



TEMA 11.- PARÁMETROS: ELÉCTRICOS, MECÁNICOS, HIDRÁULICOS, NEUMÁTICOS Y QUÍMICOS.

1.- INTRODUCCIÓN

Los parámetros son las magnitudes físicas fundamentales que definen el comportamiento, rendimiento y capacidad de trabajo de las máquinas y sistemas electromecánicos (como motores, generadores o actuadores).

También se explican los parámetros RAM como los indicadores de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. Sus siglas del inglés *Reliability*, *Availability*, *Maintainability* son métricas de ingeniería utilizadas para evaluar el rendimiento, la confianza y la vida útil de un equipo o sistema industrial.

El análisis de fiabilidad mide la probabilidad de que un equipo funcione correctamente sin fallos durante un período de tiempo determinado y bajo condiciones operativas específicas. (Ejemplo: un motor que funciona 1.000 horas continuas antes de detenerse por una avería).

El análisis de disponibilidad es la proporción de tiempo que un equipo está listo y en condiciones para ser utilizado en comparación con el tiempo total en el que se le necesita. (Ejemplo: una máquina programada para trabajar 100 horas que cumple 95 horas “95% de disponibilidad”, perdiendo 5 horas por reparaciones).

El análisis de mantenibilidad mide la velocidad y facilidad con la que un sistema puede ser reparado o devuelto a su estado operativo normal después de sufrir una falla. (Ejemplo: un técnico tarda un promedio de 2 horas en diagnosticar, cambiar una pieza y reajustar el equipo dañado).

Volviendo a la expresión “parámetros” como magnitudes físicas fundamentales y para entender de forma óptima el funcionamiento de un sistema, hacemos una descripción detallada de los parámetros eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos y químicos principales.

2.- PARÁMETROS ELÉCTRICO-MECÁNICOS

Los parámetros eléctricos miden las características de la energía que alimenta o genera un circuito.

Los parámetros mecánicos miden la respuesta física, el movimiento y la fuerza resultante del sistema.

-Voltaje (Tensión): El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor. La diferencia de potencial entre dos puntos se mide en voltios (V).



Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos de un circuito eléctrico. Para efectuar la medida de la diferencia de potencial, el voltímetro ha de colocarse *en paralelo*, esto es, en derivación sobre los puntos entre los que se trata de efectuar la medida.

-Corriente (Intensidad): La corriente eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material. Esta se mide en amperios y se indica con el símbolo A. Una corriente eléctrica, puesto que se trata de un movimiento de cargas, produce un campo magnético. El instrumento usado para medir la intensidad de la corriente eléctrica es el galvanómetro que calibrado en amperios, se llama amperímetro, colocado en serie con el conductor cuya intensidad se desea medir.



En la actualidad se instala el analizador de redes (ARE) que proporciona la medida de magnitudes como la potencia activa, coseno, energía reactiva además de la intensidad y tensión.



En instalaciones de alta tensión o cuando la intensidad de corriente son elevadas la conexión con los elementos de medida se realiza a través de *Transformadores de medida*, estos son los transformadores de intensidad (TI) y transformadores de tensión (TT).



-Resistencia. La resistencia eléctrica mide la dificultad que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. Se representa por la letra R, y se mide mediante el ohmímetro u óhmetro.

La resistencia eléctrica de un material dependerá de su composición. Según sea esta, presentará mayor o menor facilidad al paso de electrones a su través. La unidad de medida de la resistencia eléctrica es el Ohmio (Ω).

La fórmula que calcula la resistencia es:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

R = Resistencia del material en ohm (Ω).

ρ = Coeficiente de resistividad o resistencia específica del material en

$$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

, a una temperatura dada.

l = Longitud del material en metros.

s = Superficie o área transversal del material en mm².

La Ley de Ohm establece que "la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo", se puede expresar matemáticamente en la siguiente ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

I = Intensidad en [amperios](#) (A)

V = Diferencia de potencial en [voltios](#) (V) ó (U)

R = Resistencia en [ohmios](#) (Ω).

-Frecuencia. La frecuencia en un circuito eléctrico es el número de ciclos por segundo en una corriente alterna, medido en hercios (Hz).



-Velocidad de giro (rpm). Las revoluciones o vueltas por minuto que da un eje mecánico.

-Torque (Par motor). La fuerza de giro o momento retorcedor aplicado a un eje, medido en Newton-metro (Nm).

-Fuerza. Acciones mecánicas de empuje o tracción, medidas en Newtons (N).

-Trabajo. El trabajo que realiza una *fuerza* se define como el producto de ésta, por el camino que recorre su punto de aplicación.

$$T = F \times d$$

Si, para arrastrar un carro, es preciso comunicar una fuerza de $F = 100 \text{ N}$ ($N = \text{newton}$) y se desplaza una distancia $d = 20 \text{ metros}$ el trabajo resulta ser:

$$T = F \times d = 100 \times 20 = 2.000 \text{ J. (J = Julio).}$$

La fuerza se mide en Newton y el Trabajo en Julios.

Siempre que multipliquemos Newton x metros ($N \times m$) obtendremos Julios.

-Energía. Es todo lo susceptible de transformarse en trabajo. Existen muchos tipos de energía: energía potencial, gravitatoria, cinética, química, eléctrica, nuclear, etc. Puesto que la energía puede transformarse en trabajo, se expresará en las mismas unidades que éste. Trabajo y energía son sinónimos.

El Trabajo y la Energía se expresan en JULIOS o JOULES $1 \text{ Julio} = 1 \text{ Newton} \times 1 \text{ metro}$ ($1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$).

-Potencia. Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Esto equivale a la velocidad de cambio de energía en un sistema o al tiempo empleado en realizar un trabajo. La potencia mecánica es la potencia transmitida mediante la acción de las fuerzas físicas de contacto o elementos mecánicos asociados como palancas, engranajes, etc. El trabajo realizado por unidad de tiempo en la parte física, medido a menudo en caballos de fuerza (HP) o kilovatios (kW).

El vatio a watt es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Es el equivalente a 1 julio por segundo (1J/s) y es una de las unidades derivadas. Expresado en unidades utilizadas en electricidad, el vatio es la potencia producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1VA). La potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se



expresa en vatios, si son de poca potencia, pero si son de mediana o gran potencia se expresa en kilovatios (kW) que equivale a 1000 vatios. Un kW equivale a 1,35984 CV (caballos de vapor). La potencia eléctrica es la velocidad a la que se consume o produce la energía, medida en vatios (W).

El caballo de vapor, símbolo CV, es una unidad de potencia. Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente un peso de 75 kg-fuerza (kilopondios) a la velocidad de 1 m/s. Esta unidad se llama así porque se suponía que era la potencia que desarrolla un caballo. Aunque el caballo de vapor no es una unidad del Sistema Internacional, todavía se usa más que el vatio, especialmente en vehículos terrestres y motores eléctricos; sin embargo, en aquellos países en los que es legalmente obligatorio el uso del Sistema Internacional, en los catálogos de vehículos aparece siempre la potencia también en kW.

-Efectos de la corriente eléctrica. Destacaremos, por su importancia, el efecto térmico, químico y magnético.

-Efecto térmico o efecto Joule. Una de las principales aplicaciones de la energía eléctrica proviene de su posibilidad de transformación en calor. Esta conversión, conocida por efecto Joule, se explica como el resultado de los choques que experimentan las cargas eléctricas del cuerpo por la que circula la corriente, que elevan así su temperatura.

Sabemos por la **Ley de Ohm** $V = R \times I \Rightarrow$ luego $P = R \times I \times I = R \times I^2$

$I = V / R \Rightarrow$ luego también podemos poner que $P = V \times V / R = V^2 / R$

Así pues tenemos tres formas de calcular la potencia eléctrica:

$$P = V \times I$$

$$P = R \times I^2$$

$$P = V^2 / R$$

Evidentemente, la energía E será:

$$E = V \times I \times t$$

$$E = R \times I^2 \times t$$

$$E = (V^2 / R) \times t$$

Cuando la energía eléctrica se manifiesta en forma de calor, suele expresarse en CALORIAS. El número de calorías es fácil de calcular sabiendo que:

1 julio = 0,24 calorías (llamado equivalente calorífico del trabajo) o bien:

1 caloria = 4,18 julios (llamado equivalente mecánico del calor)

Podemos decir que el calor desarrollado por una corriente eléctrica (LEY DE JOULE) será:



$$C \text{ (calor)} = 0,24 \times R \times I^2 \times t \text{ (calorías)}$$

- I es la intensidad de la corriente que circula y se mide en amperios;
R es la resistencia eléctrica del conductor y se mide en ohmios;
t es la tiempo el cual se mide en segundos.

-Impedancia. La impedancia es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente. Tiene especial importancia si la corriente varía en el tiempo, en cuyo caso, ésta, la tensión, y la propia impedancia se notan con números complejos o funciones del análisis armónico. Su módulo (a veces impropriamente llamado impedancia) establece la relación entre los valores máximos o los valores eficaces de la tensión y de la corriente. La parte real de la impedancia es la resistencia y su parte imaginaria es la reactancia. El concepto de impedancia generaliza la ley de Ohm en el estudio de circuitos en corriente alterna (AC).

- Se denomina reactancia a la impedancia ofrecida, al paso de la corriente alterna por un circuito en el que solo existen inductores (bobinas) o capacitancias (condensadores) puras, esto es, sin resistencias. No obstante, esto representaría una condición ideal, puesto que no existen en la realidad bobinas ni condensadores que no contengan una parte resistiva, con lo cual los circuitos en general estarán formados por una composición R-L-C (resistencia, inductor, capacitador).
- Se denomina resistencia eléctrica, simbolizada habitualmente como R, a la dificultad u oposición que presenta un cuerpo al paso de una corriente eléctrica para circular a través de él. En el Sistema Internacional de Unidades, su valor se expresa en ohmios, que se designa con letra griega omega mayúscula, Para su medida existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de un ohmímetro. Según sea la magnitud de esta oposición al paso de la corriente, las sustancias se clasifican en conductoras, aislantes y semiconductoras. Existen además ciertos materiales en los que en determinadas condiciones de temperatura, aparece un fenómeno denominado superconductividad, en el que el valor de la resistencia es prácticamente nulo.

2.1- Equipos de medida de parámetros eléctricos

El equipo de medida de la energía eléctrica es el medidor de consumo eléctrico o contador eléctrico, es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo ésta la aplicación usual. Existen medidores electromecánicos y electrónicos:



- Los medidores electromecánicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula. El par de giro es proporcional a la potencia consumida por el circuito. A mayor potencia, más rápido gira el disco, acumulando más giros conforme pasa el tiempo.
- Los medidores electrónicos utilizan convertidores analógico-digitales para hacer la conversión. En la actualidad los equipos de medida están capacitados para enviar su medida en tiempo real a los comercializadores del sistema.

Las tensiones máximas que soportan los medidores eléctricos son de aproximadamente 600 voltios y las corrientes máximas pueden ser de hasta 200 amperios. Cuando las tensiones y las corrientes exceden estos límites se requieren transformadores de medición de tensión y de corriente. Se utilizan factores de conversión para calcular el consumo en dichos casos.

2.2- Instalaciones

Según el Reglamento Electrónico para Baja Tensión, se entiende por instalación eléctrica todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Los materiales y equipos utilizados en las instalaciones deberán ser utilizados en la forma y para la finalidad que fueron fabricados. Los incluidos en el campo de aplicación de la reglamentación de trasposición de las Directivas de la Unión Europea, deberán cumplir con lo establecido en las mismas. En lo no cubierto por tal reglamentación se aplicarán los criterios técnicos nacionales. En particular, se incluirán junto con los equipos y materiales las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso, debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

- a) Identificación del fabricante, representante legal o responsable de la comercialización.
- b) Marca y modelos.
- c) Tensión y potencia (o intensidad) asignadas.
- d) Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo asignado por el fabricante.

Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas verificarán el cumplimiento de las exigencias técnicas de los materiales y equipos sujetos a este Reglamento. La verificación podrá efectuarse por muestreo.



Si en la instalación existen circuitos o elementos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificará a efectos administrativos en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada. Cuando en el proyecto de una nueva instalación se considere necesaria la adopción de una tensión nominal superior a 380 kV., el Ministerio de Industria establecerá la tensión que deba autorizarse.

La frecuencia nominal obligatoria para la red eléctrica de servicio público español es de 50 Hz.

Toda instalación de más de un kV debe estar dotada de los elementos necesarios y con el calibrado y regulación conveniente para que en su explotación no produzca perturbaciones anormales en el funcionamiento de instalaciones ajenas. Los sobredimensionamientos y modificaciones impuestos a una parte para corregir este tipo de problemas como consecuencia de cambios realizados por propietarios de otras instalaciones serán costeados por el causante de la perturbación. Las instalaciones eléctricas de más de un kV cuyo funcionamiento produzca o pueda producir perturbaciones en el funcionamiento de sistemas de comunicaciones, señalización, control, transmisión de datos o similares deberán estar dotadas de los dispositivos correctores que en cada caso se preceptúe.

Los materiales, aparatos, máquinas, conjuntos y subconjuntos, integrados en los circuitos de las instalaciones eléctricas de más de un kV cumplirán las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que les sean de aplicación y que establezca como de obligado cumplimiento el Ministerio de Industria. Cuando no esté declarada de obligado cumplimiento ninguna norma o especificación técnica que se refiera a un elemento determinado de la instalación, el Ministerio de Industria podrá señalar, en cada caso, la norma que deba ser de aplicación. En su defecto, el proyectista propondrá y justificará las normas o especificaciones cuya aplicación considere más idónea para las partes fundamentales de la instalación de que se trate.

En el transporte de energía eléctrica en Alta Tensión, según la reglamentación vigente sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, las instalaciones eléctricas se clasifican en las categorías siguientes:

- Primera categoría. Las de tensión nominal superior a 66 kV.
- Segunda categoría. Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría. Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.



Los materiales y elementos utilizados en la construcción, montaje, reparación o reformas importantes de las instalaciones eléctricas de más de un kV deberán estar señalizados con la información que determine la norma u homologación de aplicación correspondiente.

2.3 Autorización, inspección y vigilancia de las instalaciones de A.T.

-Autorización. Será obligatoria la presentación de proyecto suscrito por técnico competente y visado por el Colegio Oficial correspondiente para la realización de toda clase de instalaciones eléctricas de más de un kV. En el supuesto de que se hubiese presentado anteproyecto, una vez concedida la autorización, antes de iniciar la realización, deberá presentarse el oportuno proyecto de ejecución.

-Mantenimiento. Los propietarios de las instalaciones, incluidas en el actual Reglamento, deberán presentar antes de su puesta en marcha, un contrato suscrito con persona física o jurídica competente en el que éstas se hagan responsables de mantener las instalaciones en el debido estado de conservación y funcionamiento. Si el propietario de la instalación, a juicio del órgano competente, dispone de los medios y organización necesarios para efectuar su propio mantenimiento, podrá eximirse de la obligación de presentación de dicho contrato.

-Inspecciones periódicas. Estas inspecciones se realizarán, al menos cada tres años, pudiéndose establecer condiciones especiales en las Instrucciones Técnicas Complementarias. El titular de la instalación cuidará de que dichas inspecciones se efectúen en los plazos previstos. Las inspecciones periódicas se realizarán por las Direcciones Provinciales del Ministerio de Industria o en su caso, por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas o bien por entidades colaboradoras del Ministerio de Industria facultadas para la aplicación de la Reglamentación eléctrica si incluyen entre sus campos de actuación las instalaciones que van a inspeccionar.

- Interrupción y alteración del servicio. En los casos o circunstancias en que se observe inminente peligro para las personas o cosas, se deberá interrumpir el funcionamiento de la instalación. En situación de emergencia, un técnico titulado competente con la autorización de la empresa propietaria de la instalación, podrá adoptar las medidas provisionales que resulten aconsejables, dando cuenta inmediatamente al órgano competente de la Administración que fijará el plazo para establecer las condiciones reglamentarias. Los casos de accidente o de interrupción del servicio público se comunicarán inmediatamente al órgano competente de la Administración.



3.- PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil. La propiedad definitoria es que los fluidos pueden cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas restitutivas tendentes a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable, donde sí hay fuerzas restitutivas).

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propia. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases.

Los principales parámetros hidráulicos son:

-Caudal. Es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

-Presión. Presión es la fuerza normal por unidad de área, y está dada por:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde **P** es la fuerza de presión, **F** es la fuerza normal es decir perpendicular a la superficie y **A** es el área donde se aplica la fuerza.

Las unidades de presión son:

En el Sistema Internacional de unidades (S.I.) la unidad de presión es el **pascal** que equivale a la fuerza normal de un newton cuando se aplica en un área de metro cuadrado. **1pascal = 1N/m²** y un múltiplo muy usual es el **kilopascal (Kpa)** que equivale a 100 N/m² ó 1000 pascales y su equivalente en el sistema inglés es de 0.145 lb/in².

-Presión de un fluido. Un sólido es un cuerpo rígido y puede soportar que se le aplique fuerza sin que cambie sensiblemente su forma, un líquido solo puede



soportar que se le aplique fuerza en una superficie o frontera cerrada si el fluido no está restringido en su movimiento, éste empezará a fluir bajo el efecto del esfuerzo cortante en lugar de deformarse elásticamente.

Presión atmosférica.

Es el peso de la columna de aire al nivel del mar.

$$P_{\text{Atm.}} = 1\text{Atm.} = 760 \text{ mm-Hg} = 14.7 \text{ lb/in}^2 (\text{psi}) = 30 \text{ in-Hg} = 2116 \text{ lb/ft}^2$$

Presión barométrica.

Es la presión que se mide mediante un barómetro* el cual se puede usar como un altímetro y puede marcar la presión sobre o bajo el nivel del mar.

(* Barómetro: Instrumento que sirve para medir la presión atmosférica)

Presión manométrica.

Es la presión que se mide en un recipiente cerrado o tanque.

Presión absoluta.

$$P_{\text{ABS.}} = P_{\text{ATM.}} + P_{\text{MAN.}}$$

Es igual a la suma de la presión atmosférica más la presión manométrica.

-Rugosidad. La rugosidad de las paredes de los canales y tuberías es función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. Los valores son determinados en mediciones tanto de laboratorio como en el campo.

-Diámetro. El diámetro de una circunferencia es el segmento que pasa por el centro y sus extremos son puntos de ella. Es la máxima cuerda (segmento entre dos puntos de la circunferencia) que se encuentra dentro de una circunferencia, o en un círculo. El diámetro de una esfera es el segmento que pasando por el centro, tiene sus extremos en la superficie de ésta.

-Fuerza de fricción. Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al

inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto. Estas imperfecciones hacen que la fuerza entre ambas superficies no sea perfectamente perpendicular a éstas, sino que forma un ángulo con la normal (el ángulo de rozamiento). Por tanto, esta fuerza resultante se compone de la fuerza normal (perpendicular a las superficies en contacto) y de la fuerza de rozamiento, paralela a las superficies en contacto.

-Velocidad. La velocidad es la magnitud física que expresa la variación de posición de un objeto en función del tiempo, o la distancia recorrida por el objeto por unidad de tiempo.

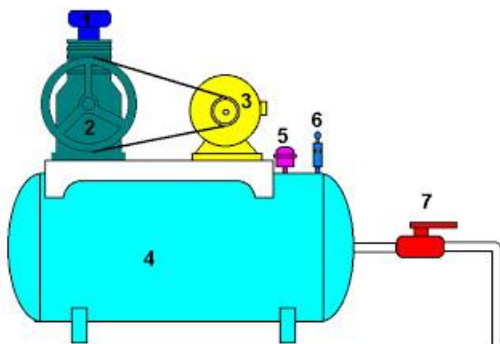
-Tiempo de retención hidráulica. Es el tiempo promedio que se demoraría el fluido en cruzar un cierto volumen fijo. Es frecuente que un líquido deba permanecer un tiempo en una instalación, por ejemplo el agua debe permanecer en el digestor un determinado tiempo, hasta que la digestión de la materia orgánica sea completa. Este tiempo es el tiempo de retención hidráulica.

4.- PARÁMETROS NEUMÁTICOS

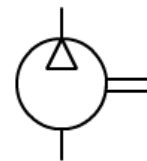
Los elementos básicos de un circuito neumático son:

-El generador de aire comprimido, es el dispositivo que comprime el aire de la atmósfera hasta que alcanza la presión de funcionamiento de la instalación. Generalmente se asocia con un tanque donde se almacena el aire para su posterior utilización.

Los componentes básicos de una unidad neumática



- 1.- filtro de aire
- 2.- compresor
- 3.- motor eléctrico
- 4.- tanque de almacenamiento
- 5.- interruptor de presión
- 6.- válvula de seguridad
- 7.- válvula de control de alimentación



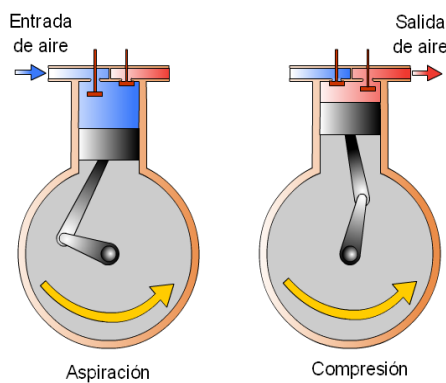
-Las tuberías y los conductos, a través de los que se canaliza el aire para que llegue a todos los elementos.

-Los actuadores, como cilindros y motores, que son los encargados de transformar la presión del aire en trabajo útil.

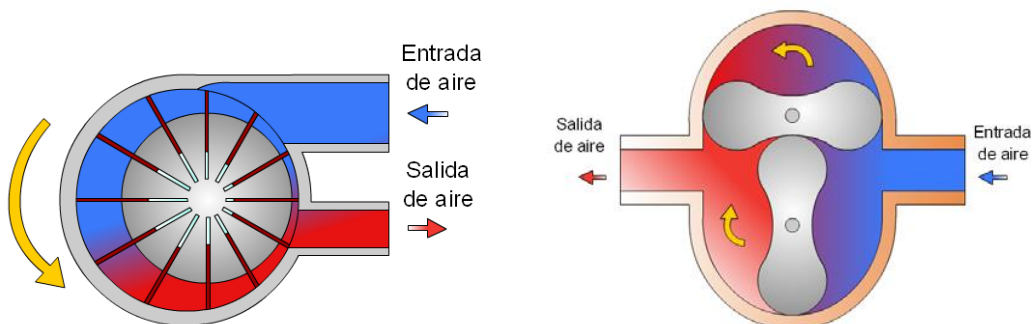
-Los elementos de mando y control, como las válvulas distribuidoras, se encargan de permitir o no el paso del aire según las condiciones preestablecidas.

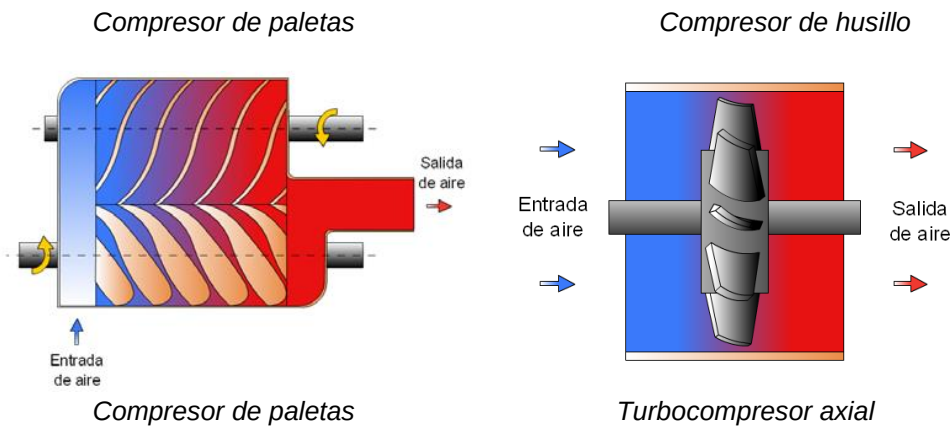
Para la producción de aire comprimido se utilizan los compresores. Estos se pueden clasificar en dos tipos, de émbolo o rotativos.

- **Compresores de émbolo**, son los más utilizados debido a su flexibilidad de funcionamiento. El funcionamiento de este tipo de compresores es muy parecido al del motor de un automóvil. Un eje, mediante una biela y una manivela produce el movimiento alternativo de un pistón. Al bajar el pistón se introduce el aire. Cuando ha bajado totalmente se cierra la válvula de admisión y comienza a subir el pistón y con ello la compresión del aire. Cuando este aire se ha comprimido hasta el máximo, la válvula de escape se abre y sale el aire a presión. Generalmente con una sola etapa se obtiene poca presión por lo que suelen concatenarse varias etapas para obtener mayores presiones.



- **Compresores rotativos**, consiguen aumentar la presión mediante el giro de un rotor. El aire se aspira y se comprime en la cámara de compresión gracias a la disminución del volumen que ocupa el aire. Los hay de paletas, de tornillo y el turbocompresor.



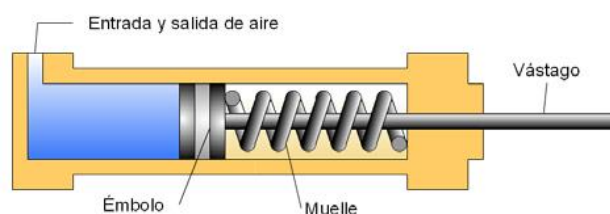


Son actuadores neumáticos aquellos componentes capaces de transformar la energía potencial latente en el aire comprimido en trabajo mecánico para el accionamiento de máquinas o mecanismos. Los actuadores entregan ese trabajo de diferentes formas:

- Cilindros. Entregan el trabajo en forma rectilínea de empuje-tracción.
- Actuadores de giro. Proporcionan movimientos angulares.
- Motores rotativos. Tienen un eje que permite que pueda girar para accionar mecanismos rotativos.

Los parámetros básicos de los actuadores neumáticos son:

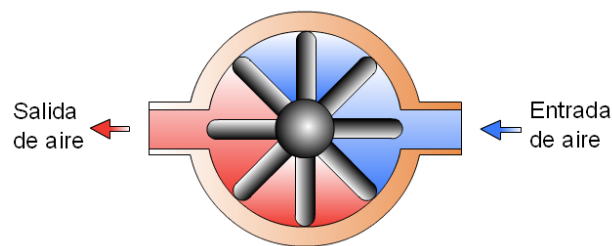
- En los **cilindros**: fuerza y carrera. La fuerza se puede definir como una magnitud vectorial capaz de deformar los cuerpos (efecto estático), modificar su velocidad o vencer su inercia y ponerlos en movimiento si estaban inmóviles. La carrera viene definida por la diferencia entre las dos posiciones extremas del émbolo del cilindro.



Cilindro de simple efecto retorno por muelle

- En los **actuadores de giro**: par y ángulo. El par motor es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro. Se denomina ángulo a la figura geométrica conformada por dos líneas que parten de un punto común. Por combinación de par y ángulo se obtiene la potencia.

- En los **motores neumáticos**: par y revoluciones. Como sabemos, el par motor es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro. Revoluciones por minuto (rpm, RPM o r/min) es una unidad de frecuencia, usada frecuentemente para medir la velocidad angular. En este contexto, una revolución es una vuelta de una rueda, un eje, un disco o cualquier cosa que gire sobre su propio eje.



Motor de paletas

5.- PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

En toda máquina se deben utilizar productos que respeten los parámetros físico-químicos para los que la máquina está preparada y calibrada. Los principales parámetros físico-químicos son:

-Viscosidad: La viscosidad es la principal característica de la mayoría de los productos lubricantes. Es la medida de la fluidez a determinadas temperaturas. Si la viscosidad es demasiado baja el lubricante no soporta las cargas entre las piezas y desaparece del medio sin cumplir su objetivo de evitar el contacto metal-metal. Si la viscosidad es demasiado alta, el lubricante no es capaz de llegar a todos los intersticios en donde es requerido. Al ser alta la viscosidad es necesaria mayor fuerza para mover el lubricante originando de esta manera mayor desgaste en la bomba de aceite, además de no llegar a lubricar rápidamente en el arranque en frío. La medida de la viscosidad se expresa comúnmente con dos sistemas de unidades saybolt (SUS) o en el sistema métrico centistokes (CST).

-Tensión superficial. La superficie de cualquier líquido se comporta como si sobre ésta existiese una membrana a tensión. A este fenómeno se le conoce como tensión superficial. La tensión superficial de un líquido está asociada a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área. La tensión superficial es causada por los efectos de las fuerzas intermoleculares que existen en la interfase. La tensión superficial depende de la naturaleza del líquido, del medio que le rodea y de la temperatura. Líquidos cuyas moléculas tengan fuerzas



de atracción intermoleculares fuertes tendrán tensión superficial elevada. En general, la tensión superficial disminuye con la temperatura, ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica. La influencia del medio exterior se debe a que las moléculas del medio ejercen acciones atractivas sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido, contrarrestando las acciones de las moléculas del líquido.

-Conductividad eléctrica. Conductividad es la medida de la capacidad que tiene un material para conducir la corriente eléctrica. Las soluciones nutritivas contienen partículas iónicas que llevan cargas y por lo tanto poseen esta habilidad. Cuanto mayor es la cantidad de estos iones disueltos en el agua, la conductividad de la solución resultante es mayor. Por lo tanto, la medición de la conductividad eléctrica de una solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de materiales sólidos disociados que hay disueltos en ella.

Los conductímetros son los aparatos utilizados para medir la conductividad. Básicamente los conductímetros son instrumentos compuestos por dos placas de un material especial (platino, titanio, níquel recubierto con oro, grafito, etc.), una fuente alimentadora y un sector o escala de medición. Aplicada una diferencia de potencial entre las placas del conductímetro, éste mide la cantidad de corriente que como consecuencia pasa por ellas.

-pH. El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^{++}) en una sustancia. El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^{++}) y el número de iones hidroxilo (OH^{-}). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, la sustancia es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7. El pH puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el número de protones iguala al número de iones hidroxilo. Cuando el número de iones hidroxilo es mayor, la solución es básica. Cuando el número de protones es mayor, la solución es ácida.

-Densidad. La densidad expresa la masa por unidad de volumen. Los cuerpos difieren por lo general en su masa y en su volumen. Estos dos atributos físicos varían de un cuerpo a otro, de modo que si consideramos cuerpos de la misma naturaleza, cuanto mayor es el volumen, mayor es la masa del cuerpo considerado. Aún cuando para cualquier sustancia la masa y el volumen son directamente proporcionales, la relación de proporcionalidad es diferente por cada sustancia. La densidad está relacionada con el grado de acumulación de materia (un cuerpo



compacto es por lo general, más denso que otro más disperso), pero también lo está con el peso. Así, un cuerpo pequeño que es mucho más pesado que otro más grande es también mucho más denso. Esto es debido a la relación existente entre masa y peso.

-Temperatura. Multitud de propiedades fisicoquímicas de los materiales o las sustancias varían en función de la temperatura a la que se encuentren, como por ejemplo su estado (sólido, líquido, gaseoso, plasma), su volumen, la solubilidad, la presión de vapor, su color o la conductividad eléctrica. Así mismo es uno de los factores que influyen en la velocidad a la que tienen lugar las reacciones químicas.

La influencia más interesante va a ser la disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura y la aceleración de los procesos de putrefacción.

-Dureza. La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua. Es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua. Se suele expresar como mg/l de CaCO_3 o como grados franceses, teniendo en cuenta que 10 mg/l es igual que un grado francés ($^{\circ}\text{F}$). En la actualidad se tiende a prescindir del término “dureza” indicándose la cantidad de calcio y magnesio presente en un agua en mg/l. Existen distintos tipos de dureza:

- **Dureza total:** es la suma total de las concentraciones de sales de calcio y magnesio, se mide por volumetría de complejación con EDTA, se expresa numéricamente en forma de carbonato de calcio u óxido de calcio, pueden también utilizarse los grados hidrotimétricos ($1^{\circ}\text{F} = 10\text{ mg de carbonato de calcio/l}$).
- **Dureza temporal:** es la que corresponde a la proporcionada por los hidrogenocarbonatos de calcio y magnesio, y desaparece por ebullición que hace que precipiten los carbonatos. También desaparece por adición de cal (hidróxido de calcio).
- **Dureza permanente:** es la que existe después de la ebullición del agua, es la diferencia entre las dos anteriores.

-Parámetros que miden la materia orgánica. Se puede hacer una subdivisión de la materia orgánica de un agua en *biodegradable* y *no biodegradable*. Los parámetros que se suelen utilizar para medir la cantidad de materia orgánica



presente en un agua se denominan a veces parámetros sustitutos, pues abarcan muchos compuestos, ya que son medidas globales de la materia orgánica. Los más importantes se basan en la cantidad de oxígeno necesario para descomponer u oxidar los productos orgánicos.

- **DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)**

Es el parámetro que se maneja para tener una medida de la materia orgánica biodegradable. Se define como la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición biológica aeróbica (mediante microorganismos) de la materia orgánica biodegradable de un agua. Sus unidades por lo tanto son mg O₂/l.

- **DQO (Demanda Química de Oxígeno)**

Mide la cantidad de materia orgánica total susceptible de oxidación química (bio y no biodegradable). En esta medida se sustituyen los microorganismos por un poderoso agente químico como el dicromato o el permanganato de potasio en medio ácido. Se expresa como la cantidad de oxígeno equivalente necesaria para la oxidación química de la materia orgánica oxidable de un agua. Sus unidades, por lo tanto, son las mismas que la DBO, es decir, mg O₂/l. Entre las ventajas sobre la medida de DBO, cabe destacar el tiempo considerablemente inferior del análisis (3 h).

- **Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Inorgánico Total (CIT)**

El carbono está presente en la naturaleza como carbono orgánico y como carbono inorgánico. El carbono orgánico (TOC) forma enlaces con el hidrógeno y el oxígeno para dar lugar a compuestos orgánicos. El carbono inorgánico (IC o TIC) es la base estructural de compuestos inorgánicos tales como los iones carbonato y bicarbonato y gas carbónico. Ambos constituyen lo que se denomina carbono total (TC) y se relacionan de la siguiente manera: $TOC = TC - IC$. La medida de COT está menos sujeta a interferencias que la medida de la DQO, particularmente en presencia de materias nitrogenadas, siendo además una técnica más rápida y reproducible. Se mide en mg C/l.

- **Materia Orgánica (Oxidabilidad al permanganato)**

El método de oxidabilidad al permanganato consiste en conocer la cantidad de materia orgánica presente en el agua mediante la oxidación con permanganato potásico en caliente y en medio ácido.



- **SAC254 (Spectral Absorption Coefficient)**

La concentración de materia orgánica se puede expresar en unidades de coeficiente de Absorción espectral SAC, DQO, DBO5, TOC, oxidabilidad al permanganato potásico entre otros.

-Turbidez y sólidos en suspensión. La turbidez de un agua está generada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión coloidal. En esencia consiste en una absorción de luz combinado con un proceso de difusión. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU o UNF9 por medida de la intensidad de la luz dispersada).