diferente velocidad de giro en cada una de las ruedas, facilitando la maniobra en las curvas.

El diferencial va colocado a continuación de la caja de cambios, y su funcionamiento es el siguiente. Del eje de la caja de cambios recibe el movimiento el piñón de ataque, que, a su vez, se los transmite a la corona. La corona, al girar, arrastra a la caja de satélites y ésta, a través de sus ejes, a los satélites. A su vez, los satélites engranan con los planetarios, a los cuales van unidos los respectivos ejes que van a las ruedas (palieres).

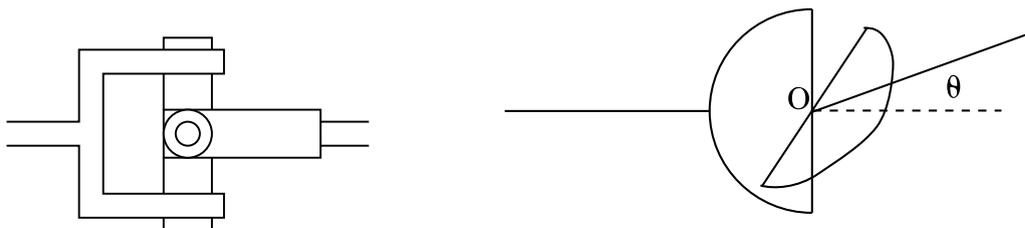
Cuando el vehículo va en línea recta, los satélites van volteándose junto con la corona, arrastrando a los dos planetarios y dando las dos el mismo número de vueltas. Pero si una de las ruedas se frena totalmente, el planetario correspondiente también permanecerá en reposo, y entonces, no sólo irán volteándose, sino que además girarán sobre su eje, pues al ir rodando sobre el planetario en reposo es la única forma de que pueda proseguir su movimiento de volteo, transmitiendo, por tanto, a través del otro planetario a la rueda en movimiento las revoluciones que no da la rueda parada. El caso intermedio ocurre en las curvas, cuando una de las ruedas se va frenando parcialmente. La otra rueda va aumentando sus revoluciones en el mismo número que pierde la otra.



## 8.2. Junta Cardan.

Este mecanismo permite la transmisión del movimiento de un eje a otro, con el que forma un cierto ángulo .

Los ejes se articulan en un punto O, a través de sendas crucetas dispuestas perpendicularmente entre sí, pero permitiendo que el eje conducido forme un cierto ángulo con el motriz.



Cuando el ángulo es superior a  $45^\circ$ , es común el empleo de una doble junta cardan, conocida como Junta de Hooke.

La junta cardan se emplea para ejes no alineados y requieren ser usadas por pares.

Para evitar esta situación se puede hacer uso de las **juntas homocinéticas**, que cumplen la misma misión que las juntas cardan, pero pueden ser usadas aisladamente. otra ventaja de este tipo de acoplamientos es que permiten un mayor ángulo entre los ejes.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Kozhevnikov. "Mecanismos". Ed. Gustavo Gili. 1980.

Moulán. Ph. "Mecánica Industrial". Ed. Gustavo Gili. 1912.

## TEMA 52

# **INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN: ELEMENTOS COMPONENTES Y SU FUNCIONAMIENTO. CIRCUITOS CARACTERÍSTICOS.**

### **ÍNDICE.**

1. Introducción.
2. Emisores de calor.
  - 2.1. Radiadores y paneles.
  - 2.2. Paramentos radiantes.
  - 2.3. Convectores.
3. Distribución en los sistemas de calefacción.
  - 3.1. Canalizaciones.
  - 3.2. Accesorios en la red de distribución.
4. Aparatos generadores.
  - 4.1. Sala de máquinas.
5. Circuitos característicos.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

La importancia que ha ido adquiriendo el consumo energético de las instalaciones térmicas no industriales y su potencial incremento como consecuencia del aumento del nivel de vida en nuestro país, junto con las especiales características de consumo final, sin obtención del valor añadido a ningún producto, merecen la atención de este tema.

Encontrándose estrechamente ligadas las cuestiones de ahorro energético con las de contaminación, calidad y seguridad tanto en las instalaciones de calefacción como en las de climatización y agua caliente, la Administración aprobó en 1980 el Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo energético.

A lo largo del tema se tendrá en cuenta lo establecido en el citado Reglamento así como el desarrollo del mismo que tuvo lugar en 1981 mediante la Orden por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias denominadas IT.IC.

## **2. EMISORES DE CALOR.**

Los emisores de calor pueden clasificarse en puros y emisores-productores. Los segundos emiten el calor que ellos mismos producen.

En función del fluido empleado en el transporte de calor se pueden clasificar en emisores por agua, vapor o aire.

Los emisores que emplean aire no poseen superficies de calefacción, en ellos el aire caliente pasa a las habitaciones por rejillas. Los emisores para agua y para vapor son muy similares en cuanto a la forma de su empleo.

Las superficies emisoras de calor han de cumplir las siguientes requisitos generales:

- La emisión de calor debe ser suave y uniforme.
- Ningún punto accesible tanto del emisor como de la instalación se superarán los 90°C.
- No tostar el polvo, así como disponer de superficies en las que se deposite poco polvo.
- Antes de cada superficie de calefacción se pondrá una válvula de asiento de

doble reglaje (una de ellas no accesible al usuario) para regulación del circuito y del calor emitido por el elemento calefactor.

- Ubicación adecuada dentro de la habitación o local.
- Tener superficies en las que se deposite poco polvo.
- Además deben ser de fácil desmontaje y mantenimiento, así como accesibles.

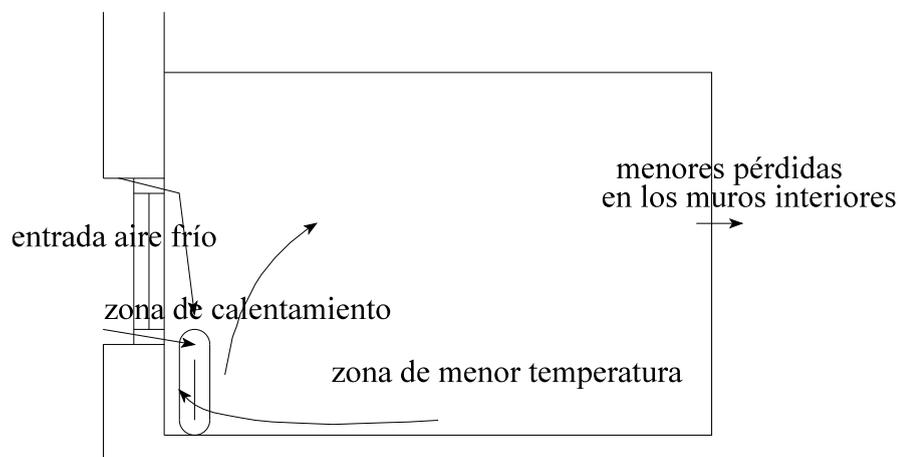
Los principales emisores de calor son los radiadores y paneles, los convectores, las superficies radiantes, aerotermos; y menos empleados los radiadores de circuito estanco y los radiadores infrarrojos.

### **2.1. Radiadores y paneles.**

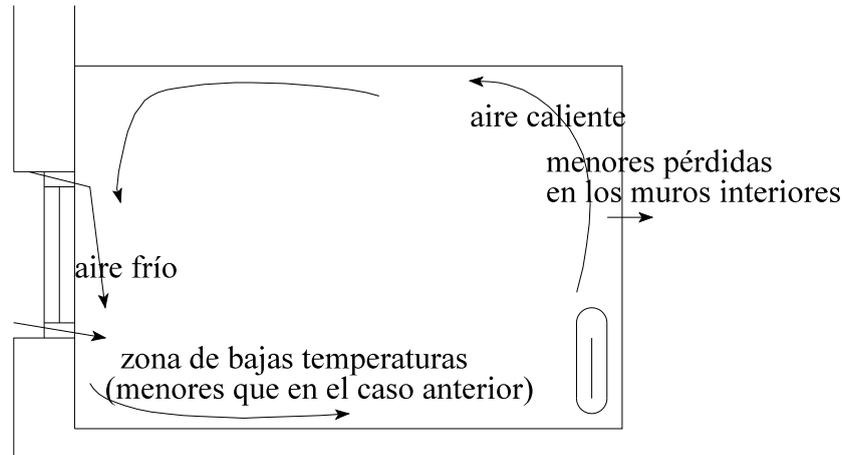
El radiador ha sido y sigue siendo el emisor de calor más empleado. Al igual que otros emisores, transfieren la energía térmica mediante convección, es decir, el aire en contacto con la superficie se calienta, disminuyendo su densidad y pasando a ocupar la parte más alta, quedando el fluido frío en la parte baja. Esta circulación recibe el nombre de corriente de convección.

La distancia a la que deben colocarse los radiadores será como mínimo de 4 cm de la pared y 10 cm del suelo, si bien los paneles pueden ponerse más cerca de la pared. La localización más favorable es bajo las ventanas, lo más cerca posible de ellas. La ventana es el cerramiento de menor resistencia térmica. Además, las pérdidas con el exterior es conveniente compensarlas allí donde tiene lugar.

Las filtraciones de aire exterior entran así en contacto con el emisor y procediendo a su calentamiento. Si dispusiéramos el emisor en oposición a la ventana, se produciría un mayor flujo de aire frío por toda la habitación. Las figuras

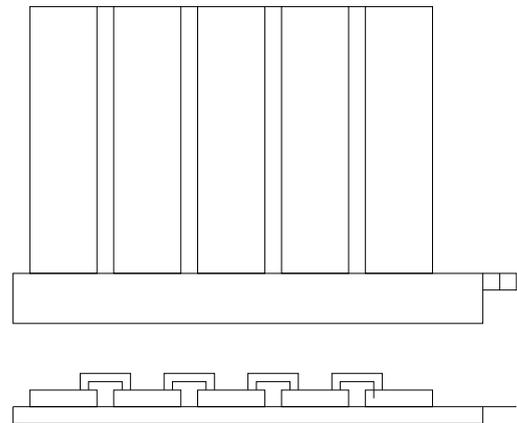


siguientes explican este hecho e indican la circulación de aire en cada caso.



Cuando la situación del emisor es enfrentada con la ventana, puede producirse el efecto chimenea; el aire caliente procedente del emisor asciende y la corriente de aire va cercana al techo hacia la ventana; el aire en las proximidades de ésta se enfría, descendiendo y cercano al suelo va hacia el radiador.

Los radiadores se fabrican en chapa de acero estampada, fundición y aluminio. Los paneles presentan una superficie paralela al paramento donde se instalan; se fabrican sencillos, dobles (dos caras calefactoras) y con convector. Los **convectores** son unos canales formados por chapa que se emplea en calentar aire, tal y como muestra la figura adjunta.



Los radiadores y paneles suelen calcularse para temperaturas del fluido entre 70 y 90°C para condiciones exteriores extremas, o con vapor a baja presión y temperaturas superiores. Su regulación se hace por medio de llaves de paso con las que se varía el caudal que los atraviesa; sin embargo, esta regulación no es demasiado precisa. Normalmente es preferible la regulación por temperatura de ida en la salida de la caldera.

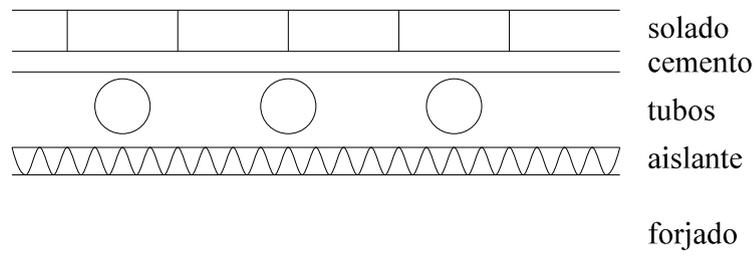
## **2.2. Paramentos radiantes.**

Consiste en la instalación de las conducciones del sistema de calefacción empotrados en los paramentos, techo o suelo de la vivienda. De este modo, el emisor es la propia superficie del paramento, techo o suelo.

Las principales ventajas son la supresión de los emisores a la vista, movimientos lentos de aire, buen reparto de temperaturas en el ambiente y reducción del consumo.

El mayor inconveniente estriba en los altos costes de instalación y la escasa flexibilidad para modificar la instalación.

Suponiendo que la instalación se instala bajo el solado, aunque en los otros casos se procederá de la misma manera, es necesario prever un espesor adicional en éstos para el alojamiento de los tubos y su protección de mortero de cemento, así como el aislante térmico necesario para que el calor se ceda solamente en la dirección deseada, como puede apreciarse en la figura inferior. En los suelos este espesor adicional es de unos 8 cm y algo más cuando el ambiente inferior no esta calefactado o se trata del exterior.



El reparto de las tuberías se hace de varios modos, como por ejemplo, acercando más las tuberías en las cercanías de las ventanas o bien haciendo la ida, en la que el agua va más caliente, por esa zona.

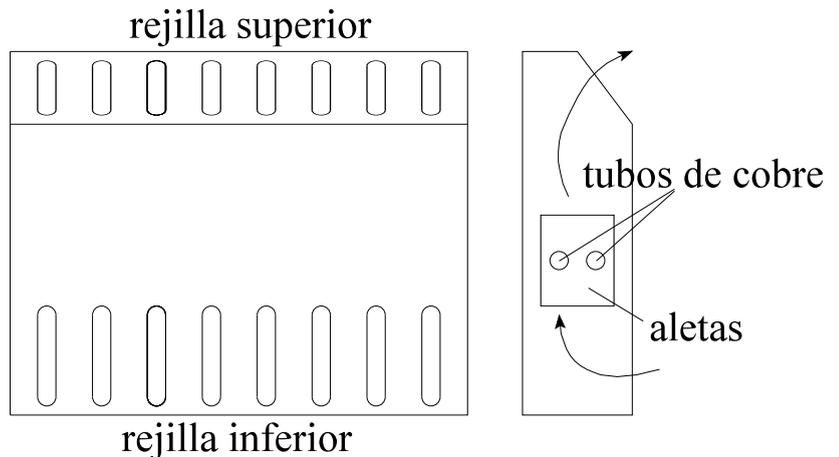
En general los tubos serán de acero estirado sin soldadura, cobre o material plástico homologado para este uso, con un diámetro interior mínimo de 15 mm, se recubrirán de mortero de cemento no agresivo al menos en 2 cm. Los tubos se probarán a una presión de 3 MPa antes de ser recubiertos.

### 2.3. Convectores.

Podemos decir que un convector no es más que un radiador al que se le aumenta la capacidad de transmisión del calor por convección; para lo cual se le dispone dentro de una estructura con dos rejillas, una inferior para la entrada del aire frío y otra superior para la salida de aire caliente.

El radiador suele estar constituido por tubos de cobre con aletas que sirven de intercambiador de calor. La regulación se puede hacer como la de los radiadores, por medio de llaves, o bien cerrando la rejilla superior.

Este sistema permite transportar fluidos a temperaturas superiores a los 90°C, ya que no se encuentra al alcance del usuario.



Otra modalidad de convector es el ventiloconvector o **convector forzado**, en el que la circulación de aire se aumenta mediante la instalación de un ventilador en su interior. Suele añadirse un filtro a la entrada de aire para evitar la recirculación del polvo.

## 3. DISTRIBUCIÓN EN LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.

### 3.1. Canalizaciones.

Los materiales más empleados son el acero y el cobre, y ciertos plásticos en la calefacción por superficies radiantes a baja temperatura.

Las canalizaciones pueden ir vistas o empotradas bajo el revoco o bajo el solado. Cuando vayan vistas, su aspecto será limpio y ordenado, en ambos casos se dispondrán en líneas paralelas o a escuadra con los elementos estructurales del edificio.

Es conveniente alojarlas en huecos adecuados que puedan ser registrales.

Cuando las tuberías discurren por espacios calefactados la normativa impone que la temperatura de sus superficies no supere en más de 15° C la del ambiente, por lo que normalmente habrá necesidad de aislar, especialmente, las tuberías de distribución y montantes.

Las conducciones estarán identificadas mediante colores normalizados UNE con indicación del sentido de flujo del fluido que circula por ellas.

En los tramos curvos, los tubos no presentarán deformaciones en su sección transversal. En ningún caso, la sección de la tubería en las curvas será inferior a la sección en tramo recto.

Las tuberías por agua caliente o vapor de agua irán colocadas de manera que no se formen en ellas bolsas de aire. Para la evacuación automática del aire hacia el vaso de expansión o hacia los purgadores, los tramos horizontales deberán tener una pendiente mínima del 0'5 % cuando la circulación sea por gravedad o del 0'2 % cuando la circulación sea forzada.

En las tuberías ocultas y empotradas deberá disponerse un adecuado tratamiento anticorrosivo y estar envueltas con una protección adecuada.

### **3.2. Accesorios en la red de distribución.**

Los accesorios dispuestos en la red de distribución son las válvulas, elementos de regulación y control, vasos de expansión y dilatadores.

Todas las **válvulas** serán fácilmente accesibles. Se recomienda disponer una tubería de derivación con sus llaves, rodeando a aquellos elementos básicos, como válvulas de control, etc., que se puedan averiar y necesiten ser retirados de la red de tuberías para su reparación y mantenimiento. Además, no existirá ninguna válvula ni elemento que pueda aislar las válvulas de seguridad de las tuberías o recipientes a que sirven.

Como hemos indicado, en cada emisor se pondrá una válvula de asiento de doble reglaje y es recomendable poner un detentor en la salida para desmontar el emisor sin necesidad de vaciar la instalación. Es obligatorio disponer válvulas de corte en cada columna de la instalación para poderla dejar fuera de servicio sin necesidad de parar la instalación.

En la parte más alta de cada circuito se pondrá una purga para eliminar el aire que pudiera allí acumularse. Se recomienda utilizar una llave de purga en su parte inferior, de modo que pueda vaciarse antes de desmontar conductos.

También se situarán válvulas a la entrada y salida de todos los accesorios susceptibles de avería, así como en las derivaciones a las unidades de consumo.

Dentro de las **válvulas** podemos distinguir las siguientes:

- Válvulas de paso o corte. Dispositivos que permiten interrumpir total o parcialmente el paso del fluido. Pueden ser:

- Válvula de compuerta. Está constituida por una cuña que se mueve perpendicularmente a la dirección del fluido; el cierre se produce al encajarse la cuña en dos anillos. Producen pocas pérdidas de carga; sirven únicamente para cierre total.

- Válvulas de asiento. El cierre se produce por apriete de la soleta sobre el anillo. Pueden ser de asiento recto o inclinado, siendo éstas las que menor pérdida de carga producen. Sirven para cierre total o parcial.

- Válvula de bola o de macho. Consisten en una bola o un cono que gira sobre un eje perpendicular a la dirección del fluido hasta que un taladro circular en una bola o cono coincide con el del cuerpo de la válvula. Sirve únicamente para el cierre total.

- Válvula de retención. Su misión es permitir el paso del fluido en una dirección e impedirlo en la contraria.

- Válvula de flotador. Consiste en un pistón que cierra asentando sobre un anillo; el pistón es accionado por un flotador con un mecanismo de palanca. A medida que el nivel del líquido sube en un depósito, por ejemplo, el pistón se va asentando y se produce el cierre al llegar a un nivel determinado de antemano.

- Válvula de seguridad. En estas válvulas una soleta permanece asentada sobre un anillo de cierre por la acción de un resorte calibrado a una determinada presión; cuando el fluido supera dicha presión vence la resistencia del resorte y escapa. Es necesaria su revisión periódica para evitar que se pegue el disco al anillo por efecto de los depósitos calcáreos.

Los **elementos de regulación y control** serán los apropiados para los campos de temperaturas (termómetros), humedades (higrómetros), presiones (manómetros), etc., en que normalmente va a trabajar la instalación.

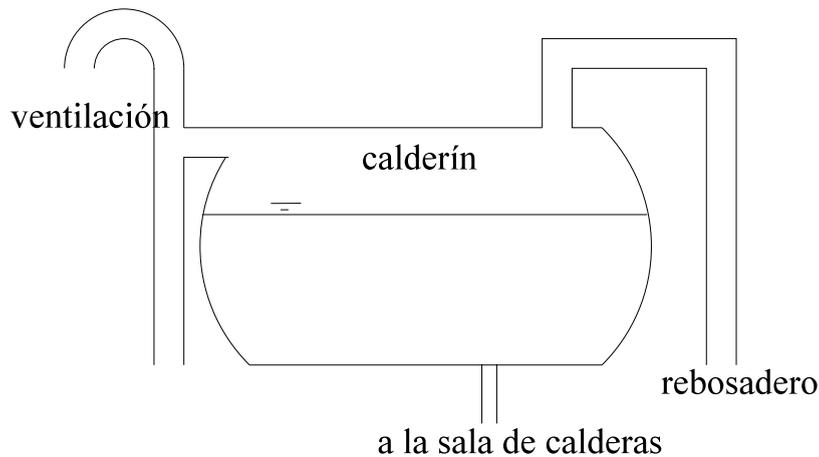
Estarán colocados en locales o elementos de tal manera que den indicación correcta de la magnitud que deben medir o regular, sin que esta indicación pueda estar afectada por fenómenos extraños a la magnitud que se quiere medir o controlar.

Los termómetros, termostatos, higrómetros y manómetros deberán poder dejarse fuera de servicio y sustituirse con el equipo en funcionamiento.

Los circuitos de agua caliente deberán equiparse con el correspondiente circuito de **expansión**. Los vasos de expansión son recipientes destinados a absorber el aumento de volumen del agua que se produce en las instalaciones debido al aumento de temperatura.

El vaso de expansión puede ser abierto o cerrado. Situándose el cerrado preferentemente en la sala de máquinas. En ambos casos han de estar unidos a la caldera.

Los vasos abiertos están en comunicación directa con la atmósfera y no existirá ninguna llave de corte entre el vaso y la caldera.



Los vasos cerrados disponen de una membrana en su interior que divide el vaso en dos parte incomunicadas, una de ellas dispone de un gas y la otra está en comunicación con la instalación. La regulación se realiza cuando el gas se comprime como resultado de la dilatación del agua de la otra cámara.

Los **dilatadores** permiten absorber la dilatación que se produce en las tuberías por los cambios de temperatura a que se ven sometidas. Pueden ser elásticos, en los que la dilatación se absorbe por un manguito de goma armado con alambre de acero, o bien formas especiales, en la tubería, que pueden encontrarse en el mercado o bien realizarse en obra. En este caso hay que tener cuidado de que el aire no se acumule en ningún punto del dilatador.

En las redes de distribución de los sistemas de **calefacción por aire** presentan algunas particularidades. En primer lugar el caudal que recorre los conductos es muy superior al necesario para los sistemas de agua, pues no puede llegar a los locales el aire a temperaturas muy superiores a las del ambiente; además, el fluido térmico es el mismo que el del ambiente, por lo que debe estar adecuadamente tratado.

Las conducciones de aire cuentan con accesorios particulares, tales como ventiladores y filtros de aire.

Como hemos indicado, las rejillas hacen de emisores en los sistemas de calefacción por aire, existiendo dos clases, las de emisión y las de retorno.

#### **4. APARATOS GENERADORES.**

Dentro de los aparatos generadores de calor podemos distinguir los de uso individual o unitarios, y los generadores centrales.

Entre los **generadores unitarios** encontramos la chimenea tradicional, el radiador eléctrico y las estufas de gas. Tanto la chimenea como la estufa de gas usan el oxígeno del ambiente para la combustión generándose monóxido de carbono, que puede ser peligroso si no se cuenta con la ventilación adecuada. Además existe el riesgo de incendio, por encontrarse la llama desnuda. La estufa eléctrica no posee estos inconvenientes, además suelen disponer de termostatos que permiten controlar la temperatura del local y economizar energía.

Se denominan **generadores centrales** a las máquinas destinadas a la producción de calor para todos los emisores de una unidad de consumo o para un conjunto de unidades de consumo.

En la mayoría de los casos podemos emplear cualquier sistema de producción de producción de calor con cualquier sistema de distribución.

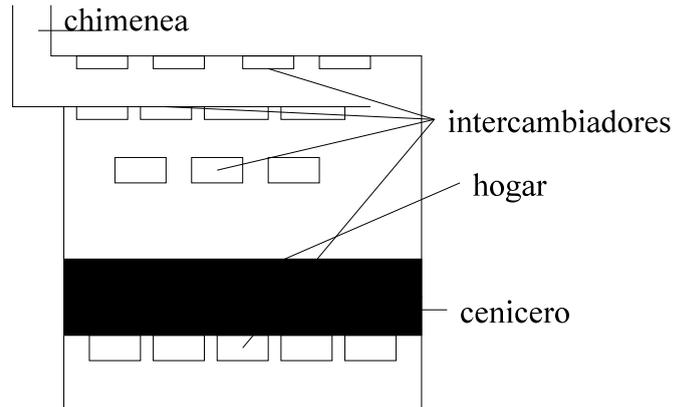
Los principales generadores centrales de calor son las calderas y las bombas de calor, aunque existen otro tipo de generadores, como los eléctricos y los paneles solares.

Las **calderas de calefacción** se basan en la elevación de la temperatura de un fluido mediante combustión. Los combustibles utilizados pueden ser sólidos (carbón), líquidos (gas-oil) o gaseosos (gas natural, propano o butano). Para cada

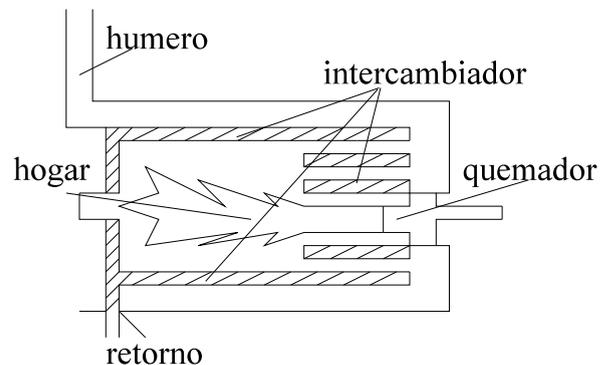
combustible hay un tipo de caldera específico, aunque ciertos fabricantes hacen modelos en los que, con pequeños cambios, se pueden quemar distintos combustibles.

En esencia, una caldera consta de un **hogar**, en el que se produce la combustión, un **intercambiador**, en el que el calor producido por la combustión se cede al fluido térmico, un **quemador**, que dispone el combustible en la forma óptima para su combustión y una chimenea o humero para la salida de los gases.

Las **calderas de combustible sólido** requieren un hogar con dos compartimentos superpuestos; en el superior, brasero, se produce la combustión de los sólidos, y en el inferior, cenicero, se recogen las cenizas; en ésta está situada la entrada del aire necesario para la combustión.



En las de **combustible líquido** el hogar tiene una sola cámara, sus paredes han de estar recubiertas de un revestimiento refractorio que servirá de amortiguador térmico y de protección de las partes metálicas de la caldera, dadas las altas temperaturas de la llama. Las calderas se fabrican de fundición y acero.



Los **paneles solares** tienen como principal inconveniente el coste de instalación, y como ventaja económica el ahorro en el consumo de combustibles.

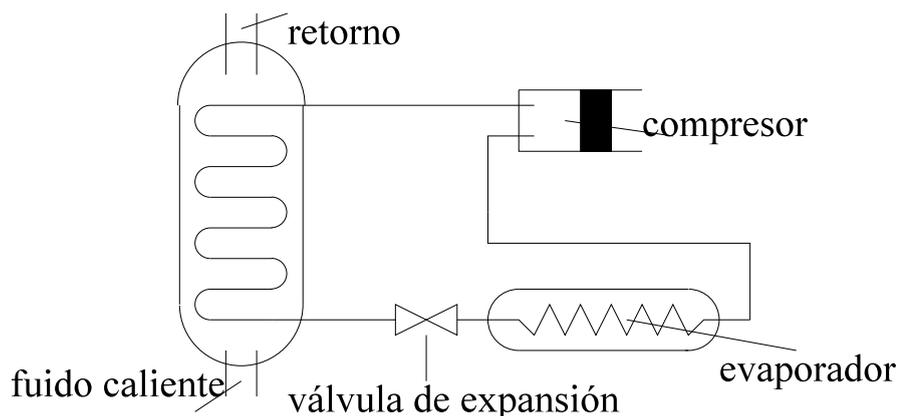
En relación a las características de calefacción, hemos de recordar que el panel solar calienta el fluido mediante las radiaciones solares. La variación que tiene lugar tanto diaria como anual de esta radiación hace necesario disponer de un sistema complementario de apoyo, generalmente eléctrica, pues aunque se cuenta con acumuladores de calor, no son suficientes en la época de mayor demanda, que

coincide con la época de menor radiación solar.

La bomba de calor es un sistema de calefacción basado en la extracción de calor desde una fuente o foco frío hasta un foco caliente, mediante el aporte de energía mecánica.

La bomba de calor supera en eficiencia a cualquier sistema de calefacción. El más eficiente de los restantes sistemas transformará íntegramente la energía exterior en calor (por ejemplo, una resistencia eléctrica). Sin embargo, el calor comunicado en la bomba excede a la energía consumida, trabajo, porque en la bomba de calor este trabajo se emplea para bombear la energía calorífica de la fuente fría al recinto. En los ciclos teóricos de bombas de calor, el coeficiente de efecto de calefacción es siempre mayor de 1. En las instalaciones reales se consigue fácilmente un coeficiente mayor de 3.

Los **componentes** más importantes de una bomba de calor son el compresor, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador. En el compresor, mediante el consumo de energía mecánica, se comprime un gas que se hace circular hasta el condensador, donde tiene lugar la cesión de calor al local. El gas pasa después por la válvula de expansión, donde al expandirse se enfría y absorbe el calor de la fuente fría, vuelve entonces al compresor donde se reinicia el proceso. El circuito característico es el representado en la figura.



En realidad, las bombas de calor pueden funcionar también como refrigeradores, de hecho son termodinámicamente idénticas, la diferencia estriba en las temperaturas de funcionamiento y el objeto de cada una de estas máquinas, la bomba calienta un foco caliente, y el refrigerador enfría un foco frío.

A pesar de ser hoy día, la **energía eléctrica** la más cara de todas, en los sistemas de calefacción unitarios puede resultar rentable. Además, el funcionamiento de la instalación durante la noche, con tarifas eléctricas más reducidas, y el empleo de acumuladores que transfieren el calor acumulando durante el día, han disminuido el gasto de estos sistemas que comienzan a ser competitivos.

Su empleo también es adecuado, como ya hemos expuesto, como sistema complementario de los paneles solares.

#### **4.1. Sala de máquinas.**

Tendrá la consideración de sala de máquinas todo local donde se halle instalada permanentemente maquinaria de producción de frío o de calor. Se denomina sala de calderas a aquellos espacios de la sala de máquinas en los que se encuentre ubicado el equipo específico indicado. No tendrán la consideración de salas de máquinas los locales en los que se sitúen calderas para calefacción o A.C.S., con potencia no superior a 50 KW, o equipos autónomos de cualquier potencia.

En las instalaciones individuales centralizadas es práctica común situar la caldera de calefacción en la cocina, especialmente cuando son calderas murales de gas. Si el combustible utilizado es el gas, el volumen de este local será superior a 8 m<sup>3</sup>, si es menor, será exclusivo para la caldera.

Los **gases** procedentes de la combustión se expulsan al exterior por el humero o chimenea. Son conductos de sección circular, elíptica, cuadrada o rectangular. Las bocas de las chimeneas estarán situadas por lo menos a un metro por encima de las cumbreras de los tejados, muros o cualquier otro obstáculo o estructura, distante menos de 10 m. Las bocas de las chimeneas situadas a distancias comprendidas entre 10 y 50 m de cualquier construcción deberán estar a nivel no inferior al del borde superior del hueco más alto que tenga la construcción más cercana.

El conducto de humos será estanco y de material resistente a los humos y a la temperatura. Dispondrá del correspondiente registro de limpieza en la parte inferior del tramo vertical del conducto de humos y suficientes registros en los tramos no verticales.

Para la construcción de los humeros no podrán emplearse los parámetros de los edificios como elementos constructivos de los mismos; el conducto será independiente de la obra, yendo unido a ésta por medio de soportes que permitan la

libre dilatación de aquél. El material que conforme el conducto ha de ser resistente a las temperaturas a que va a estar sometido, a lo humos y a las posibles corrosiones por condensaciones ácidas.

Para controlar el gasto energético se disponen los **termostatos de caldera**. Este instrumento se utiliza en las calderas de combustible fluido y en las de combustible sólido automáticas. Su función consiste en parar el quemador al llegar el fluido caloportador a una determinada temperatura. En las calderas han de ponerse dos termostatos de este tipo; uno de ellos regulado a la máxima temperatura de funcionamiento del sistema, con rearme manual, llamado de seguridad; otro es regulable y con rearme automático para el funcionamiento normal de la caldera.

Para solucionar el inconveniente de los termostatos de caldera, que no tienen en cuenta la temperatura exterior, se emplean los **termostatos de ambiente**. Este dispositivo realiza una regulación en función de la temperatura ambiente de los locales. Con su utilización se consigue que los encendidos y apagados de la caldera sean de mayor duración, lo que prolonga la vida útil de sus componentes.

Otro dispositivo que permite la regulación del encendido de las calderas es el **reloj de conexión**. Se basan en la programación tanto del encendido como del apagado de los quemadores, permitiendo que el local esté a la temperatura deseada cuando vayamos a disponer de él, o programar el apagado nocturno del mismo.

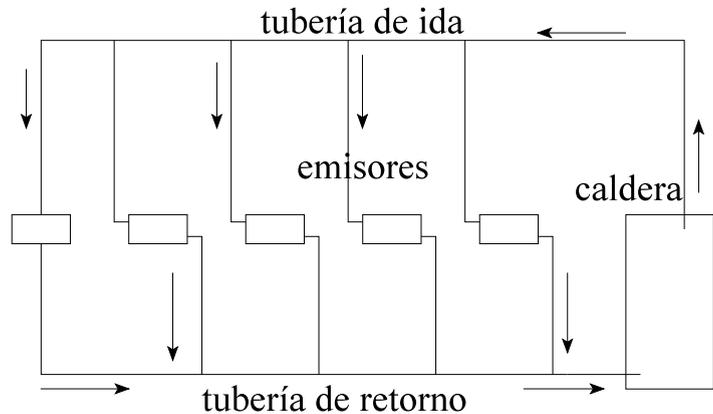
## **5. CIRCUITOS CARACTERÍSTICOS.**

Un sistema de calefacción consta de un conjunto de tuberías que forman el circuito o red de distribución. Así, el fluido caloportador llega a los emisores, a través de una serie de canalizaciones que llamaremos **canalizaciones de ida**, tomando como punto de partida el punto de calentamiento del agua, sea este caldera, intercambiador, etc. Cedido el calor, total o parcialmente, en los emisores, el agua retorna a la caldera para su recalentamiento por las **canalizaciones de retorno**.

El sistema de calefacción posee una toma de alimentación o suministro de agua, para reponer las pérdidas por evaporación.

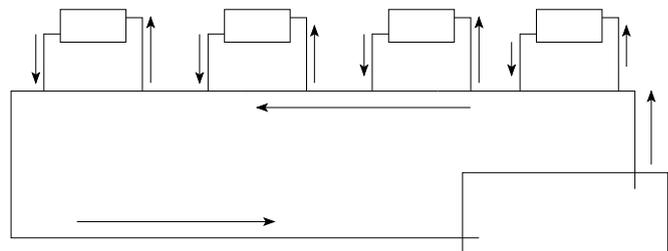
El sistema de reparto del fluido puede realizarse de dos formas principalmente: el sistema bitubular y el sistema monotubular.

El sistema **bitubular** consiste en disponer de dos tuberías una para el transporte del agua caliente y otra para el retorno de agua una vez que la anterior ha atravesado los emisores y cedido calor al interior, tal y como queda recogido gráficamente en la figura adjunta.



Este sistema es más fácil de proyectar y calcular, si bien, la longitud total de las conducciones es mayor que en la segunda alternativa, lo que encarece la instalación. Exige cambios en el diámetro de las tuberías para compensar en los últimos emisores las pérdidas producidas aguas arriba.

El **sistema monotubular** el fluido es transportado por una sola tubería, de manera que en cada emisor parte de él atraviesa a aquél y retornado de nuevo a la conducción principal.



La principal ventaja de este sistema es el menor desarrollo de tuberías, lo que abarata el coste de instalación. También permite la eliminación de algunos accesorios.

Sin embargo, y frente a la ventaja descrita, presenta un cálculo y diseño más complicado, ya que el agua tiene distintas temperaturas en cada emisor debido al retorno a la tubería principal después de atravesar cada emisor.

También existe la posibilidad de disponer un circuito mixto, combinación de los sistemas descritos.

En cualquier caso, es fundamental en los circuitos de calefacción que todos y cada uno de los emisores reciban una cantidad de calor, o lo que es lo mismo, de fluido térmico, proporcional a la potencia que han de suministrar, lo cual se consigue

con un correcto equilibrio hidráulico.

En los sistemas de calefacción en los que el fluido es aire, éste es repartido mediante el empleo de conducciones que mediante la variación de su sección controlan el flujo de aire a cada habitación. A este hecho también contribuyen las rejillas, cuya regulación puede ser manual o mediante termostato.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Mataix C. "Termodinámica Técnica y Máquinas Térmicas". Ed. ICAI. 1993.

Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria con el fin de racionalizar su consumo. MICYT. 1980.

## TEMA 55

### CIRCUITOS ELÉCTRICOS SERIE, PARALELOS Y MIXTOS: CÁLCULO DE MAGNITUDES.

#### ÍNDICE.

1. Introducción.
2. Circuitos eléctricos. Asociación de elementos. Cálculo de magnitudes.
  - 2.1. Asociación de generadores.
  - 2.2. Asociación de condensadores.
  - 2.3. Asociación de resistencias.
  - 2.4. Asociación de autoinducciones.
  - 2.5. Asociación de impedancias.
  - 2.6. Conexión en estrella y en triángulo.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Generalmente, en un circuito no aparece un sólo elemento eléctrico, sino que éste se compone de la asociación de varios elementos que pueden ser de distinta naturaleza. El objeto de este tema es conocer las características de estas asociaciones de manera que nos permitan calcular las magnitudes del circuito.

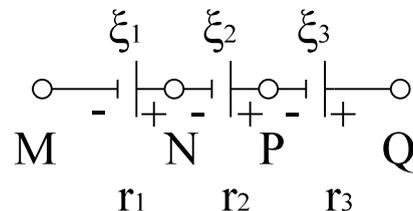
Las posibles asociaciones con que nos podemos encontrar son la asociación en serie, que consiste en unir los terminales de los elementos unos con otros; en paralelo, que tendría lugar cuando unimos sendos terminales de cada elemento con sendos puntos; y mixto, que supone una combinación de los anteriores.

## 2. CIRCUITOS ELÉCTRICOS. ASOCIACIÓN DE ELEMENTOS.

### 2.1. Asociación de generadores.

Un **generador** eléctrico es un dispositivo que transforma en energía eléctrica energía de otro tipo.

Cuando varios generadores se conectan ordenados uniendo el terminal positivo de cada uno con el negativo del siguiente se dice que están asociados en **serie**, tal y como muestra la figura adjunta. Por todos ellos circula la misma corriente de intensidad  $I$ , por lo que aplicando la ecuación que establece el potencial en bornes de un generador sería, para cada uno de ellos



$$V_N - V_M = \xi_1 - r_1 \cdot I; \quad V_P - V_N = \xi_2 - r_2 \cdot I; \quad V_Q - V_P = \xi_3 - r_3 \cdot I$$

sumando estas ecuaciones tenemos

$$V_Q - V_M = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3) - (r_1 + r_2 + r_3) I$$

es decir, que la asociación en serie de varios generadores equivale a un generador único cuya fem sea la suma de las fem de los generadores componentes y cuya resistencia interna sea la suma de sus resistencias internas.

Si en el caso de la figura tenemos unos valores de fem para cada uno de los generadores de 10, 15 y 20 V, así como unas resistencias internas de 1, 2 y 3  $\Omega$ , respectivamente, la tensión entre los terminales Q y P sería de

$$V_Q - V_M = 10 + 15 + 20 \text{ V} = 45 \text{ V}$$

y la resistencia interna total sería de

$$r = 1 + 2 + 3 = 6$$

Si conectamos el circuito a una resistencia externa de 9 podemos conocer la intensidad que circula por el circuito mediante la expresión

$$I = V / R = 45 \text{ V} / (6 + 9) = 3 \text{ A}$$

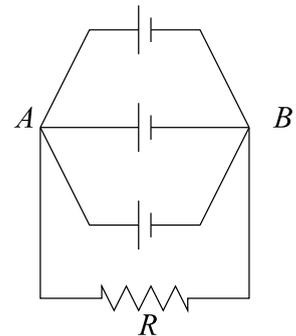
También podemos conocer la tensión en bornes de cada generador, así para el generador 1 tenemos

$$V_N - V_M = \xi_1 - I r_1 = 10 \text{ V} - 3 \text{ A} \cdot 1 = 7 \text{ V}$$

Supongamos ahora que disponemos de varios generadores exactamente iguales y que unimos sus terminales positivos a un punto A y sus negativos a otro B. A esta asociación se le llama asociación **paralelo**. Por ser iguales, las cargas que manden en unidad de tiempo al punto A serán iguales y de valor

$$I = \frac{\xi - (V_A - V_B)}{r}$$

donde  $\xi$  es la fem de cada generador y  $r$  su resistencia interna. Al unir los puntos A y B con una resistencia exterior R como indica la figura, por ella circulará toda la carga mandada al punto A por los generadores, que constituirá una corriente de intensidad 3I. Es decir, llamando I' a dicha intensidad tenemos



$$I' = 3I = \frac{3\xi - 3(V_A - V_B)}{r} = \frac{\xi - (V_A - V_B)}{r/3}$$

y analizando esta expresión vemos que la asociación paralelo de  $n$  generadores iguales equivale a un generador único de fem igual a la de uno cualquiera de ellos y cuya resistencia interna es la  $n$ -ésima parte. Esta asociación, pues, convendrá cuando haga falta disponer de un generador de pequeña resistencia interna. Si los generadores no fueran iguales, podrían surgir inconvenientes si circulara la corriente por uno de ellos en sentido opuesto al correcto. El problema, en tal caso, puede resolverse mediante las leyes de Kirchhoff, como si de una malla se tratara.

## 2.2. Asociación de condensadores.

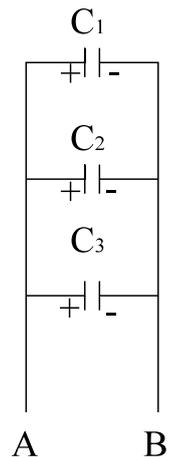
Cuando dos conductores están situados de manera que toda línea de fuerza que parte de uno llegue al otro, se dice que se ejercen influencia total. El teorema de los elementos correspondientes nos dice entonces que las cargas de las dos superficies de los conductores son de igual valor absoluto pero de signos opuestos. El sistema recibe el nombre de **condensador** y los dos conductores el de **armaduras**.

Se llama **capacidad** de un condensador a la razón de la carga  $Q$  de la armadura a la ddp entre ambas armaduras.

$$C = Q / (V_A - V_B)$$

La **asociación** de varios condensadores puede hacerse en paralelo, en serie, o en forma mixta.

Para asociar condensadores en **paralelo** o derivación, se unen entre sí una de las armaduras de cada condensador, y por otro lado se unen entre sí las otras armaduras del mismo modo que en la figura adjunta. Para representar esquemáticamente un condensador dibujaremos dos segmentos iguales y paralelos. Se establece entre A y B una ddp  $V_A - V_B$  que será común a todos ellos. Llamaremos **condensador equivalente** a aquel que al aplicarle la misma ddp adquiera una carga igual a la total de los condensadores conectados. Para los distintos condensadores tenemos



$$Q_1 = C_1 \cdot (V_A - V_B), \quad Q_2 = C_2 \cdot (V_A - V_B), \quad \dots, \quad Q_n = C_n \cdot (V_A - V_B)$$

y la carga total la obtendremos sumándolas, o sea,

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = (C_1 + C_2 + \dots + C_n) \cdot (V_A - V_B)$$

con lo que la capacidad del condensador equivalente será

$$C = Q / (V_A - V_B) = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum C_i$$

es decir, la suma de las capacidades de los condensadores componentes.

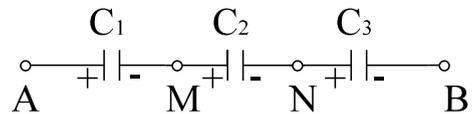
Si las capacidades de los condensadores de la figura fueran de 1, 2 y 3 mF, y la tensión aplicada de 300 V, podríamos además de calcular la capacidad equivalente del condensador, la carga de éste

$$C = 1 + 2 + 3 \text{ mF} = 6 \text{ mF}$$

$$Q = C (V_A - V_B) = 6\text{mF} \cdot 300\text{V} = 1800 \text{ mC}$$

Las cargas de cada uno de los condensadores se calcularían de igual modo.

Para asociar condensadores en **serie** se une una de las armaduras del primer condensador con una del segundo, la otra de éste con una del tercero y así sucesivamente, tal y como indica la figura. Entre las armaduras extremas establecemos una ddp  $V_A - V_B$ . Debido a la influencia total, la carga de cada condensador es la misma. En efecto, si la carga de una armadura del primero es  $Q$ , la de la otra será  $-Q$ ; pero esta armadura junto con la del segundo condensador a la que está unida forma un conductor aislado que estaba descargado inicialmente. Luego, si en una parte de él aparece una carga  $-Q$ , en la otra (armadura del segundo condensador) aparecerá una carga  $+Q$  que inducirá en la segunda armadura del segundo condensador una carga  $-Q$  y así sucesivamente. En consecuencia, la ddp entre las armaduras de cada condensador vale



$$V_A - V_M = Q/C_1$$

$$V_M - V_N = Q/C_2$$

$$V_N - V_B = Q/C_3$$

y sumando

$$V_A - V_B = Q/C_1 + Q/C_2 + Q/C_3$$

y en el caso de un número cualquiera de condensadores en serie sería

$$V_A - V_B = Q \sum 1/C_i$$

de donde

$$\frac{V_A - V_B}{Q} = \sum \frac{1}{C_i}$$

pero el recíproco del primer miembro sería igual a la capacidad  $C$  del condensador equivalente, es decir, que al tener una carga  $Q$  presentara entre sus armaduras una ddp igual a  $V_A - V_B$ . Luego

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$$

de donde se concluye que la capacidad equivalente será inferior a la menor de los componentes.

Si las capacidades de los condensadores fueran respectivamente de 2, 1 y 2 mF, la capacidad equivalente sería

$$1/C = 1/2 + 1/1 + 1/2 = 2 \quad C = 0.5 \text{ mF}$$

Si aplicamos una tensión de 100 V en los bornes de los elementos, tendríamos una carga en el condensador equivalente de

$$Q = V \cdot C = 100 \text{ V} \cdot 0.5 \text{ mF} = 50 \text{ mC}$$

Esta carga será la misma para todos los condensadores y podremos calcular la tensión de sus armaduras. Así, para el primer condensador tendremos

$$V_1 = Q / C_1 = 50 \text{ mC} / 2\text{mF} = 25 \text{ V}$$

Si sus capacidades fueran iguales, la ddp total se repartiría por igual entre todos ellos y la ecuación anterior nos daría para la capacidad equivalente

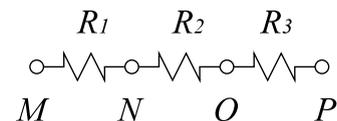
$$C = C_i / n$$

La asociación mixta de condensadores consiste en la conexión paralela de varios, conectada en serie con otro u otros condensadores. Para determinar la capacidad equivalente del sistema pueden considerarse sustituidos los condensadores conectados en paralelo por otro de capacidad equivalente (suma) de la de todos ellos, el cual quedará en serie con los demás y el problema queda así reducido al de una asociación serie de condensadores.

### 2.3. Asociación de resistencias.

Las resistencias pueden asociarse también en serie, en paralelo o en montaje mixto.

En un tramo constituido por resistencias en **serie**, la resistencia total es la suma de dichas resistencias. Es lógico, pues por todas ellas circula la misma corriente, y si aplicamos la ley de Ohm a cada una de ellas se tiene, de acuerdo con la figura,



$$V_M - V_N = R_1 \cdot I; \quad V_N - V_O = R_2 \cdot I; \quad V_O - V_P = R_3 \cdot I$$

y sumando estas ecuaciones miembro a miembro tenemos

$$V_M - V_P = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I$$

o sea que varias resistencias asociadas en serie equivalen, a una resistencia única igual a la suma de las resistencias componentes, pues el mismo efecto se tendría si en vez de las resistencias en serie conectáramos entre M y P una resistencia

$$R = \sum R_i$$

Si sometemos a las resistencias (1, 2 y 3 ) de la figura a una tensión de 30 V, podemos conocer la intensidad general del circuito y la tensión en cada una de las resistencias.

$$R = 1 + 2 + 3 = 6$$

con lo que  $I = V / R = 30 \text{ V} / 6 = 5 \text{ A}$

Como por todas las resistencias circula la misma intensidad, podemos conocer la tensión en cada una de ellas. Así, para la resistencia 1 tendremos

$$V_1 = I \cdot R_1 = 5 \text{ A} \cdot 1 = 5 \text{ V}$$

Si calculásemos la tensión para cada una de ellas, podríamos verificar que su suma es igual a la tensión total aplicada en los extremos.

En el caso de resistencia en **paralelo** podemos aplicar las leyes de Kirchhoff al ejemplo de la figura. La primera da

$$I = \sum I_i$$

y aplicando la segunda a las mallas formadas por la primera derivación y cada una de las otras tenemos

$$R_1 \cdot I_1 - R_2 \cdot I_2 = 0$$

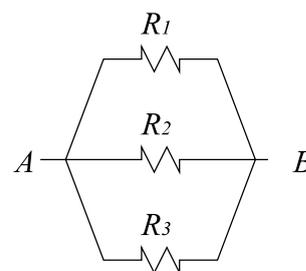
$$R_1 \cdot I_1 - R_3 \cdot I_3 = 0$$

.....

$$R_1 \cdot I_1 - R_n \cdot I_n = 0$$

o lo que es igual  $R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 = \dots = R_n \cdot I_n$

que nos indica que la corriente que llega a un sistema de resistencias en paralelo se reparte entre ellas con intensidades inversamente proporcionales a las resistencias. Ahora bien, todos los miembros de la ecuación anterior son iguales a la ddp  $V_A - V_B$ , luego



$$I_i = \frac{V_A - V_B}{R_i}$$

y sumando estas n ecuaciones

$$\Sigma I_i = (V_A - V_B) \cdot \Sigma \frac{1}{R_i}$$

expresión que puede escribirse en la forma

$$I = (V_A - V_B) \Sigma G_i$$

en donde se ha expresado la ecuación en función de las conductancias de los conductores derivados entre A y B. Comparando las dos últimas ecuaciones resulta

$$G = \Sigma G_i$$

es decir, que al tener un sistema de conductores derivados entre dos puntos, el conjunto equivale a un conductor único cuya conductancia sea igual a la suma de las conductancias de los conductores componentes. La resistencia de este conductor equivalente estaría relacionada con las de los componentes, en virtud de la ecuación

$$1/R = \Sigma 1/R_i$$

es decir, será menor que la más pequeña de las resistencias.

Si el valor de las resistencias conectadas en paralelo fueran de 2, 1 y 2 respectivamente, y la tensión entre A y B de 50 V, podemos determinar el valor de la intensidad general así como el de la que circula por cada una de ellas, cuya suma debe ser igual al valor de aquélla.

$$1/R = 1/2 + 1/1 + 1/2 = 2 \quad R = 0'5$$

Con lo que la intensidad de la corriente total será

$$I = V/R = 50 \text{ V} / 0'5 = 100 \text{ A}$$

La intensidad de corriente que recorre la resistencia 1 sería

$$I_1 = V / R_1 = 50 \text{ V} / 2 = 25 \text{ A}$$

Sumando las intensidades que circulan por las tres resistencias comprobaríamos que se obtiene la resistencia general del circuito.

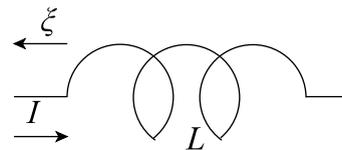
Si tuviéramos un montaje **mixto**, reduciríamos previamente los conductores serie por un lado y los derivados por otro. Con el nuevo esquema del circuito volveríamos a realizar la misma reducción, hasta que quedase una asociación simple en serie o en paralelo.

#### 2.4. Asociación de autoinducciones.

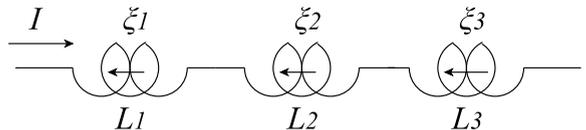
Cuando una bobina es recorrida por una corriente de intensidad  $I$ , sufre un fenómeno conocido como inducción, que consiste en la generación de una fem contraria a la circulación de las cargas en su interior y proporcional a la variación de ésta respecto del tiempo. Este elemento es conocido como **autoinducción** y la fem de autoinducción que genera viene dada por

$$\xi = - L \frac{dI}{dt}$$

donde  $L$  es el llamado **coeficiente de autoinducción** del circuito, cuya unidad es el henrio (H). El símbolo de la autoinducción es el que se indica en la figura.



Si conectamos varias autoinducciones en **serie** como indica la figura, todas ellas estarán recorridas por la misma intensidad y se comportarían del mismo modo que generadores en serie. Así, la fem de cada una de ellas sería



$$\xi_1 = - L_1 \frac{dI}{dt} \quad \xi_2 = - L_2 \frac{dI}{dt} \quad \xi_3 = - L_3 \frac{dI}{dt}$$

Pero como se comportan como si de generadores se tratase, la fem total será la suma de las fem de cada autoinducción

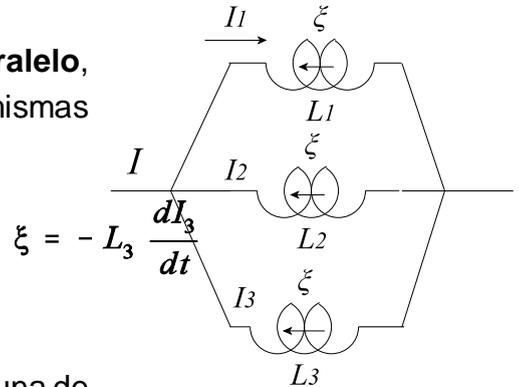
$$\xi = - (L_1 + L_2 + L_3) \frac{dI}{dt}$$

por lo que podemos afirmar que

$$L = \sum L_i$$

Cuando se asocian autoinducciones en **paralelo**, la tensión existente entre los extremos de las mismas debe ser igual para cada una de ellas

$$\xi = -L_1 \frac{dI_1}{dt} \quad \xi = -L_2 \frac{dI_2}{dt}$$



La suma de las intensidades que circula por cada una de ellas debe ser igual a la intensidad total del circuito

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

De este modo podemos expresar la fem en los extremos de las autoinducciones como

$$= -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{d(I_1 + I_2 + I_3)}{dt} = -L ( \frac{dI_1}{dt} + \frac{dI_2}{dt} + \frac{dI_3}{dt} )$$

pero de cada una de las ecuaciones de las autoinducciones podemos escribir que

$$L_i = \frac{dI_i}{dt}$$

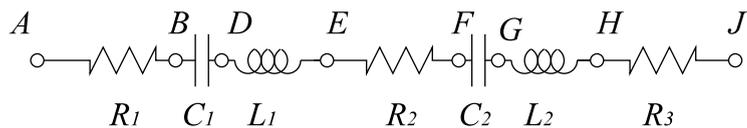
con lo que

$$1/L = \sum 1/L_i$$

## 2.5. Asociación de impedancias.

Una impedancia está constituida por dos componente, una resistencia y una reactancia, por tanto, puede plantearse el problema como asociación de impedancias o como asociación de los elementos que la integran (resistencias, autoinducciones y condensadores).

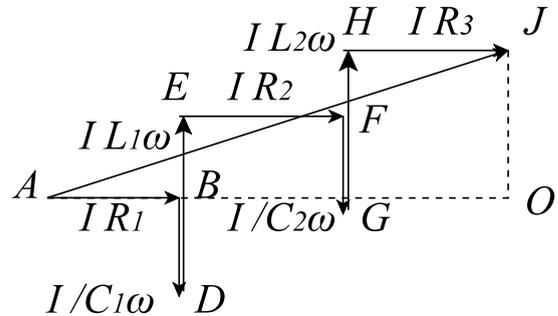
Si consideramos una asociación de elementos en serie como el de la figura. La intensidad de la c.a. es



común a todos los elementos de circuito. Partiremos de un punto A y dibujaremos el vector representativo de la ddp entre los extremos de R<sub>1</sub>, la cual estará en concordancia de fase con la intensidad de la corriente y tendrá por valor eficaz R<sub>1</sub>·I,

con lo que tendremos el vector A-B.

La caída de tensión en  $C_1$ , está retrasada en fase  $\pi/2$  respecto a la intensidad, y teniendo en cuenta que  $V = I/C$  podremos representarla con el vector B-D, que sumado con el A-B nos daría el A-D representativo de la ddp entre A y D. Análogamente, el vector D-E de módulo  $IL_1$  y adelantado  $\pi/2$  respecto al de la intensidad, representará la ddp entre los



puntos D y E ,y así sucesivamente iríamos construyendo el diagrama de la figura, en la cual la ddp entre dos puntos cualesquiera del circuito de la figura viene representada por el vector que determinan dichos puntos en el diagrama.

Consideramos ahora un triángulo rectángulo AOJ que tenga por hipotenusa el vector J-A y uno de cuyos catetos coincida en dirección con el vector representativo de  $i$ . El cateto AO tiene por longitud

$$AO = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

y el otro cateto

$$OJ = I \left( L_1 \omega + L_2 \omega - \frac{1}{C_1 \omega} - \frac{1}{C_2 \omega} \right)$$

El vector J-A coincide con la hipotenusa y representa la ddp existente entre los extremos A y J del tramo de circuito considerado. Lo mismo se tendría, pues, si dicho tramo estuviese constituido por una resistencia única

$$R = \sum R_i$$

una inductancia única de reactancia

$$X_L = \sum L_i$$

y una capacidad única tal que

$$1/C = \sum 1/C_i$$

pues en el caso, el circuito se reduce al representado en la figura coincidiendo O-A con B-A y J-O con E-B. Estas ecuaciones nos indican que para hallar la relación existente entre la intensidad de la c.a. que circula por una serie de impedancias y la ddp entre los extremos de dicha serie, podemos realizar los cálculos considerando

una resistencia única equivalente a la combinación serie de resistencias, una inductancia única de coeficiente de autoinducción suma del de todas las inductancias y una capacidad única igual a la equivalente a la asociación en serie de las distintas capacidades, casos todos ellos estudiados en epígrafes anteriores. Se entiende que con ello puede obtenerse la relación existente, en magnitud y fase, entre la intensidad de la corriente y la ddp entre los extremos de la serie de impedancias.

Considerando la impedancia (Z) de un circuito como un vector, en el que la parte real corresponda a la resistencia y la parte imaginaria a la reactancia podemos escribir

$$Z = R + j X$$

De este modo, podemos asociar las impedancias tanto en serie como en paralelo como si de resistencias se tratara, teniendo en cuenta que

$$X = X_L - X_C \quad \text{con} \quad X_L = L \quad X_C = 1/ C$$

Así, como la asociación de impedancias en serie vendría dada por la ecuación

$$Z = \sum Z_i$$

mientras que la asociación en paralelo estaría expresada del modo siguiente

$$1/Z = \sum 1/Z_i$$

Resolvamos un ejemplo de c.a. en el que se engloba la asociación mixta de impedancias, de manera que sirva como resumen de las posibles asociaciones que pueden tener los elementos eléctricos.

La impedancia en cada una de las ramas vale

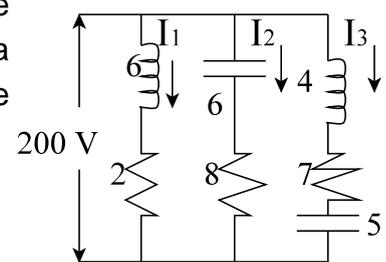
$$Z_1 = 2 + 6j \quad Z_2 = 8 - 6j \quad Z_3 = 7 + (4 - 5j)$$

La impedancia total sería

$$1/Z = 1/Z_1 + 1/Z_2 + 1/Z_3 \quad Z = 3'5 + 0'9j \quad Z = 3'59$$

Así, la intensidad general del circuito sería

$$I = V/ Z = 200 \text{ V} / 3'59 = 55'78 \text{ A}$$



## 2.6. Conexión en estrella y en triángulo.

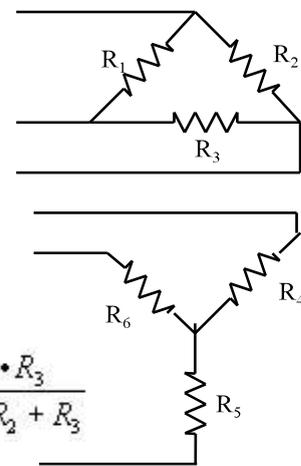
Las resistencias y las impedancias pueden conectarse además de en serie y en paralelo, en estrella y en triángulo, siempre que su número sea de tres.

Para que tres resistencias o impedancias estén conectadas en estrella, un terminal de cada una de ellas se unen en un punto común, es decir, poseen un extremo con potencial idéntico.

En el caso de la conexión en estrella, los terminales de las resistencias se conectan unos con otros, dando lugar a un triángulo cerrado.

En ambos casos, resulta difícil resolver los circuitos sin considerar un número elevado de mallas. Para facilitar su resolución se emplea la conversión Y- ó -Y.

Teniendo en cuenta los subíndices de las resistencias de la figura, la conversión de uno a otro sistema se realiza mediante las expresiones siguientes:



-Y

$$R_4 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_5 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_6 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Y-

$$R_1 = \frac{R_4 \cdot R_5 + R_5 \cdot R_6 + R_4 \cdot R_6}{R_5}$$

$$R_2 = \frac{R_4 \cdot R_5 + R_5 \cdot R_6 + R_4 \cdot R_6}{R_6}$$

$$R_3 = \frac{R_4 \cdot R_5 + R_5 \cdot R_6 + R_4 \cdot R_6}{R_4}$$

Estos mismos esquemas eléctricos sirven para intercambiar las resistencias de un tipo a otro de conexión.

**BIBLIOGRAFÍA.**

Fernández J. "Iniciación a la Física". Ed. Reverté. 1984

Resnick. "Física". Ed. Cecsca. 1970.

Gullón. " Física". Ed. Tebar Flores. 1982.

## TEMA 62

# PUERTAS LÓGICAS. TÉCNICAS DE DISEÑO Y SIMPLIFICACIÓN DE FUNCIONES LÓGICAS

### ÍNDICE.

1. Introducción.
2. Sistema binario y códigos de numeración.
3. Principios del álgebra de Boole.
4. Operadores lógicos o puertas lógicas.
  - 4.1. Puerta O u OR.
  - 4.2. Puerta Y o AND.
  - 4.3. La puerta NO o NOT.
  - 4.4. Puerta NO-Y o NAND.
  - 4.5. Puerta NO-O o nor.
  - 4.6. Puerta O-exclusiva o EXOR.
5. Técnicas de diseño y simplificación de funciones lógicas.
  - 5.1. Obtención de la función lógica a partir de la tabla de verdad.
  - 5.2. Simplificación de funciones.
  - 5.3. Método algebraico.
  - 5.4. Método gráfico de Karnaugh.
  - 5.5. Diseño de circuitos combinacionales.

## 1. INTRODUCCIÓN.

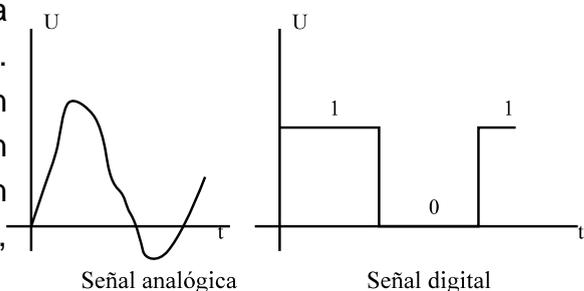
Hoy día se ha hecho imprescindible la utilización de métodos de control electrónico cada vez más sofisticados, debido a la creciente complejidad de los procesos industriales y de los elementos necesarios que forman parte de dichos procesos.

La electrónica digital y, por tanto, los circuitos digitales se emplean en todo tipo de sistemas de control industrial, procesos de datos, y otros muchos equipos, como los dispositivos de seguridad, equipos de navegación, electrodomésticos, etc.

Estos circuitos requieren para su construcción una serie de elementos que materialicen los principios del álgebra de Boole, base matemática de la electrónica digital. Esta realización física la efectúan las puertas lógicas. Dichas puertas son circuitos electrónicos que realizan una serie de operaciones lógicas a la(s) variable(s) de entrada, dando lugar a otra(s) variable(s) a la salida.

## 2. SISTEMAS BINARIOS Y CÓDIGOS DE NUMERACIÓN.

La diferencia entre la señal analógica y una señal digital se muestra en la figura. Mientras que las señales analógicas pueden tener cualquier valor entre un máximo y un mínimo, las señales digitales tienen un número determinado de valores posibles, normalmente dos.



Al igual que realizamos operaciones aritméticas empleando el sistema decimal con diez signos diferentes, podemos hacerlas empleando el sistema binario o de base dos(0,1). Es la parte conocida como álgebra de Boole (G. Boole, matemático que desarrolló este álgebra en el siglo XIX.)

Los **estados** posibles se denominan nivel bajo y nivel alto, se pueden asociar a niveles de tensión según el siguiente criterio, denominado también lógica positiva:

- . Nivel bajo (low) si no hay tensión (0 V) cero lógico.
- . Nivel alto (high) si hay tensión (+5 V, por ejemplo) uno lógico.

Puesto que en electrónica digital sólo pueden darse dos estados o niveles posibles, se dice que tiene un naturaleza binaria y por tanto se puede aplicar

directamente el sistema de numeración binario o de base 2. Dicho sistema se caracteriza por tener solamente dos dígitos, el 0 y 1. Para representar cantidades superiores se combinan adecuadamente dichos dígitos o bits en grupos de dos, tres..., siguiendo la forma polinómica de potencias de dos,

$$a_n \cdot 2^n + a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \dots + a_2 \cdot 2^2 + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0$$

Para pasar un número del sistema binario al decimal se descompondría en su polinomio y se operaría, como por ejemplo,

$$10101 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 21$$

Para convertir un número en decimal en binario se divide sucesivamente el número decimal por la base 2 hasta hacerlo indivisible; a continuación, se toma el último cociente y los restos obtenidos en orden inverso, como por ejemplo

$$13 = 1101_2$$

Para representar los datos, tanto numéricos como alfabéticos, en electrónica digital se hace uso de distintos códigos. Los códigos numéricos pueden ser ponderados, en los que cada bit tiene un valor dependiendo de la posición que ocupe, y no ponderados.

Entre los primeros destaca el código BCD (decimal codificado en binario, de peso 8, 4, 2 y 1) y el código Aiken. Entre los segundos el código XS3 y el Gray.

Como códigos alfanuméricos cabe destacar el código ASCII, muy extendido, pues es el utilizado en la mayor parte de los procesadores de datos.

En el sistema BCD, un número binario representado por cuatro variables a, b, c y d, que tomasen respectivamente los valores 1, 0, 0 y 1, representarían un número binario, y su correspondiente decimal, según los pesos indicados.

$$1001 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 9_{10}$$

### 3. PRINCIPIOS DEL ÁLGEBRA DE BOOLE.

El álgebra de Boole se desarrolla basándose en la teoría de conjuntos, las **operaciones** que podemos realizar con los conjuntos son las siguientes:

- Complementar o negar (se indica con una raya encima de la variable, por ejemplo )
- Unir o sumar ( $a+b=c$ )

- Intersectar o multiplicar ( $a \cdot b = c$ )

Los **postulados** principales de esta teoría se resumen de manera esquemática, donde se ha representado el equivalente eléctrico de cada teorema, asociando a un interruptor abierto un cero lógico, y un interruptor cerrado un uno lógico.

$$1) a \cdot 0 = 0 \quad \text{---} \overline{a} \text{---} 0 \text{---} \Rightarrow \text{---} 0 \text{---}$$

$$2) a \cdot 1 = a \quad \text{---} a \text{---} 1 \text{---} \Rightarrow \text{---} a \text{---}$$

$$3) a + 0 = a \quad \text{---} \begin{array}{|c|} \hline a \\ \hline 0 \\ \hline \end{array} \text{---} \Rightarrow \text{---} a \text{---}$$

$$4) a + 1 = 1 \quad \text{---} \begin{array}{|c|} \hline a \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \text{---} \Rightarrow \text{---} 1 \text{---}$$

$$5) a \cdot a = a \quad \text{---} a \text{---} a \text{---} \Rightarrow \text{---} a \text{---}$$

$$6) a \cdot \bar{a} = 0 \quad \text{---} a \text{---} \bar{a} \text{---} \Rightarrow \text{---} 0 \text{---}$$

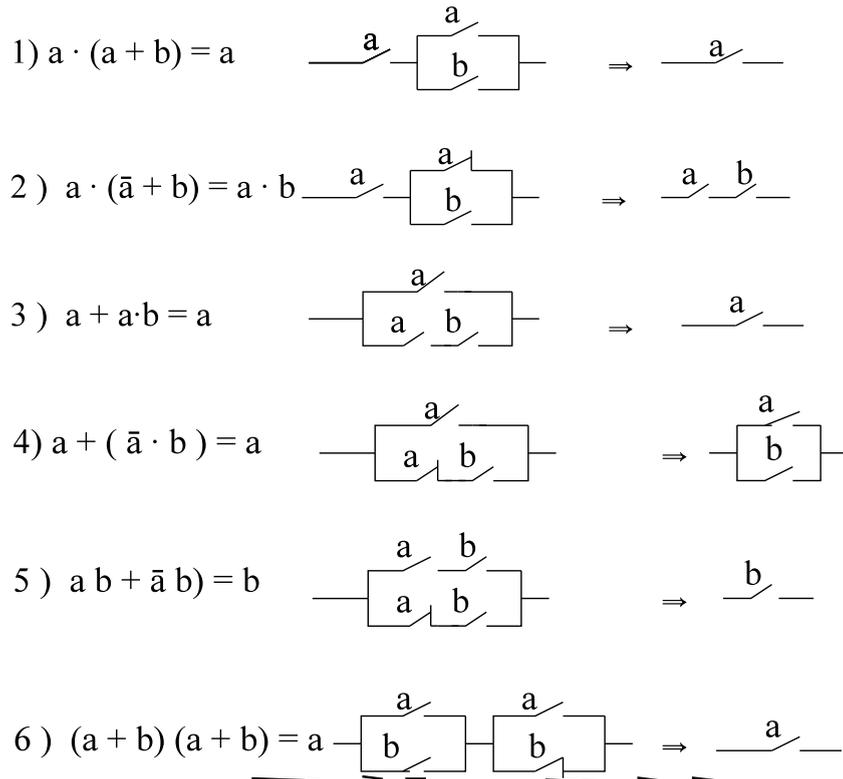
$$7) \bar{a} \cdot \bar{a} = \bar{a} \quad \text{---} \bar{a} \text{---} \bar{a} \text{---} \Rightarrow \text{---} \bar{a} \text{---}$$

$$8) a + a = a \quad \text{---} \begin{array}{|c|} \hline a \\ \hline a \\ \hline \end{array} \text{---} \Rightarrow \text{---} a \text{---}$$

$$9) a + \bar{a} = 1 \quad \text{---} \begin{array}{|c|} \hline a \\ \hline \bar{a} \\ \hline \end{array} \text{---} \Rightarrow \text{---} 1 \text{---}$$

$$10) \bar{a} + \bar{a} = \bar{a} \quad \text{---} \begin{array}{|c|} \hline \bar{a} \\ \hline \bar{a} \\ \hline \end{array} \text{---} \Rightarrow \text{---} \bar{a} \text{---}$$

Las **propiedades** del álgebra de Boole son tres, conmutativa, asociativa y distributiva, representadas en el siguiente cuadro mediante su expresión algebraica y su equivalente eléctrico, respecto de las dos operaciones básicas suma y producto.



Y por último los **teoremas** de dicho álgebra, respecto de suma y producto.

- Ley de absorción  $a + a \cdot b = a$        $a \cdot (a + b) = a$
- Leyes de Morgan  $a + \bar{b} = \overline{a \cdot b}$        $\overline{a \cdot b} = a + \bar{b}$

#### 4. OPERADORES LÓGICOS O PUERTAS LÓGICAS.

Los operadores lógicos o puertas lógicas son circuitos integrados que realizan las operaciones lógicas.

Analizaremos las puertas más empleadas, las operaciones que realiza y sus ecuaciones lógicas.

#### 4.1. Puerta O u OR.

La puerta O, en inglés OR, realiza la función lógica de sumar. Las entradas pueden ser varias, sin embargo la salida es única. Debido a que el estado de las entradas sólo puede ser el 1 o el cero, la función suma, es decir, la operación lógica que realiza esta puerta, tomará el estado 1 si una o más entradas están en estado 1.

Si llamamos S a la salida y a, b, c,..., a las entradas, la **expresión** de esta operación lógica será,

$$S = a + b + c + \dots + n$$

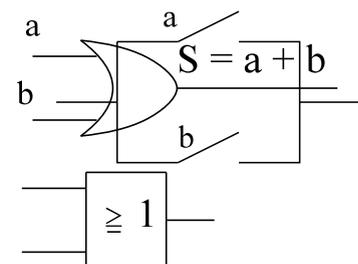
que se lee "S igual a a o b o c ... o n".

El enunciado de la función suma dice que su estado es 1 mientras al menos una de las entradas esté en estado 1. Este hecho puede ser comprobado sistemáticamente haciendo uso de una tabla conocida como **tabla de verdad**. Ésta se confecciona estableciendo todas las posibles combinaciones de las variables y de sus estados. Como los estados posibles son solamente dos, 0 o 1, el número de combinaciones posibles será siempre  $2^N$ , siendo N el número de entradas.

En el caso de nuestra puerta O, supongamos que sólo disponemos de dos entradas a y b. La **tabla de verdad** correspondiente es la siguiente.

Entrada		Salida
a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

El resultado obtenido mediante la tabla de verdad también puede ser observado haciendo uso de los **interruptores** como si de las variables se tratara. En este caso podemos observar que tan sólo cuando ambos interruptores están abiertos, ceros lógicos, la



salida es cero.

La **simbología** de esta puerta se indica en el gráfico adjunto.

#### 4.2. Puerta Y o AND.

Esta puerta realiza la función lógica del producto. Por ello, la salida de una puerta Y (AND en inglés) estará en estado 1 sólo si todas sus entradas están también en estado 1.

La **función** lógica de esta puerta es la siguiente,

$$S = a \cdot b \cdot c \cdot \dots \cdot n$$

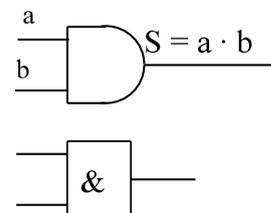
La **tabla de verdad** realizada para dos entradas es la siguiente.

Entrada		Salida
a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Del mismo modo que para la puerta O, podemos establecer la equivalencia eléctrica de la puerta Y haciendo uso de interruptores. De este modo se observa que sólo cuando todas las entradas están en el nivel 1, la salida también lo estará.



La **simbología** de esta puerta se indica en el gráfico adjunto.



#### 4.3. La puerta NO o NOT.

La misión de una puerta NO (NOT en inglés) es obtener a la salida el valor complementario de la entrada. De este modo, la **función** lógica que define la

operación lógica de esta puerta es la siguiente:

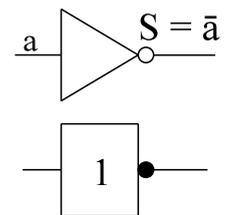
$$S =$$

De este modo, la salida tomará el valor 1 cuando la entrada tenga el valor cero.

La **tabla de verdad** de esta puerta es la siguiente.

Entrada	Salida
a	S
0	1
1	0

El **símbolo** de esta puerta, también llamada **inversor** es el representado.



#### 4.4. Puerta NO-Y o NAND.

La operación lógica que realiza esta puerta es la negación del producto, como su nombre indica. La salida de una puerta NAND será igual a 1 siempre que alguna de sus entradas sea un 0. El nombre NAND viene de la contracción en inglés de NOT y AND.

La **función** lógica de esta puerta es la siguiente,

$$S = \overline{a \cdot b \cdot c \cdot \dots \cdot n}$$

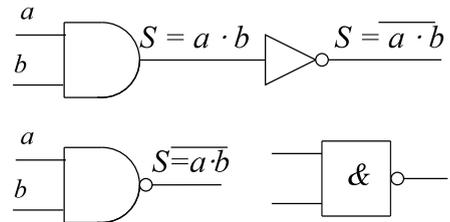
La **tabla de verdad** correspondiente a dos variables permite apreciar la afirmación anterior. Esta tabla también incluye la columna de la función AND para apreciar mejor los resultados de esta puerta.

Entrada		Salida	
a	b	Y	S (NAND)
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1

1
1
1
0

---

El **símbolo** de esta puerta, es similar al de la puerta AND a la que se incluye un pequeño círculo a la salida que simboliza la unión de una puerta NAND seguida de un inversor.



#### 4.5. Puerta NO-O o NOR.

Esta puerta realiza una operación lógica similar a la anterior, dando como salida la negación de la suma lógica de sus entradas. La salida de una puerta NOR será igual a 1 siempre que todas sus entradas estén a nivel 0. El término NOR viene de la contracción inglesa NOT y OR.

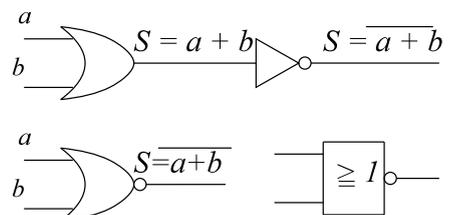
La **función** lógica de esta puerta es la siguiente,

$$S = \overline{a + b + c + \dots + n}$$

La **tabla de verdad** correspondiente a dos variables (a y b) permite apreciar la afirmación anterior. También se incluye la columna de la función OR para comprender mejor los resultados de esta puerta.

Entrada		Salida	
a	b	OR	S (NOR)
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

El **símbolo** de esta puerta, es similar al de la puerta OR a la que se incluye un pequeño círculo a la salida que simboliza la unión de una puerta OR



seguida de la negación de esta salida.

#### 4.6. Puerta O-Exclusiva o EXOR o EOR.

Esta puerta da como salida un 1 lógico cuando alguna de las entradas está en estado 1 de manera exclusiva, es decir, cuando sólo una de las entradas está en estado 1 y las demás en estado 0.

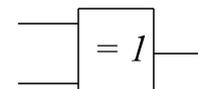
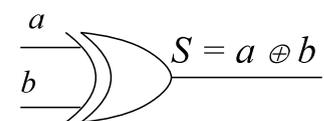
La **expresión** booleana de esta puerta es la siguiente,

$$S = a \oplus b \oplus c \oplus \dots \oplus n$$

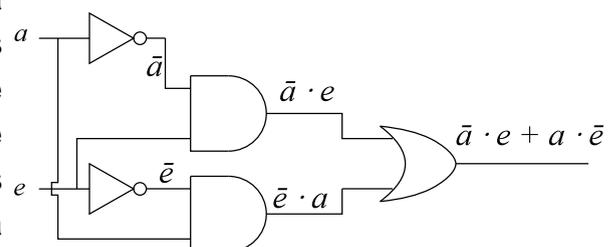
La **tabla de verdad** para dos variables (a y b) describe el funcionamiento de esta puerta.

Entrada		Salida
a	b	EXOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

El **símbolo** de esta puerta, es similar al de la puerta OR.



Aunque se tratará más adelante la forma de simplificar y expresar las funciones lógicas a partir de la tabla de verdad, podemos adelantar una forma de expresar esta función a partir de las variables a y e, así como su equivalencia



con puertas AND, NAND y NOT.

$$S = a \oplus b = \bar{a} \cdot b + a \cdot \bar{b}$$

## 5. TÉCNICAS DE DISEÑO Y SIMPLIFICACIÓN DE FUNCIONES LÓGICAS.

Ya hemos estudiado las principales características del sistema binario. Con estas propiedades podemos modificar la forma de una expresión lógica, obteniendo otra distinta pero equivalente a la primera. Esta transformación es de suma importancia, principalmente para economizar el número de puertas a emplear o para emplear exclusivamente un tipo de puertas, como veremos más adelante.

### 5.1. Obtención de la función lógica a partir de la tabla de verdad.

Para la resolución de circuitos lógicos combinacionales, normalmente se sigue un proceso, cuyo primer paso consiste en la confección de una tabla de verdad que establece todas las combinaciones posibles de entrada, y determina, para cada una de ellas, el estado de la salida según el planteamiento del problema.

A partir de la tabla de verdad podemos obtener la función lógica de dos modalidades distintas:

- Primera forma canónica o suma de productos o MINITERMS.
- Segunda forma canónica o productos de sumas o MAXTERMS.

Antes de continuar, hemos de reseñar que forma canónica de una función es todo producto de sumas o toda suma de productos en las que aparecen todas las variables, bien en forma directa, bien en forma complementada.

Podemos poner como ejemplo de la primera forma canónica la siguiente función,

$$S = \bar{c}e + ac$$

Para la segunda forma canónica podemos tomar como ejemplo la siguiente expresión,

$$S = (a + c + \bar{\quad}) (\quad + c + \bar{\quad}) (a + b + c)$$

La **primera forma canónica** se obtiene sumando todos los productos lógicos que dan salida 1, asignando al estado 0 la variable inversa y al estado 1 la variable directa.

Veamos un ejemplo ilustrado por la tabla de la verdad representada.

Fila (Decimal equivalente)	d	o	a	S
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

$$S = a \bar{d} + a d + \bar{d} o + d o + a d o$$

La primera combinación de variables que tiene como salida un 1 lógico es la fila 1. La combinación da lugar a valor 1 en la salida cuando "d" y "o" están negados y a está en forma directa, que se corresponde con el primer sumando ( $a \cdot \bar{d} \cdot$ ). Del mismo modo obtenemos el resto de los sumandos.

Si representamos la tabla de verdad siguiendo un orden ya establecido, podemos normalizar la expresión en forma de suma de productos. Esta ordenación consiste en situar las variables en orden contrario a como aparecen en las expresiones lógicas (o, d, a). Para la variable a asignamos alternativamente los valores 0 y 1 hasta completar la tabla. Para la siguiente variable asignamos los valores 0 y 0 y seguidamente 1 y 1, repitiendo éstos hasta completar su columna. Para la siguiente variable comenzamos con cuatro ceros (0, 0, 0, 0) y cuatro unos (1, 1, 1, 1), repitiendo la secuencia. Si hubiese más variables repetiríamos grupos de ceros y de unos conteniendo cada grupo  $2^{n-1}$  elementos, por ello, para la primera variable tenemos  $2^{1-1} = 2^0 = 1$ , para la segunda variable  $2^{2-1} = 2$ , y así sucesivamente.

De este modo podemos indicar la primera forma canónica del siguiente modo,

$$S = \sum_3 (1, 3, 4, 6, 7)$$

que indica que la variable de salida depende de tres variables (subíndice  $_3$ ) y que toma el valor 1 en las filas 1, 3, 4, 6 y 7.

La forma canónica en miniterms es más cómoda y fácil de obtener que la forma

en maxterms.

Para obtener la **segunda forma canónica** directamente de la tabla de verdad, se observan las combinaciones que hacen cero la salida ( $S = 0$ ), y sustituyendo en cada una de ellas el valor 0 por una variable directa y el valor 1 por su expresión inversa. En nuestro ejemplo tenemos la siguiente expresión para la segunda forma canónica o maxterms,

$$S = (a + o + d) (a + \quad + d) ( \quad + o + \bar{d})$$

Podemos comprobar que la función S anterior es igual a 1 para cada una de las combinaciones que en la tabla de verdad cumplen con este requisito. Como ejemplo tomemos la fila 7, en la que todas las variables toman el valor 1. Tendremos

$$S = (1 + 1 + 1) (1 + 0 + 1) (0 + 1 + 0) = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Para tomar una expresión normalizada del producto de sumas, es necesario hacer algunas operaciones previas. Se identifica cada una de las filas cuyas combinaciones dan salida 0. Para cada una de ellas se opera con la siguiente expresión:  $2^n - 1 - i$ , donde n es el número de variables e i el número de la fila que hace 0 la salida. En nuestro caso, las filas  $i = 0, 2, 5$ . Sustituyendo en la expresión indicada tenemos:

$$\text{para } i = 0 \quad 2^3 - 1 - 0 = 7$$

$$\text{para } i = 2 \quad 2^3 - 1 - 2 = 5$$

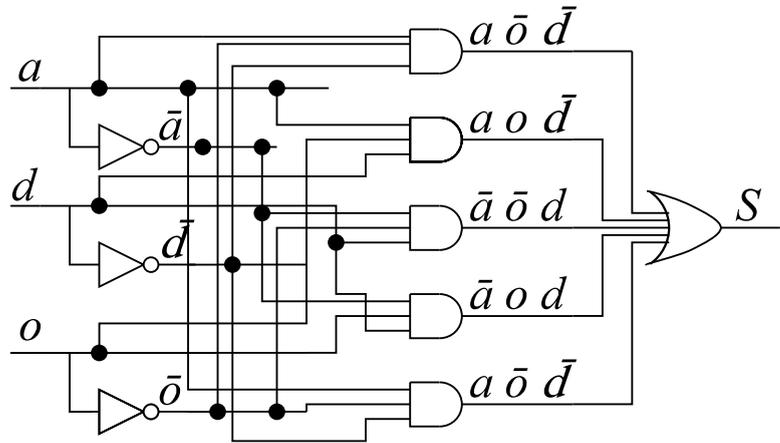
$$\text{para } i = 5 \quad 2^3 - 1 - 0 = 2$$

Los valores obtenidos (7, 5, 2) referidos a la tabla de verdad permiten expresar la función salida del siguiente modo,

$$S = \prod_3 (2, 5, 7)$$

y para obtener la expresión desarrollada sólo hay que realizar el producto de las sumas de las variables de cada una de las filas obtenidas (2, 5, 7) sustituyéndolas por la variable directa si toman el valor 1, o por la complementada si toman el cero. Así, para el segundo término, es decir, para la fila 5, la variable a toma el valor 1, la o el 0 y la d el 1, obteniendo el factor  $(a + \quad + d)$ . Del mismo modo se completa la expresión S con todos sus términos.

Para el **circuito** digital de la **primera** forma canónica hemos de emplear dos tipos de puertas, primero puertas AND para formar los sumandos y luego una sola puerta OR que realizará dicha suma. Por este motivo se le conoce como estructuras de dos niveles AND-OR o Y-O. Evidentemente es necesario obtener la inversa de las entradas empleando una puerta NOR cuando sea necesario. Si no contamos las puertas inversoras, hemos necesitado seis puertas para diseñar el circuito.



En el caso de la **segunda** forma canónica sería necesario emplear en primer lugar las puertas OR y luego las AND, conociéndose como OR-AND u O-Y. Aunque no diseñemos el circuito correspondiente, sabemos que el número de puertas empleadas sería de cuatro, tres puertas OR para el primer nivel y una puerta AND para el segundo, economizando material con respecto a la forma canónica anterior.

## 5.2. Simplificación de funciones.

En el punto anterior tratábamos el proceso que había que seguir para resolver los circuitos combinacionales, indicando que en primer lugar debíamos realizar la tabla de verdad y, a continuación, obtener la ecuación en forma canónica, bien en su primera forma, bien en su segunda. Una vez llegados a este punto, el siguiente paso consiste en simplificar todo lo posible la ecuación resultante.

Existen varios métodos para simplificar las funciones booleanas, entre los que destacan los dos tipos que pasamos a describir.

## 5.3. Método algebraico.

Este método emplea los postulados, propiedades y teoremas del álgebra de Boole para simplificar las funciones lógicas.

Además de las propiedades ya tratadas es conveniente conocer uno de los teoremas más importantes del álgebra de Boole, conocido como Teorema de Morgan. Este teorema puede enunciarse así: la negación de la suma es igual al producto de negados. La **expresión** lógica es la siguiente:

$$\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$$

$$\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$$

donde también se indica la expresión dual del teorema, es decir, la negación del producto es igual a la suma de negados.

También se cumplen las propiedades conmutativa y asociativa respecto de la suma y del producto, así como la propiedad distributiva.

Haciendo uso de las propiedades, postulados y teoremas del álgebra booleana podemos simplificar las expresiones obtenidas a partir de la tabla de verdad en forma canónica.

Siguiendo con el ejemplo anterior, donde obtuvimos la siguiente expresión de salida para los maxterms,

$$S = (a + o + d) (a + \quad + d) (\quad + o + \bar{d})$$

podemos realizar algunas transformaciones para simplificar esta función, si bien hay que indicar que no existen reglas fijas para llevar a término estas simplificaciones. Para simplificar la función anterior se han seguido los siguiente pasos.

1- Sacar factor común (a + d) de los factores 1 y 2

$$S = (a + d) (o + \quad) (\quad + o + \bar{d})$$

Como (o + \quad) = 1 nos queda

$$S = (a + d) (\quad + o + \bar{d})$$

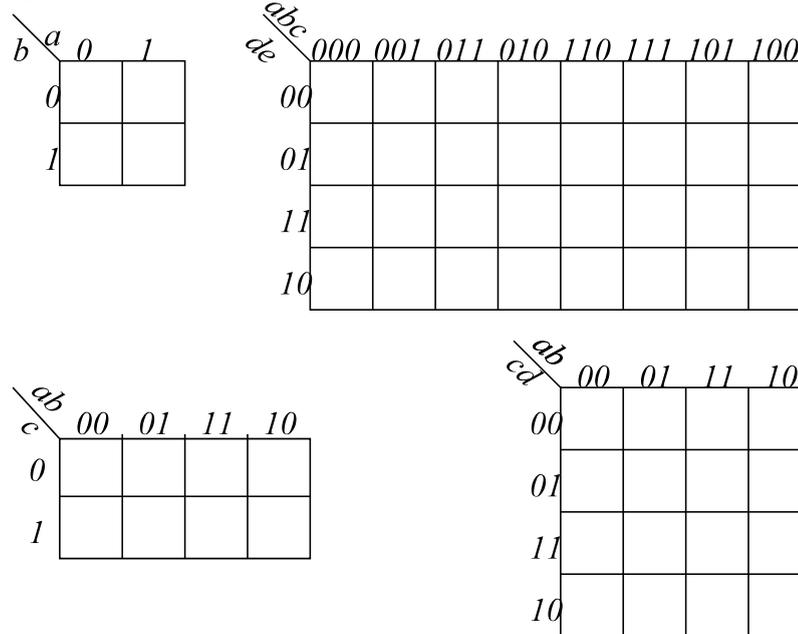
De este modo hemos reducido el número de puertas a tres, dos puertas OR de primer nivel y una puerta AND de segundo nivel.

#### **5.4. Método gráfico de Karnaugh.**

Esta herramienta para simplificar funciones es uno de los métodos más fáciles que existen si el número de variables a simplificar no es muy elevado. Normalmente se emplean hasta seis variables, pero suele emplearse hasta cinco.

Su principio de funcionamiento se basa en la determinación, a partir de la tabla de verdad, de unas tablas denominadas tablas de Karnaugh, cuya forma depende del número de variables de entrada que se usan.

En la figura se representan estas tablas para dos, tres, cuatro y cinco



variables.

En este método, los cuadrados o celdas correspondientes a los términos canónicos que forman parte de la función se indican mediante un 1, y los correspondientes a los términos que no forman parte de ella se dejan en blanco o con un 0. En el caso de que existan combinaciones con términos indefinidos (X) estos se tomarán como más interesante, 1 o 0.

Para obtener la expresión más sencilla, es necesario realizar **agrupaciones**, estas agrupaciones serán el menor número posible con el mayor número de unos posibles, que formen parte de cuadros adyacente en la tabla, teniendo en cuenta que ésta es cerrada, es decir, que la última columna es adyacente con la primera, y que la primera fila lo es con la última. Por este mismo principio, las cuatro esquinas de la tabla son adyacentes entre sí.

El principio de simplificación de las tablas o mapas de Karnaugh se basa en una de las leyes del álgebra de Boole. Dicha ley es la siguiente:

$$(a d) + (a \bar{d}) = a$$

Y como puede apreciarse, todas las casillas contiguas, según los ejes coordenados,

se caracterizan por diferenciarse sólo en una variable, que se encuentra negada en una de ellas y sin negar en la otra. De este modo conseguimos simplificar las casillas contiguas por sus variables comunes.

El **procedimiento** a seguir para agrupar los unos será el siguiente:

1. Se toman todos los unos que no pueden formar parte de un grupo de dos por no ser adyacentes con ninguno.

2. Se forman los grupos de dos unos que no puedan formar parte de un grupo de cuatro.

3. Cuando se cubran todos los unos se detiene el proceso.

4. Procuraremos incluir, si es posible, todos los términos representados, no existiendo ningún problema en que un término pertenezca a más de un agrupamiento.

Una vez hechas todas las agrupaciones, hay que realizar el proceso de simplificación a las dos expresiones canónicas y, por último, dibujar con puertas lógicas el circuito combinacional más simple de las dos.

### **5.5. Diseño de circuito combinacionales.**

Como se recordará, los circuitos combinacionales son aquéllos en los que las salidas dependen únicamente del valor de las entradas. En dichos circuito, por tanto, una misma combinación de entrada provocará siempre la misma salida.

Los pasos para el diseño de dichos circuitos son:

1) Construcción de la tabla de verdad a partir del enunciado del problema.

2) Obtención de las ecuaciones lógicas por minterm y/o maxterm.

3) Simplificación de las funciones por Boole o Karnaugh.

4) Implementación del circuito con distintos tipos de puertas o con un sólo tipo, aplicando sobre las ecuaciones simplificadas las leyes de Morgan.

En los ejemplos estudiados, los circuitos disponían de una sola salida, pero podemos encontrar circuitos que pueden tener varias salidas. A dichos circuitos se les conoce con el nombre de multifunción (están definidos por varias funciones, una por cada salida). En el proceso de simplificación es conveniente buscar términos comunes a más de una función para utilizar menos puertas lógicas en la fase de construcción.

A la hora de construir la tabla de verdad de un circuito, puede ocurrir que

determinadas combinaciones de entrada no puedan producirse o no tengan relevancia y, por tanto, no esté definido el valor que debe adoptar la salida en dicho caso; entonces, en la columna correspondiente a la salida se marcarán dichas combinaciones con la letra X (salida indiferente). A la función obtenida se le denomina función incompletamente especificada. Al rellenar el mapa de Karnaugh para realizar la simplificación deben indicarse dichas X, que podrán ser tomadas como 1 o como 0, según nos interese realizar las mayores agrupaciones para favorecer la simplificación.

De los cuatro puntos señalados anteriormente, falta por desarrollar el cuarto. Implementar con cualquier tipo de puertas es la forma más sencilla de resolver el circuito, sin embargo, nos obligaría a disponer de una gran variedad de ellas. Al ser posible el empleo de un sólo tipo de puerta para la resolución de cualquier circuito, es más cómodo dibujar el diagrama lógico con sólo un tipo de puertas. Las puertas que pueden construir cualquier sistema lógico son las puertas NAND y las puertas OR.

En cualquiera de los dos casos, partiremos de la función expresada en miniterm, es decir, como suma de productos lógicos. Para resolver sólo con puertas NAND, negaremos dos veces toda la función (salvo que ya esté negada una vez toda ella, en cuyo caso no será necesario), de este modo, la función no varía. Así obtendremos una función compuesta sólo de productos negados, que es precisamente la operación que realiza esta puerta.

$$S = \overline{A} \cdot C + B = \overline{\overline{\overline{A} \cdot C + B}} = \overline{\overline{A \cdot C} \cdot \overline{B}} = \overline{A \cdot C} \cdot B$$

De este modo, la primera puerta multiplicaría A y C y negaría este producto. La segunda puerta multiplicaría el producto anterior por B y lo negaría.

Para resolver sólo con puertas NOR, negaremos dos veces todos los sumandos de la función (salvo que alguno ya esté negado una vez, en cuyo caso no se negará ese sumando), permaneciendo invariable la función. Así obtendremos una función compuesta sólo de sumandos negados, que es precisamente la operación que realiza esta puerta.

$$S = \overline{A} \cdot C + B = \overline{\overline{\overline{A} \cdot C} + \overline{B}} = \overline{\overline{A + C} + \overline{B}} = \overline{\overline{A + C} + \overline{B}} = \overline{\overline{A + C} + \overline{B}}$$

## 5.6. Puertas lógicas integradas.

\_\_\_\_\_ Como sin duda supondrá, resulta prácticamente imposible, y muy caro, la fabricación de aparatos en los que se utilicen cientos de puertas lógicas si éstas se han de fabricar con transistores, diodos y resistencias. Es por lo que en la actualidad todos los aparatos de electrónica digital utilizan puertas lógicas integradas, ya que no sólo se facilita el montaje del circuito y se abaratan precios, sino que resultan mucho más sencillos de reparar, pues si alguna puerta falla bastará con cambiar todo el circuito integrado en el cual se encuentre para que vuelva a funcionar.

Se fabrican circuitos integrados tanto en tecnología bipolar como en tecnología MOS.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Prat L. y otros. "Circuitos y dispositivos electrónicos". Ed. UPC. 1993.

Gil Padilla. "Electrónica general". Ed. Mc. Graw-Hill. 1996.

Angulo J.M. "Electrónica fundamental" . Ed. Paraninfo. 1984.

VV. AA. " Maniobra, mando y control eléctricos. Ed. CEAC. 1985.