

# SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS



Transformando energía  
en soluciones

*Este artículo está dirigido a Gerentes Generales, Gerentes de Fábrica, Gerentes de Mantenimiento, Ingenieros de Mantenimiento y en general, a todas las personas que tengan alguna ingerencia en la operación de plantas industriales y suministros en las mismas.*

Todos sabemos que el motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje. De esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando tengamos disponibilidad de una red eléctrica.

También sabemos que dentro del universo del motor eléctrico, el motor de inducción es el más común y prácticamente todas las aplicaciones industriales pueden realizarse con este motor, generalmente el tipo Jaula de Ardilla, o con rotor en cortocircuito.

Es tan generalizado su uso, que pasamos por alto muchos aspectos en el momento de la selección y aplicación del mismo. En las siguientes líneas se darán algunas indicaciones importantes que ayudarán a hacer estas labores más técnicas y más eficientes desde el punto de vista de operación de una industria.

## GESTIÓN INICIAL

Siempre que se tiene la necesidad de adquirir un motor, hay que hacer antes los siguientes cuestionamientos:

- ¿Es una instalación nueva o existente?
  - ¿Cuáles son las condiciones de la red eléctrica?
  - ¿Cuál es la carga que el motor va a accionar?
  - ¿Cuáles son las condiciones medioambientales?
  - ¿Cuál va a ser el tiempo de recuperación de la inversión?
  - ¿Qué tipo de normas debe cumplir el motor?
  - ¿Cómo va a ser hecho el arranque del motor?
- Obviamente, ¿Cuáles son las características de potencia y velocidad requeridas del motor?

## POR QUÉ EL MOTOR JAULA DE ARDILLA

Dentro del universo de motores eléctricos, el motor jaula de ardilla es el más común y de uso más generalizado por diversas razones:

- Bajo costo**
- Bajo mantenimiento**
- Fácil de adquirir**
- Alto grado de protección**
- Pocos componentes**
- Robusto**

Por carecer de chispas internas, puede instalarse en ambientes de riesgo.

Con el avance de la electrónica de potencia, hoy en día es el motor más práctico para realizar aplicaciones en donde se requiere variación de velocidad, llegando incluso a desplazar el motor de corriente continua.



## LAS NORMAS

Existen dos normas bajo las cuales se fabrican los motores.

IEC Comisión Electrotécnica Internacional que es acogida por la gran mayoría de países y especialmente los europeos

NEMA Asociación Nacional de Fabricantes de Equipos Eléctricos. Es una norma nacional de Estados Unidos, pero es común en muchos países.

Hay varias diferencias en la construcción dependiendo de la norma, pero lo más significativo es que mientras que las dimensiones según IEC son en milímetros, según NEMA son en pulgadas. Por esta razón, la intercambiabilidad no es inmediata.

## EL LUGAR DE INSTALACIÓN.

Por norma, todos los motores están diseñados para operar en un ambiente con temperatura no superior a 40 °C y en una altura no superior a 1000 metros sobre el nivel del mar. La instalación en cualquier ambiente por encima de estas condiciones hará que el motor deba ser operado a una carga menor de la nominal. Cortamente, esto sucede porque las propiedades refrigerantes disminuyen. La vida útil de un motor está principalmente en su devanado. Si la refrigeración es insuficiente, el devanado se debilita y sufre daños severos. Generalmente, los motores jaula de ardilla están refrigerados mediante aire. A mayor altitud sobre el nivel del mar, el aire toma una densidad mayor y a una misma velocidad, se tendrá menor flujo de aire. En cuanto a la temperatura ambiente, es necesario garantizar que el motor no tendrá una elevación de temperatura tal que lo haga tener un calentamiento por encima de su límite térmico (definido por su clase de aislamiento).

Pero la combinación de altitud y temperatura no siempre es desfavorable, pues en lugares como Bogotá en donde tenemos altitud de 2600 m, pero una temperatura ambiente de 20°C, podemos prácticamente decir que se compensa el efecto.

## LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN (GRADO DE PROTECCIÓN).

Otro tema a considerar son las condiciones propias del ambiente: Contaminación, presencia de agentes químicos, utilización en lugares abiertos o cerrados.

Para garantizar una adecuada selección de motor, es importante conocer el significado de grado de protección IP, definido según normas internacionales.

IP significa INTERNAL PROTECTION y determina el grado de protección (mecánico) o de encerramiento del motor. Viene seguido de dos cifras características; la primera de ellas indica la protección contra el ingreso de cuerpos sólidos y la segunda indica la protección contra el ingreso de líquidos.

Los siguientes son los más comunes

IP21: Protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas verticales de agua

IP22: Protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical

IP55: Protegido completamente contra contacto, contra acumulación de polvos nocivos y contra chorros de agua en todas las direcciones

En caso de ambientes agresivos, es necesario prestar especial atención, pues en ocasiones los motores estarán expuestos a vapores ácidos, álcalis y solventes, como industrias químicas, petroquímicas y fábricas de pulpa y papel.

Es también importante considerar si el motor será instalado en un área clasificada (lugares donde se almacenen productos inflamables), pues en estos casos se requieren cuidados especiales que garanticen el mantenimiento de los equipos y especialmente, no pongan en riesgo la vida humana.

### LA CARGA

La carga es la que define la potencia y velocidad del motor. En la gran mayoría de aplicaciones, el motor jaula de ardilla puede atender cualquier carga en su eje, pero es conveniente hacer un estudio detallado de cuál será el momento de inercia, la curva Par-Velocidad de la carga. Estos puntos nos ayudan a definir cómo será el comportamiento dinámico del motor con su máquina de trabajo y cuáles serán los tiempos de arranque. Es ideal conocer las condiciones de la carga durante la especificación del motor, pues el comportamiento varía, dependiendo de ésta. Máquinas como bombas y ventiladores tienen un comportamiento específico diferente de molinos, trituradoras y diferente de bandas transportadoras o de máquinas herramientas o elevadores. En todas estas máquinas, los torques de arranque son diferentes y con toda seguridad, los ciclos de trabajo varían de una instalación a otra.

### LA RED

Las principales características que identifican un red eléctrica son la tensión (voltaje) y frecuencia. En Colombia la tensión normalizada es 60 Hz, al igual que en Norteamérica, Centroamérica y Suramérica (con excepción de los países del cono Sur), mientras que en Europa la tensión normalizada es 50 Hz. Dada la diversidad de tamaños de industrias, no hay una única tensión, por lo que es usual que los motores tengan

doble tensión, generalmente 220/440 V. Industrias “grandes” tienen tensiones mayores, como pueden ser 460 V ó 480 V.

Se acostumbra a que los motores con potencias de potencias de 10 HP o superiores sean aptos para el arranque Estrella-Triángulo, con el objetivo de que la red no se desestabilice por las altas corrientes consumidas durante el arranque directo. De esta forma, para las potencias mencionadas los motores Standard en nuestro país tienen doce cables de conexión. Esta característica les hace aptos para funcionar prácticamente en cualquier red, pero es importante tener bastante precaución en las conexiones, pues con mayor cantidad de uniones a realizar, se puede presentar mayor cantidad de errores. Esto debe evitarse durante la etapa de instalación.



### EL ARRANQUE

Uno de los momentos más críticos para el motor, la red y la carga es el arranque. Por sus características propias, el motor jaula de ardilla consume durante el arranque una corriente que puede oscilar entre 5 y 8 veces la corriente nominal. El arranque es el periodo en el que el motor hace la transición desde su estado de reposo hasta su velocidad de régimen.

Para la red, la mejor condición de arranque es aquella en que este tiempo de transición es el mínimo posible y la corriente consumida es la mínima posible. Para el motor, la mejor condición de arranque es la que garantiza el menor calentamiento. Para la carga, la mejor condición es aquella que garantiza los menores desgastes mecánicos. En general, el tipo de arranque de cada aplicación debe ser analizado adecuadamente para lograr el mejor equilibrio entre las tres partes mencionadas previamente. Las características de curva de carga y momento de inercia tanto de motor como de carga, deberían ser consideradas en este análisis. Junto con criterios técnicos se considerarán criterios económicos.

Existen los siguientes tipos de arranque:

1. Directo. El motor tendrá una corriente de arranque normal (hasta ocho veces la corriente nominal) y un par de arranque normal.
2. Estrella-Triángulo. La corriente y el torque se reducen a la tercera parte (hasta tres veces la corriente nominal).
3. Por Autotransformador. El autotransformador es fabricado para entregar al motor una tensión menor de la nominal. Esta tensión puede estar entre el 30% y el 70%

dependiendo de la aplicación. La corriente y el torque variarán en proporción cuadrática a la tensión de alimentación.

4. Arranque electrónico suave. En este método, el arrancador alimenta el motor con una tensión reducida y gradualmente aumenta la tensión hasta la tensión de régimen. El comportamiento inicial de la corriente y el torque será idéntico al método 3, pero el comportamiento durante todo el periodo de transición dependerá de la manera como el arrancador suave sea controlado.
5. Variador de velocidad (o variador de frecuencia). Mediante este método, se logra limitar la corriente de arranque a valores de hasta dos veces la corriente nominal, mientras se obtiene un torque de arranque adecuado para cualquier aplicación. Además, la transición será la más suave posible de todos los métodos. Mecánicamente, es la mejor forma de hacer la operación, además de que permite realizar control de velocidad preciso, gracias a los avances de la electrónica de potencia y control.

En los primeros tres métodos se da una transición brusca desde el reposo hasta su velocidad de régimen. En los métodos 2 y 3, adicionalmente se da una transición desde el estado de tensión reducida a tensión plena. En el método 4, se logra una transición menos brusca, pero aún con algunos saltos, pues lo que se está controlando es la tensión de alimentación. En el método 5, se logra una transición mucho más suave, pues se está controlando efectivamente la velocidad del motor y de la carga.

## POTENCIA Y EFICIENCIA DEL MOTOR

En cortas palabras, un motor eléctrico es una máquina que transforma potencia eléctrica tomada de la red en potencia energía mecánica en el eje.

La potencia eléctrica obedece a la siguiente relación

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos } \varphi$$

donde P: Potencia en kW  
V: Voltaje o tensión en voltios  
I: corriente en amperios  
Cos  $\varphi$ : Factor de potencia)

La potencia mecánica obedece a la siguiente relación

$$P = T * n / 9550$$

donde P: Potencia en kW  
T: torque en Nm El torque es la capacidad del motor de hacer girar cargas.  
n: velocidad en rpm

Al seleccionar un motor, lo primero que se debe considerar es cuál es la velocidad de rotación y cuál será el torque requerido del motor. Estos datos normalmente deben ser suministrados por el proyectista mecánico. La potencia del motor será entonces una consecuencia de los dos factores anteriores.

La capacidad de sobrecarga del motor será un factor a considerar, pues el ciclo de carga puede exigir al motor que en ciertos momentos suministre mayor potencia de su potencia nominal (o normal). Esta capacidad es conocida como Factor de Servicio (FS).

Toda máquina consume más potencia de la que entrega, por lo que es importante que consideremos el término de **eficiencia**. La potencia que el motor consume y no convierte en potencia de salida son pérdidas. La eficiencia o rendimiento es una medida de qué tanto desperdicia una máquina.

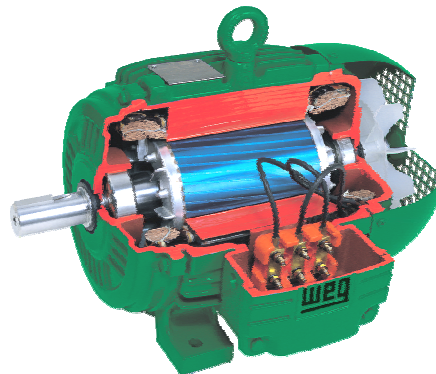
La eficiencia se calcula según la siguiente relación

$$\eta = P_s / P_e$$

donde  $P_s$  es la potencia de salida, en este caso potencia en el eje  
 $P_e$  es la potencia de entrada, en este caso potencia eléctrica

De esta forma, entre mayor eficiencia, menor desperdicio y consecuentemente menores costos de operación. Contrariamente, entre menor eficiencia, mayor desperdicio y mayores costos. En un solo motor, tal vez no sea notorio, pero para una industria que tenga 100 o 200 motores, o más, la eficiencia es un punto muy importante a considerar.

A manera de ejemplo, un motor de 15 HP estándar tiene una eficiencia de 89%, mientras que un motor de Alta Eficiencia tiene un valor de 92%. Su diferencia en precios puede ser de 30%. Para un uso de 16 horas diarias durante todo el año y con un costo de energía de \$130/kW-h, esta diferencia se paga en un periodo de tan solo 15 meses. A partir de este momento, el uso del motor de mayor eficiencia generará ahorro para la compañía.



## OBSERVACIONES FINALES

A pesar de que hay demasiados factores a considerar y no es posible considerarlos todos en este artículo, es oportuno estudiar al menos los criterios anteriores, para hacer una buena selección de los equipos.