

00168

1
de 1

MOTORES ELECTRICOS

*Una guía para su aplicación en
proyectos de diseño.*

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL

VICTOR JAVIER ROCHA CASTRO

FALLA DE ORIGEN

Posgrado en Diseño Industrial
Facultad de Arquitectura, UNAM.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Director de Tesis:
Ing. ULRICH SHARER SAUBERLI

Sinodales:
**FERNANDO MARTIN JUEZ
MIGUEL EGUILUZ SENIOR
OSCAR SALINAS FLORES
ANGEL GROSSO SANDOVAL**

A nuestro bebé, a Yaviely, a Viangy y Angélica;
por todas las horas que les robé.

A mis padres;
por su apoyo y comprensión.

A mis hermanas;
por la unión.

A mi amigo;
por ser eso.

CONTENIDO

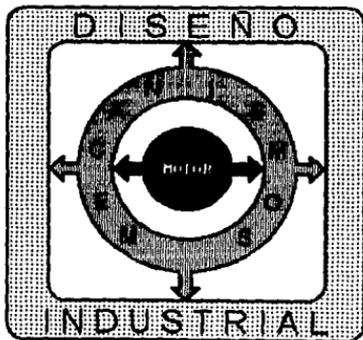
INTRODUCCION	2
1. TEORIA SOBRE MOTORES ELECTRICOS	
1.1 Generalidades	6
1.2 Tipos de motores eléctricos	10
1.2.1 Clasificación	11
1.2.2 Características principales de cada tipo de motor eléctrico	12
2. SELECCION DE UN MOTOR ELECTRICO	
2.1 Consideraciones para la selección	50
2.2 Pasos de funcionamiento de un motor eléctrico	51
2.3 Aspectos a considerar para la selección	53
2.4 Métodos de apoyo para la selección	93
2.4.1 Método Analógico	94
2.4.2 Método Teórico	96
2.4.3 Método Operativo	115
3. EJEMPLO DE APLICACION EN DISEÑO INDUSTRIAL	
3.1 Consideraciones	127
3.2 Ejemplo de selección de un motor eléctrico	128
4. APOYOS	
ANEXO A: FUENTES CONSULTADAS Y RECOMENDADAS	143
ANEXO B: DIRECTORIO DE FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES	147
ANEXO C: GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS	151

INTRODUCCION

Dentro de la disciplina del diseño industrial en México, los estudiantes y profesionistas hemos consultado frecuentemente para el desempeño de nuestras tareas, bibliografía técnica con un enfoque meramente ingenieril; en este sentido, la preparación y el ejercicio de la profesión debe adquirir cierta formación para el manejo de temas de esta naturaleza. Así pues, por ejemplo, en el terreno de las matemáticas, la física, la resistencia de materiales o en los mecanismos, entre otros, el estudiante o profesionista del diseño industrial, deberá ampliar sus habilidades para enriquecer las posibilidades de sus diseños y no verse invadido de incertidumbres en lo que respecta, básicamente, al plano funcional.

Por otro lado, con esta publicación, la escasa o nula bibliografía de contenido especializado, enfocada y desarrollada especialmente para la disciplina del diseño industrial comienza a quedar atrás, y la tarea interdisciplinaria del diseñador puede empezar a contar con recursos más adecuados a su disciplina. Aunado a esto, en el proceso de diseño industrial, las posibilidades de entender y aplicar exclusivamente aspectos ingenieriles especializados en un diseño, se espera se contemplen menos lejanas y con menos obstáculos en cuanto a obtener los fundamentos necesarios y adecuados para su aplicación al desarrollo de productos.

Así pues, cuando el diseño es del tipo *dinámico*, se deben de involucrar sistemas mecánicos y motrices; en diseño industrial, además de tomarse en cuenta todos los aspectos que la disciplina demanda, debe de enfocarse la atención no solo a los *sistemas mecánicos* que servirán para generar los movimientos deseados (*mecanismos*); sino que se debe de atender con mayor importancia el *sistema o fuente motriz* (*motor*) que se encargará de desempeñar el trabajo requerido; pues si éste no es el adecuado, por más sistemas mecánicos que se involucren para lograr los movimientos, aspectos de uso y ergonómicos apropiados para una mayor comodidad, mejoramiento de materiales aplicados, procesos de producción, funciones ventajosas para el usuario, formas y precios intencionalmente atractivos, etc.; simplemente no se logrará nada de lo que se pretende si el *motor* es inapropiado e inadecuado para lograr que, al menos, se mueva en el diseño lo que se pretende, o que incluso, la fuente motriz resulte sobrada y que con todo ésto, queden afectados de alguna manera aspectos especiales del diseño.



Como se ilustra en el diagrama anterior, debe considerarse a la fuente motriz como el alma funcional o la esencia útil de todo diseño dinámico y, bajo este entendimiento, entonces, el presente texto pretende explicar de manera adecuada al diseño industrial, aquellos aspectos sobre lo que a *motores eléctricos* se refiere; y, aunque se considere ésto quizá, como un rubro de lo que debería de manejar la disciplina de la ingeniería eléctrica, el objetivo presente es el de aportar un conocimiento adecuado y explicado, sobre los *motores eléctricos* y su aplicación en el diseño de productos. No se trata con esto, de que el diseñador industrial o el estudiante de esta carrera profundice en el terreno de la ingeniería eléctrica, ya que para ello requeriría de mucho más tiempo de estudio y preparación sobre el área de la ingeniería; aunque con esto, tampoco se debe de entender que el diseñador que desee involucrarse con este tema, deba de olvidarse de poseer cierta preparación y manejo de las matemáticas y la física, pues es de comprenderse que resulta ser básico para el tema. Es recomendable, si se llegara a dar la relación con el tema de los motores eléctricos, y el diseñador cuente con poco gusto por las ciencias básicas; se realice el esfuerzo necesario para superar posibles complicaciones.

En este sentido, se ha logrado que las secciones donde se manejan aspectos matemáticos, no signifiquen un inconveniente insalvable para el aprovechamiento de lo que se enseña por parte de aquellos que carecen de preparación *físico-matemática*, ya que lo que se ha preparado, requiere básicamente del entendimiento de lo planteado. Así pues, en el aspecto del *cálculo matemático* es donde se ha puesto mayor atención para estructurar cada una de estas secciones, ya que ignorar por comodidad la existencia de la realización de los cálculos, como se ha venido dejando de practicar en el diseño industrial, hubiera sido, sin duda, un verdadero fraude.

El libro está dividido en 4 partes. La *parte 1* — TEORÍA SOBRE MOTORES ELECTRICOS — contiene la información fundamental sobre la mayoría de los motores eléctricos con que se puede contar en un diseño para transmitir movimiento. El contenido de esta parte se presenta en 2 secciones en las cuales se tratan principalmente, los aspectos generales que se deben de tomar en consideración para el entendimiento del tema; así como el panorama global de los tipos de motores eléctricos con los que se pueden contar en el diseño de productos y las características principales de cada uno de ellos, las cuales darán la noción y los fundamentos necesarios que el diseñador industrial debe de contemplar para cada uno de ellos.

La *parte 2* — SELECCION DE UN MOTOR ELECTRICO —, contiene la información en 4 secciones, las cuales ofrecerán al diseñador, los fundamentos esenciales sobre la manera y lo que hay que entender de un motor eléctrico; así como todos los aspectos que deben de tomarse en consideración tanto de los motores como del diseño para posteriormente poder seleccionar un motor. En la última sección de esta parte, se plantean 3 métodos de proceder para apoyar el trabajo de la selección de un motor eléctrico, las cuales serán de utilidad para todo trabajo de diseño.

La *parte 3* — EJEMPLO DE APLICACION EN DISEÑO INDUSTRIAL —, contiene un ejemplo de aplicación a una propuesta del diseño de un producto; en donde a través del cual, y en unión con los capítulos anteriores, se aplican éstos a la solución del diseño.

La *parte 4* — APOYOS —, contiene 3 anexos con aspectos que apoyarán a la tarea del proyecto, pues se incluyen datos que podrían resultar de alguna manera necesarios para completar el trabajo del diseño; tales como distribuidores y fabricantes de motores, fuentes bibliográficas para consultar profundizar en el tema o la explicación de términos que se manejan en éste.

Por otro lado, a lo largo del texto se podrá ir confirmando como la manera de abordar los temas expuestos, se van adecuando y apegando a lo que se entiende y requiere para su aplicación en los proyectos de diseño y, sobre todo, que esto pueda ser manejado por estudiantes o profesionistas del diseño industrial para ir conociendo y considerando los diversos aspectos sobre los motores eléctricos, e ir a la vez o posteriormente, formandose criterios y tomando consideraciones para sus proyectos.

Se considera pues, en general, que esta obra ofrecerá sin duda al lector, una manera en que podrá manejar y aplicar lo referente al tema de los motores eléctricos para desarrollar sus proyectos, ya que la intención de su estructura didáctica, le resumirá esfuerzos.

Finalmente, agradezco a los ingenieros mecánicos y eléctricos que consulté, y también a diversas personas por los comentarios que realizaron sobre el tema de manera directa e indirecta, pues gracias a ellas, reforcé la idea y el objetivo de este trabajo.

VICTOR J. ROCHA CASTRO

1

**TEORIA SOBRE
MOTORES ELECTRICOS**

1.1 GENERALIDADES

MOTORES. Los motores son aquellos elementos, dentro de un diseño, que generarán el movimiento de los sistemas mecánicos de éste. Técnicamente, un motor es considerado como una "máquina que convierte en energía mecánica, cualquier otra forma de energía".¹ Así, existen entonces gran diversidad de motores que van de acuerdo al tipo de energía que requieren para su funcionamiento; (motores de inercia, motores de combustión interna, motores eléctricos, motores atómicos, motores eólicos, motores solares, etc.) pero en este capítulo se tratarán únicamente los que destacan principalmente por sus múltiples y cotidianas aplicaciones para el diseño industrial que son los **MOTORES ELECTRICOS**.

MOTORES ELECTRICOS. Un motor eléctrico, por definición, es un "motor en el que la energía mecánica se obtiene, utilizando las fuerzas producidas por campos magnéticos sobre conductores, que transportan corriente eléctrica".² En este sentido, la amplia gama de motores eléctricos con los que se pueden contar para involucrarlos en un diseño son tan amplias, que para introducirse ordenadamente en este terreno, deberán tomarse en consideración los siguientes puntos:

1. Los motores eléctricos funcionan con **corriente alterna (CA)**, con **corriente directa (CD)** [también se le llama corriente continua (CC)] y con ambos tipos de corriente.
2. Los motores que funcionan con **CA**, se caracterizan principalmente por que en su interior no tienen carbones o escobillas, el estator cuenta con embobinado y poseen un arrancador (Fig. No. 1.1.1). Funcionan conectándose directamente a cualquier toma de corriente eléctrica en una instalación de cualquier inmueble (casa, edificio, oficina, escuela, fábrica, etc.).
3. Los motores que funcionan con **CD**, se caracterizan principalmente por tener en su interior carbones o escobillas, y el rotor embobinado (Fig. No. 1.1.2). Estos motores funcionan exclusivamente con pilas o baterías; o en su defecto, cuando no se disponga de estas, se le debe acoplar al motor o al sistema diseñado, un dispositivo llamado *convertidor* (también conocido como transformador o eliminador de baterías), el cual transformará la CA en CD.
4. Los motores que funcionan con ambas corrientes (**CA y CD**), se conoce como **Motores Universales** y se caracterizan por tener en su interior carbones, y el rotor y el estator embobinados. Estos motores no requieren de convertidores de corriente y son prácticamente una combinación de los 2 anteriores (Fig. No. 1.1.3).

1. Lawrie, R. J., *BIBLIOTECA PRACTICA DE MOTORES ELECTRICOS*. Tomo 2, p.375. (Remítirse a Fuentes consultadas y recomendadas).

2. Lawrie, R. J., *op.cit.*, p.376

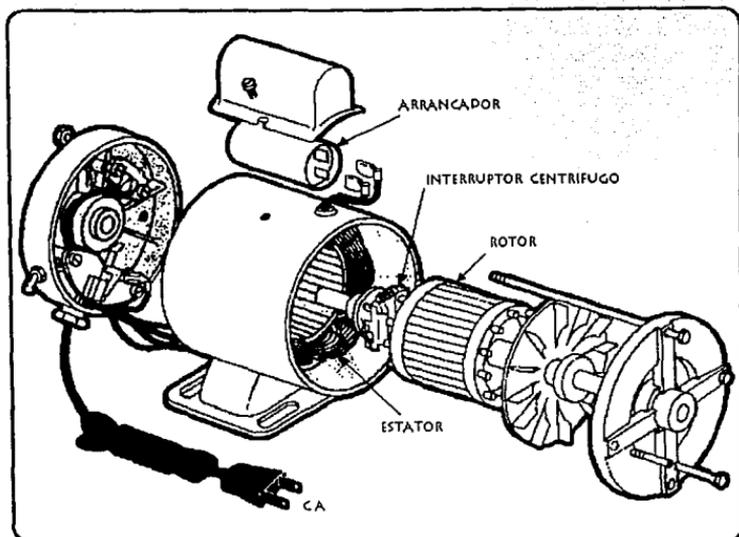


FIG. No. 1.1.1 DESPIECE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR DE CA MONOFASICO.

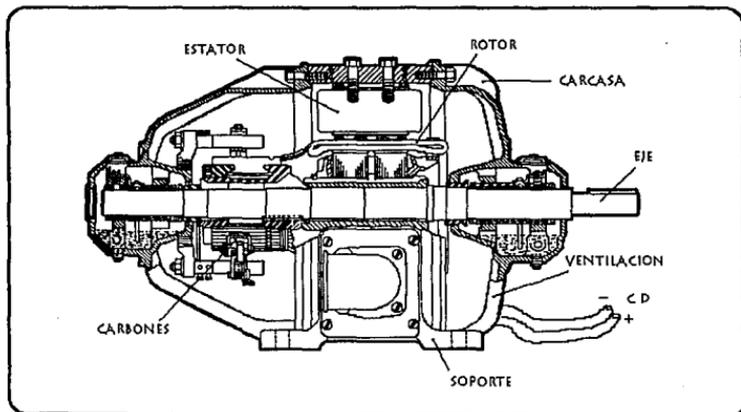


FIG. No. 1.1.2 CORTE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR DE CD.

5. Los motores eléctricos se fabrican principalmente con potencias que van desde $1/2000$ HP hasta miles de HP.
6. Los motores que tengan potencias de entre $1/2000$ y menores de $1/20$ de HP, se les denominarán **Motores de Potencia Sub-Fracionaria (MPSF)**.
7. A los motores cuyas potencias sean de entre $1/20$ y 1 HP, se les denominará **Motores de Potencia Fraccionaria (MPF)**.
8. Los motores mayores de 1 HP se les denominará **Motores de Potencia Mayor (MPM)** (ver *Tabla No. 1.1.1*).
9. Las velocidades de los MPSF pueden ser de 1 000 a 30 000 rpm.
10. Las velocidades de los MPF pueden ser de 600 a 3 600 rpm.
11. Las velocidades de los MPM pueden ser de entre 850 a 1800 rpm.

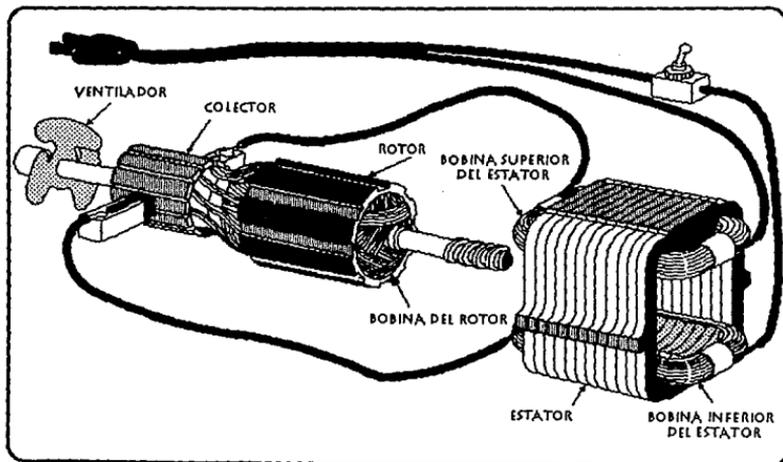


FIG. No. 1.1.3 DESPIECE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR UNIVERSAL.

TABLA No. 1.1.1 POTENCIAS PRINCIPALES DE MOTORES ELECTRICOS (HP)

MOTORES DE POTENCIA SUB-FRACCIONARIA (MPSF)		MOTORES DE POTENCIA FRACCIONARIA (MPF)	MOTORES DE POTENCIA MAYOR (MPM)	
$1/2000$	$1/125$	$1/20$	$1 \frac{1}{2}$	75
$1/1500$	$1/100$	$1/15$	2	100
$1/1000$	$1/80$	$1/12$	3	122
$1/800$	$1/75$	$1/10$	$4 \frac{1}{10}$	150
$3/2000$	$3/200$	$1/8$	$5 \frac{3}{8}$	180
$1/500$	$1/60$	$1/6$	$7 \frac{1}{2}$	y más
$1/400$	$2/125$	$1/5$	10	
$3/1000$	$1/50$	$1/4$	15	
$1/250$	$1/40$	$1/3$	20	
$1/200$	$1/30$	$1/2$	25	
$3/500$	$7/200$	$3/4$	30	
$3/400$	$1/25$	1	41	
$1/150$		$1 \frac{1}{2}^*$	50	
			61	

* ALGUNOS FABRICANTES LA CONSIDERAN DENTRO DE LAS POTENCIAS FRACCIONARIA

1.2 TIPOS DE MOTORES ELECTRICOS

La gama de motores eléctricos que actualmente se han desarrollado es muy amplia, lo que hace que difícilmente se pueda contar con una relación específica de motores; pues han surgido tantos tipos, como aplicaciones en cada uno de los productos que se han diseñado. Debe entenderse que quien tiene la capacidad de diseñar un motor eléctrico (y este es el caso de los ingenieros eléctricos), cuenta con la capacidad de ir generando tipos de motores que, a fin de cuentas, esto va ocasionando que al querer clasificarlos para tratar de entender y conocer su diversidad, resulta ser una labor poco sencilla.

Así pues, los tipos de motores eléctricos se han clasificado básicamente, de acuerdo al tipo de corriente eléctrica que emplean para su funcionamiento; pero, la gran variedad de tipos existentes, ocasionan que posteriormente se subclasifiquen de diferentes maneras; ya sea por el tipo de estructuración interna con que cuentan para su funcionamiento; o por el tipo de corriente eléctrica específica que los hace mover; o por el tipo de velocidad que adquieren al estar en funcionamiento; o por poseer elementos especiales y que son repetitivos en muchos de ellos y en otros no; o por la capacidad de su potencia que pueden desarrollar; o cualquier otra razón que siempre será válida.

La clasificación que se presenta a continuación, responde a la mayoría de los tipos de motores con que se podría contar y encontrar comunmente en el mercado y en diversos productos diseñados. Dicha clasificación, abarca aquella gama de motores que en diseño industrial podrían ser de utilidad, y sin descartar, en lo posible, la utilidad que pudiera tener para otras disciplinas como sería la ingeniería mecánica y eléctrica.

En este sentido, la siguiente clasificación se estructura de acuerdo a los siguientes aspectos:

A. Al tipo de corriente básica de funcionamiento, para la clasificación inicial.

B. Para la segunda clasificación, a los motores de corriente alterna se les consideró el tipo específico de corriente eléctrica con la cual pueden funcionar y con la cual se cuenta en cualquier entorno donde se pretenda introducir un diseño. La segunda clasificación de los motores de corriente directa, esta fundamentada en aspectos estructurales internos con los cuales cuentan los motores y no los hacen ser más diferentes, por lo que termina su clasificación.

C. La tercera clasificación de los motores de corriente alterna, se basa en la característica que adquiere la velocidad del motor cuando se encuentra en funcionamiento; así, se apreciará que son sincrónicos o asíncrónicos.

D. La cuarta clasificación de los motores de corriente alterna, está fundada en diversos elementos constructivos con que cuentan los motores y que es motivo de que sean diferentes de entre los demás.

E. Finalmente se podrá apreciar que en una última clasificación se hace referencia a la combinación de diversas características de entre varios tipos de motores.

1.2.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE CADA TIPO DE MOTOR ELECTRICO

Los aspectos que caracterizan a cada tipo de motor eléctrico son siempre muy diversos y variados. En general, las características que se ofrecen a continuación, y que partiendo principalmente de aspectos comunes; corresponden a aquellas que distinguen a cada tipo de motor de entre los demás para poder orientar y aclarar sus diferencias, así como también, sus similitudes.

Las características de cada motor se van presentando conforme al orden en el cual se efectuó la clasificación realizada en la sección anterior; así pues, para la consulta de las características de un tipo de motor específico o de un grupo de motores comunes, consúltese la clasificación y se podrá dirigir directamente al título del grupo o tipo de motor deseado.

Las características descritas a continuación para cada motor, abarcan respectivamente, aspectos de cualidades físicas, aspectos de su arranque, del funcionamiento normal y en sobrecarga; así como de cualidades generales que distinguen y/o comparan a cada tipo de motor.

MOTORES ELECTRICOS.

1. Cualquier tipo de motor eléctrico se conforma principalmente de 3 partes fundamentales: el *estator* (parte estática o fija), el *rotor* (parte rotatoria, giratoria o móvil) y *conductores* de alimentación eléctrica.
2. Tanto en el rotor como en el estator cuentan con polos magnéticos que son partes separadas pero no aisladas.
3. Sus velocidades dependen en gran medida del número de polos que poseen en su rotor y estator (deben de ser la misma cantidad en ambos).

MOTORES DE C.A.

1. En todos los motores de este tipo, siempre interviene en su totalidad y para su funcionamiento, la CA en cualquiera de los tipos existentes de una instalación (monofásica o trifásica).
2. En ocasiones, se aplica la CD para el funcionamiento de estos motores, pero solo para determinados fines y para contados tipos de motores; motivo por el cual, estos motores que la utilizan siguen considerándose de CA, pues casi en su totalidad funcionan exclusivamente con este tipo de corriente.

MOTORES DE C.A., MONOFASICOS.

1. Todos los motores de CA monofásicos funcionan con el tipo de corriente eléctrica instalada en las viviendas, centros educativos, de trabajo, de esparcimiento, de descanso y, en fin, en aquellas instalaciones donde la toma de corriente presente 2 líneas de alimentación eléctrica.
2. Estos motores son fabricados exclusivamente como motores de potencia fraccionaria (MPF) y sub-fraccionaria (MPSP); y raramente se encuentran en potencias de hasta 4 o 5 HP (ver pág No. 8, Incisos 5 al 11).
3. Se emplean casi universalmente para potencias fraccionarias a *velocidad constante*.
4. Su uso más importante es en aplicaciones domésticas
5. Algunas potencias y velocidades de estos tipos de motores se aprecian en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.1*).

TABLA No. 1.2.2.1 VELOCIDADES Y CABALLOS DE POTENCIA DE MOTORES MONOFASICOS DE POTENCIA FRACCIONARIA

VELOCIDAD SINCRONA (RPM)*	VELOCIDAD A PLENA CARGA (RPM)*	POTENCIAS FRACCIONARIAS (HP)									
		1	3/4	1/2	1/3	1/4	1/6	1/8	1/12	1/20	
3600	3450	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1800	1725	—	X	X	X	X	X	X	X	X	
1200	1140	—	—	X	X	X	X	X	X	X	
600	560	—	—	—	X	X	X	X	X	X	

* VELOCIDADES A 60 Hz DE FRECUENCIA EN LA LINEA ELECTRICA.

X = EXISTE COMUNMENTE.

— = NO EXISTE COMUNMENTE.

MOTORES DE C.A. MONOFASICOS, ASINCRONOS DE INDUCCION.

1. Son motores que estructuralmente están conformados con un *estator* o *arrollamiento primario*, a base de laminaciones, en donde se realiza un embobinado.
2. El *estator* está conectado a la corriente eléctrica mediante 2 líneas de alimentación eléctrica.
3. El *rotor* (denominado también como *armadura*, *arrollamiento de armadura* o *arrollamiento secundario*), puede ser básicamente de 2 tipos denominados:

a) *Jaula de ardilla*;

b) *de Anillos Rozantes, de Fase Devanada* o *Rotor Devanado* (Fig. No. 1.2.2.1).

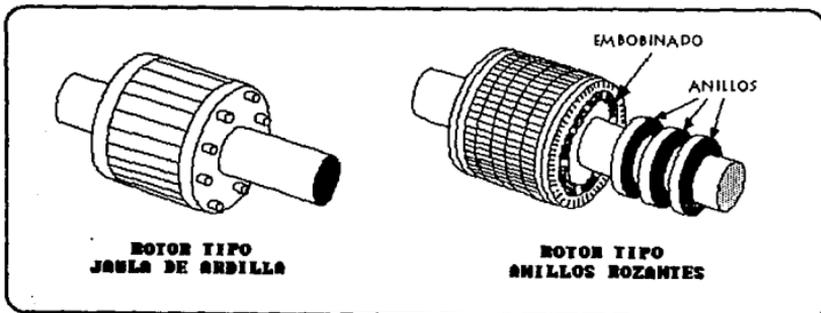


FIG. No. 1.2.2.1 TIPOS DE ROTORES EN MOTORES ASINCRONOS DE INDUCCION.

4. Por lo general, este tipo de motor presenta un rotor del tipo *Jaula de Ardilla*.
5. El rotor *no está conectado a la corriente eléctrica* y toma entonces su movimiento por *inducción* producido por el embobinado del estator; de aquí el nombre de *Motor de Inducción*.
6. Un motor de este tipo se puede obtener a partir de uno de inducción trifásico, con el simple hecho de desconectar de este último, una de las 3 fases o líneas de alimentación eléctrica del estator.
7. Sus elementos que lo conforman son prácticamente los mismos que los motores trifásicos, a excepción del interruptor centrífugo que requieren algunos motores monofásicos para desconectar el embobinado de arranque.
8. En los motores que cuentan con interruptor centrífugo, la desconexión se efectúa por lo general, instantes después de que el motor ha arrancado y en el momento en que éste ha alcanzado aproximadamente el 70 o 75% de su velocidad síncrona (ver Fig. No. 1.2.2.2).

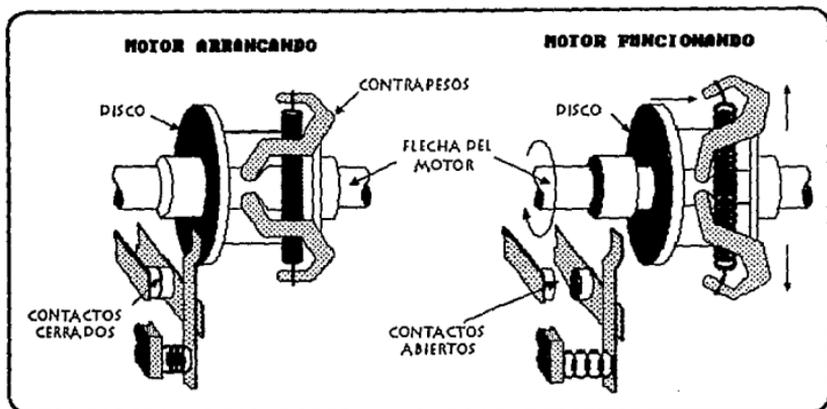


FIG. No. 1.2.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR CENTRIFUGO. A MEDIDA QUE ACELERA EL MOTOR, LOS CONTRAPESOS SE VAN SEPARANDO; JALANDO CON ESTO EL DISCO Y ABRIENDO LOS CONTACTOS QUE DESCONECTARAN EL EMBOBINADO DE ARRANQUE.

9. Todos los motores de este tipo *no cuentan con un par motor de arranque*; o sea, que *no pueden arrancar por sí solos*; por lo que requieren siempre de un 'elemento extra' que les ayude a iniciar el movimiento. Este elemento extra es generalmente un *arrollamiento o embobinado auxiliar o de arranque* que se instala en el embobinado del estator (como en el motor del tipo de *arrollamiento auxiliar*); unos *anillos con escobillas* montados en el rotor (como en el caso del motor de *rotor de anillos rozantes*); o también puede ser un *colector con escobillas* instalados también en el rotor (como en el motor del tipo de *arranque de repulsión*).
10. Una vez puesto en marcha el motor, comienza a generar par por sí solo.
11. Este motor *no está capacitado para alcanzar la velocidad síncrona*, pues gira siempre con un *deslizamiento*. El deslizamiento es a lo que se le llama *no moverse a la velocidad síncrona*, sino siempre abajo de ella; por lo que a ésto se le denomina *velocidad asíncrona* y, por lo tanto, al motor se le conoce también como *Motor Asíncrono*.
12. La velocidad a la que gira este motor queda comprendida de entre un 95 a 99% de la velocidad a la que debieran girar normalmente, o sea, de la velocidad síncrona. Su velocidad puede calcularse con la siguiente expresión:

$$V_A = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (0.95 \text{ A } 0.99)$$

V_A = VELOCIDAD ASINCRONA (RPM).
 f = FRECUENCIA DE LA RED ELECTRICA (50 - 60 Hz)
 p = No. DE POLOS DEL MOTOR.

13. Este motor es capaz de producir un *par motor uniforme a cualquier velocidad*; el cual se puede conocer básicamente con la expresión:

$$T = \frac{7.04 \cdot P}{V_S}$$

T = PAR DEL MOTOR MONOFASICO DE INDUCCION (lb-pie).
 P = POTENCIA DEL MOTOR (watts).
 V_S = VELOCIDAD SINCRONA (RPM).

14. Son fabricados usualmente como *Motores de Potencia Fraccionaria (MPF) y Sub-fraccionaria (MPSF)*, desde milésimas de HP hasta $\frac{3}{4}$ o $1\frac{1}{2}$ HP; y raramente se encuentran como Motores de Potencia Mayor (MPM) en potencias de hasta 4 o 5 HP.
15. Su *eficiencia* fluctúa en general alrededor del 85%.
16. Este motor puede funcionar también como *generador* de corriente eléctrica y *no como motor con freno*.
17. El sentido del *giro* del motor *puede invertirse*, intercambiando los conductores del devanado de arranque.

MOTORES DE C.A. MONOFASICOS ASINCRONOS DE INDUCCION. CON ROTOR JAULA DE ARDILLA o EN CORTO CIRCUITO.

1. Este motor toma su nombre de acuerdo a la forma constructiva de su rotor, que es semejante a una jaula donde mantienen en cautiverio a las ardillas; por lo cual se le denomina rotor tipo *Jaula de Ardilla*, el cual se conforma de barras sólidas no aisladas y conectadas en cada extremo por un anillo (ver Fig. No. 1.2.2.3 y Fig. No. 1.2.2.4), siendo finalmente de forma cilíndrica muy cerrada (las barras y los anillos son generalmente de hierro con aluminio). También se le denomina de *Rotor en Corto Circuito*, debido a la manera en que están realizadas las conexiones internas del motor, ocasionando que el rotor quede en "corto circuito" a través de los anillos que unen las barras.

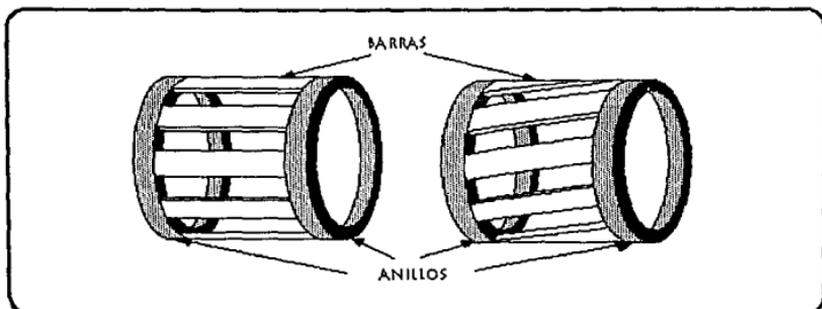


FIG. No. 1.2.2.3 PRINCIPIO CONSTRUCTIVO DEL ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA. LAS BARRAS PUEDEN SER HORIZONTALES O INCLINADAS.

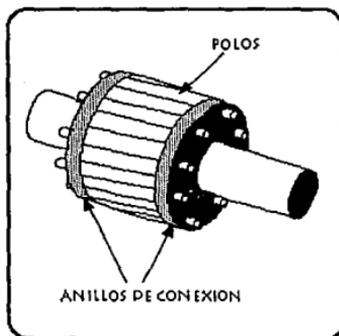


FIG. No. 1.2.2.4 ROTOR COMPLETO TIPO JAULA DE ARDILLA DE BARRAS INCLINADAS.

2. Los rotores de este motor pueden ser de 3 tipos:
 - i) Jaula de Ardilla *Simple* (como el de la Fig. No. 1.2.2.4);
 - ii) Jaula de Ardilla *Doble* o *Boucherot* y;
 - iii) Jaula de Ardilla de *Barra Profunda*.
3. La velocidad de este tipo de motor puede cambiarse únicamente en unos cuantos pasos grandes.
4. Desde el punto de vista mecánico, es un motor muy sencillo y por lo tanto resulta ser *económico*, resistente y *prácticamente no necesita mantenimiento* frecuente al no contar con elementos que se desgasten rápidamente por fricción (colector y escobillas); y lo único que se deberá atender son el interruptor centrífugo y los bujes o baleros que soportan al eje del motor, pues son los únicos que fallarán o se gastarán; aunque es fácil darse cuenta de que requieren reparación, pues existirán con el tiempo fallas en el arranque del producto (en el caso del interruptor) o surgirá un subbido (en el caso de que sean los bujes o baleros).

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION CON ROTOR JAULA DE ARDILLA, DE FASE AUXILIAR o DIVIDIDA; o CON ARROLLAMIENTO, DEVANADO o EMBOBINADO AUXILIAR.

- Este motor se diferencia por poseer instalado en su estator, un devanado o embobinado 'extra'. Este embobinado llamado comúnmente *devanado auxiliar solo ayuda al arranque* y después el motor trabaja solo, ya que se desconecta este embobinado mediante un *interruptor centrifugo (como el de la Fig. No. 1.2.2.1)*, cuando el motor ha alcanzado el 70 o 75% de su velocidad síncrona.
- Su rotor es del tipo de Jaula de Ardilla Simple.
- Se clasifican generalmente como:
 - De Fase Auxiliar de Propósito General y;
 - De Fase Auxiliar de Par Motor Elevado.
- Es el *más económico* para obtener un par de arranque necesario, razón por la cual, también es de los motores *más utilizados*.
- Su par de arranque *no* es considerado alto (de 90 a 275% del par normal)
- Al arrancar, absorbe mayor cantidad de corriente que los motores con capacitor de arranque y al de capacitor permanente.
- Posee una velocidad nominal mayor al motor con capacitor de arranque y permanente.
- Posee un par máximo mayor al motor con capacitor de arranque y al permanente.
- La presencia de estos tipos de motores será notoria, ya que al arrancar, ocasiona que se 'baje la luz' de la instalación a la que está conectado.
- Este motor suele producir un par motor pulsante con vibración y ruido, pero solo bajo ciertas condiciones.
- Para cambiar su sentido de giro, se debe de detener el motor .
- Otras características se pueden apreciar en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.2*).

TABLA No. 1.2.2.2 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE FASE AUXILIAR

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
DE FASE AUXILIAR DE PROPOSITO GENERAL	$\frac{1}{20}$ a $\frac{3}{4}$	90 a 200 (Medio a Normal)	200 a 250	185 a 250 (Medio)	62 a 67	66 a 65	23 ($\frac{1}{4}$ de HP)
DE FASE AUXILIAR DE PAR MOTOR ELEVADO.	$\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{3}$	200 a 275 (Elevado)	180 a 350 (Elevado)	Hasta 350	46 a 61	60 a 62	32 (Elevado, $\frac{1}{4}$ de HP)

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION DE FASE AUXILIAR, CON RESISTENCIA DE ARRANQUE.

1. Este motor cuenta además del embobinado auxiliar para el arranque, de una resistencia que incrementa el par de arranque del motor.
2. Su par de arranque es mayor al del motor de fase auxiliar simple (anteriormente descrito), por lo que se le considera dentro del tipo de motor de fase auxiliar de par motor elevado.
3. Al igual que el motor de fase auxiliar, este motor desconecta su embobinado auxiliar y la resistencia, al alcanzar un 70 o 75% de la velocidad síncrona.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION DE FASE AUXILIAR, CON REACTANCIA DE ARRANQUE.

1. Sus características son las mismas que el motor anterior, pero en vez de contar con una resistencia, cuenta con una reactancia, la cual permite también incrementar el par de arranque.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION DE FASE AUXILIAR, CON CAPACITOR O CONDENSADOR DE ARRANQUE.

1. Este tipo de motor cuenta con un condensador conectado en serie al embobinado auxiliar de arranque del estator, lo que permite que su par de arranque sea mucho mayor que los 3 motores descritos anteriormente (Fig. No. 1.2.2.5).

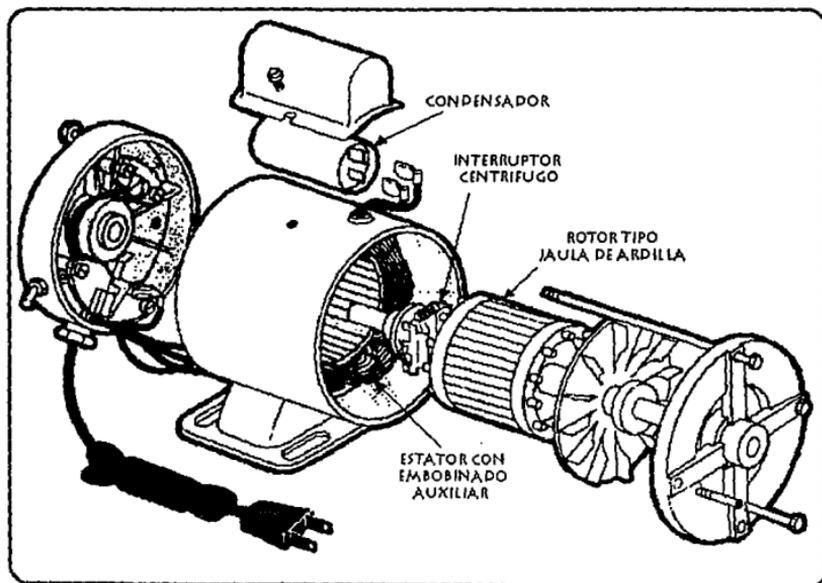


FIG. No. 1.2.2.5 MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR DE ARRANQUE.

2. Al igual que los anteriores motores de fase auxiliar, este motor, al alcanzar un 70 o 75% de la velocidad síncrona, desconecta su embobinado auxiliar, y por ende, el condensador, pues está conectado en serie al embobinado auxiliar.
3. La aplicación de este motor es únicamente para servicio intermitente.
4. Se construyen básicamente en potencias de $\frac{1}{8}$ a 10 HP.
5. Su par de arranque depende del tamaño del condensador que posee; así:
 - A) para una velocidad de 3450 RPM, su par de arranque es de alrededor del 350 a 400% del par motor nominal;
 - B) para una velocidad de 1725 RPM, su par de arranque es de alrededor del 400 a 475% del par motor nominal y;
 - C) para una velocidad de 1140 RPM, su par de arranque es de alrededor del 285 a 390% del par motor nominal.
6. Para voltajes en la línea eléctrica de 110 volts y:
 - a) para motores de $\frac{1}{8}$ de HP, el tamaño del condensador es de 70 a 90 μ f (micro-faradios);
 - b) para motores de $\frac{1}{4}$ de HP, el tamaño del condensador es de 120 a 150 μ f;
 - c) para motores de $\frac{1}{2}$ de HP, el tamaño del condensador es de 230 a 280 μ f y;
 - d) para motores de 1 HP, el tamaño del condensador es de 340 a 410 μ f.
7. Este motor suele producir un par motor pulsante con vibración y ruido, pero solo bajo ciertas condiciones.
8. Este tipo de motor por sus características de los pares que desarrolla, *ha reemplazado prácticamente*, en el terreno de la CA, a los motores del tipo de repulsión (ver Motores de Repulsión, pág. 24, 25 Y 28).
9. Otras características se pueden apreciar en la siguiente tabla (*Table No. 1.2.2.3*).

TABLA No. 1.2.2.3 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR DE ARRANQUE

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR DE ARRANQUE.	$\frac{1}{8}$ a $\frac{3}{4}$	Hasta 436 (Muy elevado)	265 (Muy elevado)	Hasta 400 (Elevado)	65 a 65	90 a 95	

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION DE FASE AUXILIAR, CON CAPACITOR O CONDENSADOR PERMANENTE.

1. Este tipo de motor, como el anterior, cuenta con un condensador conectado al embobinado auxiliar de arranque; pero ambos están en constante funcionamiento; o sea, *no se desconectan* cuando el motor ya ha arrancado, por lo que *no cuentan con interruptor centrífugo*.
2. Como el condensador se emplea para el arranque y la marcha, ésto ocasiona un *par motor de arranque pequeño*; o sea, del 35 al 50% de su par motor nominal.
3. Como el condensador se utiliza también durante la marcha, una *capacidad pequeña* de éste es suficiente para un funcionamiento satisfactorio del motor; así, para voltajes en la línea eléctrica de 110 volts y:
 - a) para motores de $1/20$ de HP, el tamaño del condensador es de $3 \mu f$ (micro-faradios);
 - b) para motores de $1/8$ de HP, el tamaño del condensador es de $5 \mu f$;
 - c) para motores de $1/4$ de HP, el tamaño del condensador es de $8 \mu f$ y;
 - d) para motores de $1/2$ HP, el tamaño del condensador es de $15 \mu f$.
4. Este motor desarrolla un par motor más uniforme y es más silencioso.
5. Este motor suele clasificarse en:
 - a) Con Condensador Permanente de *Par Motor de Arranque Bajo* y;
 - b) Con Condensador Permanente de *Par Motor de Arranque Normal*.
6. Otras características se pueden apreciar en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.4*).

TABLA No. 1.2.2.4 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR PERMANENTE

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 118 VOLTS
DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR PERMANENTE (arranque Bajo).	$1/20$ a $3/4$	80 a 75 (Bajo)	60 a 75 (Bajo)	Hasta 225	55 a 65	80 a 95	Media
DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR PERMANENTE (arranque Normal).	$1/8$ a $3/4$	Hasta 200 (Normal)	200	250	55 a 65	80 a 95	-----

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION DE FASE AUXILIAR, CON CAPACITOR O CONDENSADOR DE VALOR DOBLE.

1. Es la conjunción de los 2 tipos de motores anteriores, ya que como el motor anteriormente descrito no desarrolla par de arranque alto, se utiliza *otro condensador para efectuar un arranque con par elevado* el cual, posteriormente se desconecta con un interruptor centrífugo; quedando en funcionamiento como un motor de condensador permanente.
2. Este motor desarrolla un par motor más uniforme y es más silencioso.
3. Otras características se pueden apreciar en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.5*).

TABLA No. 1.2.2.5 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR DE VALOR DOBLE

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
DE FASE AUXILIAR CON CONDENSADOR DE VALOR DOBLE.	1/8 a 3/4	380 (Elevado)	260 (Elevado)	Hasta 260	55 a 65	80 a 95	_____

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION, DE POLOS SOMBRADOS, HENDIDOS O COMPENSADOS.

1. Este tipo de motor se caracteriza de los demás por su estructura particular que posee, pues cuenta con una bobina de campo en su estator situada en un extremo de éste y, además, el estator está formado por laminaciones que poseen 2 *hendiduras* (una en cada polo), en donde se colocan en cada una, un anillo de cobre conocido como *bobina de sombra* (de aquí que tome su nombre el motor como *de polos hendidos o sombreados*). Su configuración como motor de potencia sub-fraccionaria resulta quedar tan simple y sencilla, que hace que se le llame también como "motor de tipo esqueleto" (*Fig. No. 1.2.2.6*).

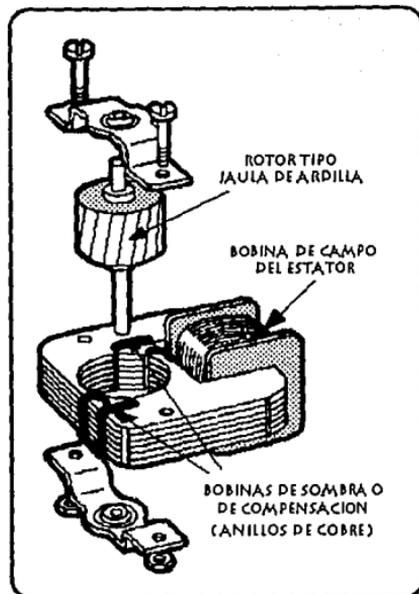


FIG. No. 1.2.2.6 MOTOR DE POLOS COMPENSADOS, HENDIDOS O SOMBREADOS (TIPO ESQUELETO).

2. El rotor es del tipo Jaula de Ardilla Simple.
3. Los anillos o bobinas las emplea para el arranque, y una vez en funcionamiento, permanecen conectados en el circuito, originando esto una pérdida o disminución del rendimiento del motor.
4. El par de arranque es ligeramente mayor al nominal, y el par máximo también es apenas superior al de arranque y al nominal. Curva par-velocidad.
5. Su velocidad se puede regular también, variando el voltaje, como los de capacitor permanente.
6. *Dá más seguridad de funcionamiento* que la mayoría de los demás motores, pues siempre se tendrá por seguro que va a funcionar.
7. Si se *bloquea o trava* el motor por accidente, puede permanecer así durante semanas, ya que la corriente de arranque que emplea es muy baja y *no se quemaría* por este descuido; razón por lo que se puede considerar este motor de *más durable*.
8. Es difícil hacer reversible el giro, ya que se tendrían que colocar otras bobinas y desconectar las existentes y; aunque es posible, quizá no convenga.
9. Su eficiencia es muy baja (en los de tipo esqueleto llega a ser apenas de el 10%).
10. Otras características de este tipo de motor se pueden apreciar en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.6*).

TABLA No. 1.2.2.6 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE POLOS SOMBRADOS

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
DE POLOS SOMBRADOS, HENDIDOS O COMPENSADOS.	$\frac{1}{300}$ a $\frac{1}{20}$	50 (Bajo)	50 (Bajo)	150	30 a 40	—	—

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. MONOFÁSICO ASINCRONO DE INDUCCION, CON ANILLOS COLECTORES o ROZANTES, DE FASE DEVANADA, DIVIDIDA o AISLADA o, DE ROTOR DEVANADO.

- Este motor presenta la característica de poseer en la parte interna de su rotor, un *devanado* o *embobinado* que se conecta a un colector en forma de anillo (*anillo rozante*), montados en el eje del rotor. El anillo sujeta a unas *escobillas* de bronce contenidas en los portaescobillas (ver Fig. No. 1.2.2.1).
- Los anillos rozantes, conectados a un control, ofrecen al motor la característica de tener un *elevado par de arranque* y factor de potencia, y el poder *regular su velocidad* en una gama más amplia que la de los motores monofásicos de inducción de Jaula de Ardilla. El control de la velocidad y el par se efectúa girando (deslizando) el anillo colector; lo que permite obtener una regulación del par y la velocidad desde cero hasta el máximo.
- Su estator está devanado de la misma manera que los motores de Jaula de Ardilla (como el estator de la Fig. No. 1.2.2.5).
- Se clasifican en 2 tipos generales de acuerdo a su velocidad y aplicación:
 - De *velocidad variable* y:
 - De *velocidad constante*.
- Los motores de velocidad constante se aplican en aquellos diseños que *no requieren* para el arranque y durante el funcionamiento *cambios de velocidad constante*; y en todo caso, pueden controlárseles de forma manual o automática.
- Los motores de velocidad variable se aplican donde se requieran más frecuentemente *pasos de arranque y de velocidad*.
- En general, este tipo de motor proporciona una de las condiciones de arranque más eficientes de los motores de inducción; pues cuenta con uno de los máximos pares de arranque; consumiendo para éste, la mínima cantidad de corriente eléctrica y desarrolla además, una aceleración muy suave.
- Ya que su *costo es alto*, su aplicación debe de ser cuidadosamente seleccionada para diseños donde se requieran realmente ajustes y control de velocidad y par; pues de otra manera, su costo adicional no se justificaría y será más conveniente emplear uno con condensador de arranque, uno de repulsión o uno de CD.

9. El peso de un motor de este tipo es de 120 a 150% mayor que cualquiera de los de Jaula de Ardilla de los mismos valores.
10. El sentido del giro del motor puede invertirse, intercambiando 2 de los conductores de la alimentación eléctrica.
11. Son fabricados usualmente para funcionar con corriente trifásica.
12. Otras características de este tipo de motor se pueden apreciar en la *Tabla No. 1.2.2.13*, con las consideraciones par un motor monofásico.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION. DE ARRANQUE POR REPULSION-MARCHA POR INDUCCION.

1. Su rotor se conforma de chapas de hierro ranuradas de forma inclinada, conteniendo a un embobinado que se une a un colector (igual que el rotor de un motor de CD denominado también como *inducido*), contando con portaescobillas y escobillas conectadas en cortocircuito; o sea, que no están conectadas a ningún lado, solo entre sí .
2. El estator es igual al de cualquier motor monofásico asíncrono de inducción de fase auxiliar.
3. Para el arranque, se requiere que las escobillas generen el efecto de repulsión*; y una vez en movimiento el motor, dejan de funcionar, y continúa el movimiento como un motor de inducción (de aquí que adquiera el nombre que lo distingue).
4. Este tipo de motor puede presentarse en 2 variantes, de acuerdo a la manera de hacer inefectivas las escobillas:
 - a) Motor con escobillas separables o;
 - b) Motor con escobillas no separables.
5. El de escobillas separables, está conformado igual que el motor de repulsión, solo que cuando alcanza los $\frac{2}{3}$ o un 75% de su velocidad síncrona, un mecanismo centrífugo desconecta las escobillas separándolas del colector; y entonces, el rotor se convierte en uno del tipo de jaula de ardilla y el motor sigue girando como cualquier monofásico de inducción. Su colector es del tipo *radial*.
6. El del tipo con escobillas no separables, cuenta con la diferencia de que el mecanismo centrífugo desconecta las escobillas impidiendo el paso de la corriente inducida a éstas, dejando de efectuarse la repulsión a pesar de permanecer en contacto las escobillas con el colector. Su colector es del tipo *axial* (*Fig. No. 1.2.2.7*).

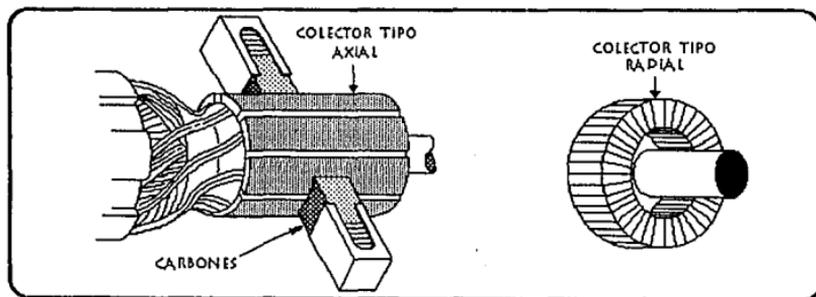


FIG. No. 1.2.2.7 TIPOS DE COLECTORES EN MOTORES DE REPULSION.

* El efecto de repulsión se genera cuando se conecta el embobinado del estator a la corriente; ésta, produce un campo magnético alrededor del embobinado y genera también una corriente eléctrica que se induce hacia el rotor; la cual, circula por el embobinado y termina en las escobillas que es donde se cierra el embobinado. La corriente que fluye por el embobinado del rotor, genera otro campo magnético igual y de los mismos signos que el del estator; lo que da lugar a la repulsión de los polos iguales que se generaron.

7. En general, este motor presenta las mismas características del motor de CD tipo serie, pues es capaz de desarrollar un alto par motor de arranque (del 350 al 500% del par motor de arranque nominal).
8. Su velocidad es casi constante pero su par motor no lo es.
9. Esta basado en las propiedades del motor de repulsión (ver Motor de CA Monofásico de Repulsión, pág.28).
10. Se fabrica como MPF y MPM hasta de 10 HP.
11. Otras características de este tipo de motor se pueden apreciar en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.7*).

TABLA No. 1.2.2.7 ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE ARRANQUE POR REPULSION-MARCHA POR INDUCCION

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%) ^a	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%) ^a	PAR MOTOR MAXIMO (%) ^a	EFICIENCIA (%) ^a	FACTOR DE POTENCIA (%) ^a	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
DE ARRANQUE POR REPULSION-MARCHA POR INDUCCION	Hasta 10	350 a 500 (Muy elevado)	225 (Elevado)	Hasta 275	55 a 65	70 a 80	350%

^a PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO ASINCRONO DE INDUCCION, DE REPULSION-INDUCCION.

1. Su rotor se conforma de chapas de hierro ranuradas de forma inclinada, conteniendo a un embobinado que se une a un colector de tipo axial (igual que el rotor de un motor de CD denominado también como *inducido*), conteniendo debajo de las ranuras de las chapas, un enrollamiento de barras (o sea, del tipo de Jaula de Ardilla Simple). Cuenta con portaescobillas y escobillas conectadas en cortocircuito; o sea, que no están conectadas a ningún lado, solo entre sí.
2. El estator es igual al de cualquier motor monofásico asíncrono de inducción de fase auxiliar.
3. Al ponerse en movimiento, los 2 enrollamientos (el de repulsión y el de jaula de ardilla), funcionan *simultaneamente*; pues contrariamente al motor anterior, *no se desconectan las escobillas* (no posee mecanismo centrífugo). Por este motivo, su funcionamiento es por inducción y repulsión a la vez (de aquí su nombre); pues el efecto de repulsión ofrece un arranque con par elevado, y el efecto de inducción del enrollamiento jaula de ardilla ofrece una velocidad casi constante.
4. Su característica de velocidad es semejante a la del motor de CD Compuesto (ver Motor de CD Compuesto); pues puede ser variable o constante y se pueden fabricar como MPF y MPM hasta de 10 HP.

MOTORES DE C.A. MONOFÁSICOS, **SINCRONOS**.

1. Se diferencian básicamente porque su rotor es del tipo de polos salientes; aunque también pueden ser cilíndricos como el de Jaula de Ardilla; poseen comúnmente 4 polos y cuentan con un embobinado interno. El rotor de polos salientes es semejante al de jaula de ardilla pero incompleto, pues no se genera un cilindro cerrado completamente; además, en cada polo formado se aplica un embobinado llamado *embobinado* o *arrollamiento amortiguador* o de arranque; ya que precisamente se aplican con el propósito de hacer que arranque el motor (Fig. No. 1.2.2.8).

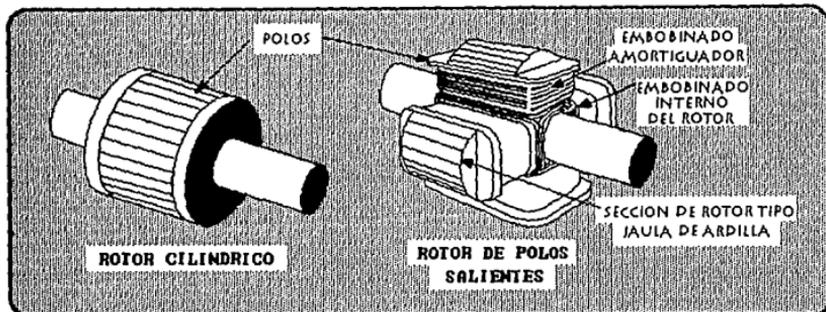


FIG. No. 1.2.2.8 TIPOS DE ROTORES EN MOTORES SINCRONOS.

2. Una vez puesto en marcha el motor, el arrollamiento amortiguador no se usa, pues resulta inefectivo su uso durante el funcionamiento.
3. El arrollamiento amortiguador se conecta y desconecta *manualmente* y se usan para motores sincrónicos pequeños de hasta $1\frac{1}{2}$ o 2 HP, cuya puesta en marcha no sea tan frecuente (de 5 a 7 arranques por hora).
4. Estos motores *no requieren de excitación de CD* como los sincrónicos trifásicos.
5. Cuando la carga que se desea mover es menor que el par que puede desarrollar el motor, éste girará a velocidad normal o de sincronismo, el trabajo lo desarrollará a esa velocidad y *nunca girará más despacio ni más rápido*.
6. Cuando la carga que se desea mover sobrepasa el par que puede desarrollar el motor, este se *detendrá* (o *trabará*) y *no volverá a arrancar*.
7. Estos tipos de motores es recomendable utilizarlo para cuando en el diseño se requiera una velocidad muy constante y de gran regularidad, pues simplemente o *mueve la carga a velocidad de sincronismo o no gira*.
8. Pueden ser motores de *potencia fraccionaria* y *sub-fraccionaria*, llamados motores sincrónicos pequeños.
9. Los motores sincrónicos de potencia fraccionaria y sub-fraccionaria *son de una gama más amplia de par de salida y de velocidad*, que los motores asíncronos de inducción de estas potencias.
10. Se usan frecuentemente en potencias nominales abajo de $\frac{1}{1000}$ de HP.
11. Básicamente hay 2 tipos de motores monofásicos sincrónicos:
 - a) El motor de CA monofásico síncrono, de **Reluctancia**.
 - b) El motor de CA monofásico síncrono, de **Histéresis**.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO SINCRONO, **DE RELUCTANCIA.**

1. Es similar a cualquier motor monofásico asíncrono de inducción y posee en el rotor de polos salientes, uno de jaula de ardilla; por lo que se puede decir que es una combinación de un motor monofásico asíncrono de inducción en el estator y uno síncrono en el rotor.
2. Arranca como un motor asíncrono de inducción pero funciona normalmente a la velocidad síncrona; por lo que se considera como motor síncrono con arranque automático. Cuando el rotor jaula de ardilla ha generado el arranque y acelerado el motor, los polos salientes del rotor son atraídos por los polos del estator y ocasionan que el motor entre en sincronismo; acción con la cual, la jaula de ardilla deja de funcionar.
3. Al igual que los motores síncronos de polos salientes, este motor *si generan un par de arranque* y gira a velocidad síncrona motivo por el cual *no existe la necesidad de incorporarle excitación de campo de CD para que gire a velocidad síncrona.*
4. Este motor es un motor de potencia fraccionaria y puede ser de 2 tipos:
 - a) De reluctancia de Fase Auxiliar.
 - b) De reluctancia de Fase Auxiliar con Condensador de arranque.
5. Requiere de un interruptor centrífugo para desconectar el arrollamiento de arranque, antes de que el motor alcance la velocidad síncrona (ver Motor de CA Monofásico Asíncrono de Inducción de Fase Auxiliar, pág. 17).

MOTOR DE C.A. MONOFASICO SINCRONO, **DE HISTERESIS.**

1. Es un motor con rotor sin polos salientes; o sea, su rotor es cilíndrico conteniendo un arrollamiento de jaula de ardilla.
2. Su estator es generalmente del tipo monofásico asíncrono de inducción.
3. Al igual que el de reluctancia, *si genera un par de arranque* y siempre gira a velocidad de sincronismo; por lo que tampoco requiere de la excitación de CD.
4. Puede ser de 2 tipos:
 - a) De histéresis de Fase Auxiliar con Condensador de arranque.
 - b) De histéresis de Polos Sombreados.
5. Es el más silencioso de los motores pequeños.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO SINCRONO, **DE IMAN PARMANENTE.**

1. Este tipo de motor se caracteriza básicamente porque *los polos salientes del rotor poseen imanes* o acero magnético, lo cual hace que se cuente con un magnetismo permanente; evitándose la generación de campos magnéticos con la CA.
2. Pueden encontrarse tanto del tipo de *reluctancia* como de *histéresis.*
3. El de reluctancia cuenta con la misma configuración y características de los que no poseen imanes.
4. El de tipo de histéresis se le conoce como motor de reloj, debido a que se aplica precisamente para relojes; pues aproximadamente puede funcionar continuamente de 3 a 5 años sin pararse o descomponerse.
5. Para el arranque del motor de tipo histéresis se pueden emplear 2 métodos:
 - a) Los polos sombreados y;
 - b) A mano.El de polos sombreados ofrece un alto par en el arranque, mientras que el manual no; pero ambos ofrecen un consumo de corriente bajo. Sus rotores son de cerámica con ferrita magnética y poseen de 8 a 32 polos.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO DE COLECTOR, TIPO SERIE (Motor de Tracción).

1. Este motor posee el estator del tipo de cualquier motor asíncrono de inducción de fase auxiliar, pero en su rotor posee un colector con escobillas y un arrollamiento o embobinado de compensación.
2. Es prácticamente en principio un motor tipo serie de CD, pero haciéndolo funcionar con CA monofásica.
3. Se distingue por contar con la conexión del embobinado del estator o de excitación, directo a una escobilla, y con el embobinado de compensación conectado en el carbón o escobilla opuesta. Así, tanto un extremo de cada embobinado, se conecta a la CA.
4. Sus características de funcionamiento se asemejan también al del motor de CD del mismo nombre (ver *Motor de CD Serie*), y por contar con un elevado par de arranque y funcionamiento ("gran tracción"), se le conoce también como *Motor de Tracción*.

MOTOR DE C.A. MONOFASICO, DE REPULSION.

1. Su rotor se conforma de chapas de hierro ranuradas de forma inclinada, conteniendo a un embobinado que se une a un colector de tipo axial (igual que el rotor de un motor de CD denominado también como *inducido*), contando con portaescobillas y escobillas conectadas en cortocircuito; o sea, que no están conectadas a ningún lado, solo entre sí .
2. El estator es igual al de cualquier motor monofásico asíncrono de inducción de fase auxiliar.
3. Para el arranque, se requiere que las escobillas generen el efecto de repulsión*; y una vez en movimiento el motor, las escobillas continúan funcionando en todo momento generando siempre la repulsión (de aquí que sea un motor netamente de repulsión).
4. Su velocidad, el par y el sentido del giro, se pueden variar desplazando las escobillas del rotor como el motor de anillos rozantes o cualquiera que posea escobillas; además de que su velocidad varía con la carga.
5. Es capaz de desarrollar un alto par de arranque; por lo que sus características de funcionamiento son las mismas que las del motor de CD tipo serie (ver *Motor de CD Serie*).

MOTORES DE C.A., TRIFASICOS.

1. Todos los motores de CA trifásicos funcionan con el tipo de corriente eléctrica instalada en los inmuebles de nivel industrial; que son instalaciones donde la toma de corriente presente 3 líneas de alimentación eléctrica.
2. Estos motores son fabricados exclusivamente como motores de potencia mayor (MPM).
3. Todos los motores presentarán en su placa de características el dato de "3 FASES" o en su defecto, un toma corriente cilíndrico con 4 patas o simplemente 4 conductores terminales.

* El efecto de repulsión se genera cuando se conecta el embobinado del estator a la corriente; ésta, produce un campo magnético alrededor del embobinado y genera también una corriente eléctrica que se induce hacia el rotor; la cual, circula por el embobinado y termina en las escobillas que es donde se cierra el embobinado. La corriente que fluye por el embobinado del rotor, genera otro campo magnético igual y de los mismos signos que el de el estator; lo que dá lugar a la repulsión de los polos iguales que se generaron.

MOTORES DE C.A. TRIFASICOS, ASINCRONOS DE INDUCCION.

1. Son motores que estructuralmente están conformados con un *estator* o *arrollamiento primario*, a base de laminaciones, en donde se realiza un embobinado.
2. El estator está conectado a la corriente eléctrica mediante 3 líneas o fases de alimentación eléctrica (de aquí su denominación como *trifásicos*).
3. El *rotor* (denominado también como *armadura*, *arrollamiento de armadura* o *arrollamiento secundario*), puede ser de 2 tipos denominados:
 - a) *Jaula de Ardilla y;*
 - b) *de Anillos Rozantes, de fase devanada* o *rotor devanado.*

A la vez, los rotores del tipo Jaula de Ardilla pueden ser de 3 tipos:

 - i) Jaula de Ardilla *Simple;*
 - ii) Jaula de Ardilla *Doble* o *Boucherot y;*
 - iii) Jaula de ardilla *de Barra Profunda.*
4. Por lo general, este tipo de motor presenta un rotor del tipo *Jaula de Ardilla.*
5. El rotor no está conectado a la corriente y toma entonces su movimiento por *inducción* producido por el embobinado del estator; de aquí el nombre de *Motor de Inducción.*
6. Cualquier motor de este tipo se puede convertir en uno de inducción monofásico, con el simple hecho de desconectar una de las 3 fases del estator.
7. Sus elementos que lo conforman son prácticamente los mismos que los motores monofásicos, excepto que éstos *no poseen interruptor centrífugo* como el caso de algunos monofásicos.
8. Todos los motores de este tipo *cuentan con un par motor de arranque*; o sea, que si pueden arrancar por sí solos sin requerir de un 'elemento extra' que les ayude a iniciar el movimiento (como en el caso de los motores monofásicos); ya que al contar con conexión trifásica, el voltaje y la intensidad de la corriente eléctrica que se le suministra al motor por las 3 líneas, son capaces de ocasionar que el motor se mueva por sí solo desde el arranque. En general, estos tipos de motores poseen un par de arranque muy débil.
9. Este motor *no* está capacitado para alcanzar la velocidad síncrona, pues gira siempre con un *deslizamiento*. El deslizamiento es a lo que se le llama no moverse a la velocidad síncrona, sino siempre abajo de ella; por lo que a esto se le denomina velocidad asíncrona y, por lo tanto, al motor se le conoce también como *Motor Asíncrono.*
10. La *velocidad asíncrona* a la que gira este motor queda comprendida de entre un 95 a 99% de la velocidad a la que debieran girar normalmente, o sea, de la velocidad síncrona. Su velocidad puede calcularse con la siguiente expresión:

$$V_A = \frac{120 \cdot f}{P} (0.95 \text{ A } 0.99) f$$

V_A = VELOCIDAD ASINCRONA (RPM).
 f = FRECUENCIA DE LA RED ELECTRICA (50 - 60 Hz)
 P = No. DE POLOS DEL MOTOR.

11. Este motor es capaz de producir un *par motor uniforme a cualquier velocidad*; el cual se puede conocer básicamente con la expresión:

$$T = \frac{7.04 \cdot P}{V_S}$$

T = PAR DEL MOTOR TRIFASICO DE INDUCCION (lb - pie).
 P = POTENCIA DEL MOTOR (WATTS).
 V_S = VELOCIDAD SINCRONA (RPM).

12. En general, la velocidad de estos motores disminuye a medida que va aumentando la carga que se desea mover.
13. Son fabricados usualmente como *Motores de Potencia Fraccionaria (MPF)* y de *Potencia Mayor (MPM)*; desde ½ HP hasta miles.
14. Su *eficiencia* fluctúa al rededor del 85%.

15. Este motor puede funcionar también como generador de corriente eléctrica y no como motor con freno.
16. Una vez en marcha puede considerarse como motor de 2 fases.
17. Debido a que no es común la regulación de la velocidad y el par en este tipo de motores, se han ido diseñando gran cantidad de motores con una variedad de velocidades y pares que, se tuvo la necesidad de clasificarlos y normalizarlos. La normalización efectuada por la *NEMA*, clasifica en la norma MG50-119, a estos motores en 6 clases que son:

NEMA Clase A. Motor de inducción jaula de ardilla de propósito general con par motor y corriente de arranque normales.

1. Es el más ampliamente usado.
2. Su configuración es como la de cualquier motor trifásico asíncrono de inducción; estator trifásico y rotor tipo Jaula de Ardilla Simple.
3. El par motor de arranque varía con el # de polos.
4. Su par de arranque es de entre 115 y 150%.
5. Puede arrancar con tensión de corriente reducida.
6. Posee un par motor máximo muy elevado, por lo que puede funcionar con cargas máximas elevadas, de preferencia eventualmente; ya que si son constantes y fijas, se sobrecalienta. Su par motor máximo es mayor que el par motor de arranque.
7. Su deslizamiento que genera la asincronía de su velocidad, es de entre 1 y 5% en carga nominal; o sea que, a la carga nominal, su velocidad es de entre 95 y 99% de la síncrona. Los motores pequeños de este tipo, presentan el 95% (deslizamiento mayor); y los motores mayores el 99% (deslizamiento menor).
8. Es recomendable usar este tipo de motor en la mayor cantidad de diseños posibles cuando se requiera aplicar un motor trifásico de inducción; debido a las siguientes razones:
 - a) Bajo costo;
 - b) Bajo mantenimiento y;
 - c) Rendimiento y factor de potencia elevado.
9. Este motor es prácticamente el equivalente al motor de CD tipo derivación, en cuanto a características de funcionamiento (ver *Motores de CD Paralelo o Derivación*, pág. 45 - 46).
10. Otras características de este tipo de motor se pueden apreciar en la *Tabla No. 1.2.2.8.*

NEMA Clase B. Motor de inducción de propósito general de par motor de arranque normal y baja corriente de arranque.

1. El par motor de arranque es igual o ligeramente mayor que al de Clase A.
2. Su par motor máximo es ligeramente menor al de Clase A.
3. Posee un factor de potencia más bajo que los de Clase A.
4. El costo es ligeramente mayor al de Clase A.
5. Arranca con el 75% de la corriente de arranque que utiliza el de Clase A.
6. Tiene su rotor del tipo de Jaula de Ardilla Doble.
7. Otras características se dan en la *Tabla No. 1.2.2.9.*

TABLA No. 1.2.2.8 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR ASINCRONO DE INDUCCION (NEMA Clase A)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
NEMA Clase A	1/2 a 200	POLOS - PAR 2 - 150 4 - 150 6 - 135 8 - 125 10 - 120 12 - 115 14 - 110 16 - 105	Hasta 250 pero no menor de 200.	87 a 89	87 a 89	500 a 1000	3 a 5 (bajo)

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

TABLA No. 1.2.2.9 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR ASINCRONO DE INDUCCION (NEMA Clase B)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
NEMA Clase B	1/2 a 200	Igual que los de la Clase A o mayores.	Hasta 250 y si menores de 200.	87 a 89	86 a 88	Alrededor de 500 y 550 hasta menores que el promedio de la Clase A.	3 a 5 (bajo)

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

NEMA Clase C. Motor de elevado par motor de arranque y baja corriente de arranque.

1. Su rotor es del tipo de Jaula de Ardilla Doble.
2. El par motor de arranque es de entre 200 y 250% que el par nominal.
3. Posee un par motor máximo menor al de Clase A, pero no menor que el 200% del nominal.
4. Este motor produce su par motor máximo en el momento del arranque; o sea que el par de arranque es igual al par máximo. Esto resulta de utilidad para diseños que requieran mover una carga excesiva desde el arranque.
5. Puede emplearse este motor en lugar de uno del tipo de rotor devanado.
6. La cantidad de corriente con la que arranca es menor a la de Clase B.
7. Su rendimiento es menor a los de Clase A.
8. Otras características de este tipo de motor se aprecian en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.10*).

TABLA No. 1.2.2.10 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR ASINCRONO DE INDUCCION (NEMA Clase C)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
NEMA Clase C	1 a 200	200 a 250	Usualmente menor que la Clase A pero menor que 200.	82 a 84	Menor de 87 a 89.	Alrededor de los mismos valores que los de la Clase B.	3 a 7 (bajo)

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

NEMA Clase D. Motor de elevado par motor de arranque, deslizamiento medio y elevado, de corriente de arranque normal y baja.

1. Este tipo de motor se utiliza en general para cargas intermitentes.
2. Se subdividen frecuentemente en:
 - a) De régimen nominal intermitente de deslizamiento elevado y;
 - b) De régimen nominal continuo de deslizamiento medio.
3. El motor de deslizamiento medio se utiliza en aquellos diseños que cuentan con volantes para proporcionar energía a la carga en el instante de trabajo pesado; como en las troqueladoras y cizallas.
4. El motor de deslizamiento medio tiene el mayor par motor de arranque de todos los motores trifásicos y además, la máxima capacidad de aceleración.
5. El motor de deslizamiento elevado se utiliza en donde el par motor de arranque sea alrededor del 250% del nominal; como en grúas, montacargas y ocasionalmente en elevadores.
6. Otras características de este tipo de motor se ofrecen en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.11*).

TABLA No. 1.2.2.11 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR ASINCRONO DE INDUCCION (NEMA Clase D)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
NEMA Clase D	½ a 150	350 los de deslizamiento medio; 250 a 350 los de deslizamiento alto.	Usualmente el mismo que el par motor en reposo.	Mucho menor que el de las demás clases.	Mucho menor de 90.	400 a 800 los de deslizamiento medio; 300 a 500 los de deslizamiento alto.	7 a 11 (medio); 12 a 15 (elevado).

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

NEMA Clase E y F. Motor de bajo par motor de arranque, de velocidad elevada y de corriente de arranque normal (NEMA Clase E) o baja corriente de arranque (NEMA Clase F).

1. Son motores que se usan frecuentemente para conectarse directamente al funcionamiento del diseño, donde se requiere exclusivamente un par motor de arranque bajo; como en el caso de ventiladores y bombas centrífugas.
2. Estos motores son de rendimiento elevado y deslizamiento bajo.
3. Los resultados característicos de estos motores enunciados con anterioridad, se pueden obtener empleando un motor Clase A de arranque a tensión reducida; por lo que estos 2 tipos de clases (la E y F), no se aplican ampliamente.
4. Algunas características de este tipo de motor se aprecian en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.12*).

TABLA No. 1.2.2.12 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR ASINCRONO DE INDUCCION (NEMA Clase E y F)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
NEMA Clase E y F	40 a 200	Menor que 100 pero no menor de 50.	No menor que 150.	Cerca de 87 a 89	Cerca de 86 a 89	500 a 1000 (normal); 350 a 500 (baja).	1 a 3.5 (muy bajo)

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

Las características gráficas de par-velocidad de los motores NEMA Clases A, C y D se aprecian en la siguiente figura (*Fig. No. 1.2.2.9*).

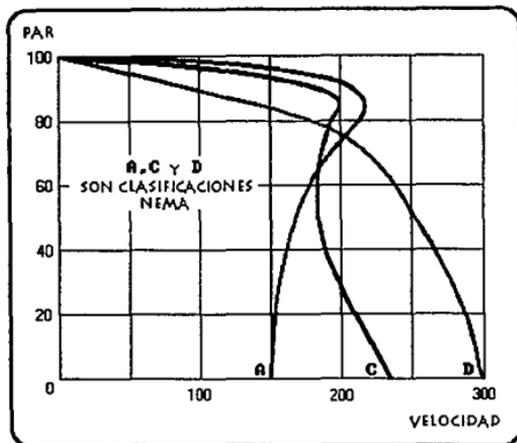


FIG. No. 1.2.2.9 GRAFICA PAR-VELOCIDAD DE LOS MOTORES NEMA CLASE A, C y D.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO ASINCRONO DE INDUCCION, CON ROTOR DE JAULA DE ARDILLA SIMPLE o CON ROTOR EN CORTO CIRCUITO.

1. Este motor toma su nombre de acuerdo a la forma constructiva de su rotor, semejante a una *Jaula de Ardilla*, el cual se conforma de barras sólidas no aisladas y conectadas en cada extremo por un anillo (ver Figs. No. 1.2.2.3 y 1.2.2.4), siendo finalmente de forma cilíndrica muy cerrada (las barras y los anillos son generalmente de hierro con aluminio). También se le denomina de *Rotor en Corto Circuito*, debido a la manera en que están realizadas las conexiones internas del motor, ocasionando que el rotor quede en "corto circuito" a través de los anillos que unen las barras.
2. La velocidad de este motor puede cambiarse únicamente en unos cuantos pasos grandes.
3. Desde el punto de vista mecánico, es un motor muy sencillo y por lo tanto resulta ser económico, resistente y prácticamente no necesita mantenimiento frecuente al no contar con elementos que se desgasten rápidamente por fricción (colector y escobillas); y lo único que se deberá atender son los bujes o baleros que soportan al eje del motor, pues son los únicos que se gastarán, aunque es fácil darse cuenta de que requieren reparación, pues generarán un subido.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO ASINCRONO DE INDUCCION, JAULA DE ARDILLA DOBLE y DE BARRA PROFUNDA (Boucherot).

1. Estos tipos de motores cuentan con embobinados dobles o profundos, en un rotor de construcción de jaula de ardilla, con la finalidad de mejorar las condiciones de arranque del motor y el consumo de corriente (menor) durante el arranque y el funcionamiento.
2. Se aplican básicamente para motores de construcción NEMA B y C.

MOTOR DE C.A. TRIFÁSICO ASINCRONO DE INDUCCIÓN, CON ANILLOS COLECTORES o ROZANTES, DE FASE DEVANADA, DIVIDIDA o AISLADA o, CON ROTOR DEVANADO.

1. Este motor presenta la característica de poseer en la parte interna de su rotor, un devanado o embobinado que se conecta a 3 colectores en forma de anillos (anillos rozantes), montados en el eje del rotor. Los anillos, sujetan a unas escobillas de bronce contenidas en los portaescobillas (ver Fig. No. 1.2.2.1).
2. Los anillos rozantes, conectados a un control, ofrecen al motor la característica de tener un elevado par de arranque y el poder regular su velocidad en una gama más amplia que la de los motores trifásicos de inducción de Jaula de Ardilla. El control de la velocidad y el par se efectúa girando (deslizando) los anillos colectores; lo que permite obtener una regulación del par y la velocidad desde cero hasta el máximo.
3. Su estator está devanado de la misma manera que los motores de Jaula de Ardilla (como el estator de la Fig. No. 1.2.2.5).
4. Se clasifican en 2 tipos generales de acuerdo a su velocidad y aplicación:
 - a) De velocidad constante y:
 - b) De velocidad variable.
5. Los motores de velocidad constante se aplican en aquellos diseños que no requieren para el arranque y durante el funcionamiento, cambios de velocidad constante; y en todo caso, pueden controlarse de forma manual o automática; como por ejemplo, compresores de aire, máquinas de refrigeración y transportadores.
6. Los motores de velocidad variable se aplican donde se requieran más frecuentemente pasos de arranque y de velocidad; como por ejemplo, en el caso de montecargas, gruas, elevadores, ventiladores y aspiradores.
7. En general, este tipo de motor proporciona las condiciones de arranque más eficientes de todos los motores de inducción trifásicos; pues cuenta con uno de los máximos pares de arranque (junto con el motor de Jaula de Ardilla NEMA clase D del tipo de deslizamiento elevado), empleando para éste, la mínima cantidad de corriente eléctrica y desarrolla además, una aceleración muy suave.
8. Ya que su costo es alto, su aplicación debe de ser cuidadosamente seleccionada para diseños donde se requieran realmente ajustes y control de velocidad y par; pues de otra manera, su costo adicional no se justificaría y será más conveniente emplear uno NEMA Clase C o D.
9. El peso de un motor de este tipo es de 120 a 150% mayor que cualquiera de los de Jaula de Ardilla de los mismos valores.
10. El sentido del giro del motor puede invertirse, intercambiando 2 de los conductores de la alimentación eléctrica.
11. Son fabricados usualmente para funcionar con corriente trifásica.
12. Otras características de este tipo de motor se pueden apreciar en la tabla de la siguiente página (Tabla No. 1.2.2.13).

TABLA No. 1.2.2.13 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE ROTOR DEVANADO

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESLIZAMIENTO (%)*
DE ROTOR DEVANADO, DE ANILLOS ROZANTES O DE FASE DEVANADA.	½ a 5 000	Hasta 300	200 a 250	Elevada: de 87 a 89 con rotor en cortocircuito. Baja con resistencia en el rotor para el control de la velocidad.	Elevado: de 87 a 89	Depende de la resistencia externa del rotor, pero puede ser tan baja como 150.	3 a 50

* PORCENTAJE DE LOS NOMMALES.

MOTORES DE C.A. TRIFASICOS, SINCRONOS.

1. Casi todos los motores síncronos son trifásicos y cuentan por lo general con un *arrollamiento o embobinado de arranque* instalado en el rotor, el cual, proporciona el par motor para arrancar. Este embobinado es conocido como *arrollamiento amortiguador*; aunque también hay motores de este tipo que no cuentan con este arrollamiento. En base a ésto, se puede decir que se cuenta con:
 - a) Motores trifásicos síncronos con *arrollamiento amortiguador* y;
 - b) Motores trifásicos síncronos *sin arrollamiento amortiguador*.
2. En general, su estator y rotor están conectados directamente a la corriente; a diferencia de los motores asíncronos de inducción, en los cuales solamente el estator está conectado.
3. Pueden presentar 2 tipos diferentes de rotores (ver Fig. No. 1.2.2.8):
 - a) Rotores de *Polos Salientes* y;
 - b) Rotores *Cilíndricos* .
4. Cuando la carga que se desea mover sobrepasa el par que puede desarrollar el motor, este se detendrá y no volverá a arrancar por sí solo.
5. Cuando la carga que se desea mover es menor que el par que puede desarrollar el motor, éste girará a velocidad normal o de sincronismo, el trabajo lo desarrollará a esa velocidad y nunca girará más despacio ni más rápido.
6. En general, sus características de arranque no son completamente tan favorables como las de los motores asíncronos de inducción NEMA Clase C o D; aunque son muy cercanas a las de la Clase A para velocidades de 900 RPM o menos (ver Tablas No. 1.2.2.8, 1.2.2.10 y 1.2.2.11).
7. Es el único motor de todos que posee *velocidad constante* y absoluta; por lo que funciona a una sola velocidad, la *velocidad síncrona*. Esta velocidad, se puede conocer mediante la expresión:

$$V_S = \frac{120 \cdot f}{p}$$

V_S = VELOCIDAD SINCRONA (RPM).
 f = FRECUENCIA DE LA RED ELECTRICA (50 - 60 Hz).
 p = No. DE POLOS DEL MOTOR.

8. Este motor no es capaz de producir un par motor uniforme a todas las velocidades.
9. Se clasifican usualmente de acuerdo a su velocidad como:
 - I) Motores de CA Trifásicos Sincronos de *Velocidad Elevada (arriba de 514 RPM)* y;
 - II) Motores de CA Trifásicos Sincronos de *Velocidad Baja (abajo de 514 RPM)*.
 Estos 2 últimos grupos se clasifican en:
 - i) Motores con *Factor de Potencia Unitario*;
 - ii) Motores con *Factor de Potencia de 0,8 y*;
 - iii) Motores con *Factor de Potencia Bajo*.
10. Los motores con factor de potencia unitaria son más pequeños de tamaño, más eficientes y más costosos; contando además con un par motor de arranque, de enganche* y máximo muy débiles.
11. Los motores con factor de potencia de 0.8 son más grandes de tamaño y consumen mayor corriente que los de factor unitario; además, poseen un par motor máximo y de enganche, mayores que los de factor 1.
12. Estos motores pueden ser fabricados para *pequeñas potencias (potencias sub-fraccionarias abajo de 1/1000 de HP)*, abarcando una gama más amplia de potencias de salida y de velocidad que los motores asíncronos de inducción de potencia fraccionaria y sub-fraccionaria. Los motores sincronicos de potencias pequeñas pueden ser de 2 tipos de acuerdo a su tipo de arranque:
 - a) Motores de CA trifásicos sincronicos de *Reluctancia*.
 - b) Motores de CA trifásicos sincronicos de *Histéresis*.
13. En general, su velocidad no se puede controlar tan facilmente como los motores de rotor devanado.
14. Se pueden distinguir 2 tipos de motores de acuerdo al número de polos que posea en su rotor:
 - a) El motor sincrono de *6 o más polos y*;
 - b) El motor sincrono de *2 y 4 polos*.
15. Los motores sincronicos de 6 o más polos, tienen rotores del tipo de polos salientes, al igual que los motores de CD.
16. Los motores sincronicos de 2 y 4 polos, tienen rotores cilíndricos y giran a velocidades de 3600 y 1800 RPM.
17. Los motores sincronicos pequeños de 4 polos, se construyen con rotor de polos salientes.
18. En estos motores, el flujo magnético es generado por CD; a diferencia del motor de inducción que lo genera con CA.
19. Su eficiencia o rendimiento es mayor en un 1 o 2% que la de los motores de inducción NEMA Clase A, pues *poseen el rendimiento de mayor valor que cualquier motor*.
20. El motor es capaz de funcionar como generador de corriente, al igual que el motor de CD.
21. Los motores sincronicos de rotor cilíndrico se emplean generalmente como generadores; mientras que los motores sincronicos de rotor de polos salientes se ocupan como motores.
22. Los aspectos de *temperatura, carcasa y aislamiento*, son los mismos que los considerados en los motores asíncronos de inducción.
23. Estos tipos de motores es recomendable utilizarlo para cuando en el diseño se requiera una velocidad muy constante y de gran regularidad, pues simplemente o mueve la carga a velocidad de sincronismo o no gira.
24. Su costo resulta ser menor en motores de velocidades nominales más bajas (menores que 514 RPM); y en motores de potencias muy grandes (500 HP o más). Así, para motores de pequeñas potencias presenta la desventaja de ser más caro, además de que no son muy usuales en potencias menores de 50 HP. Aún en potencias de 50 HP, su costo resulta ser considerablemente mayor que uno de inducción de la misma potencia.

* El par motor de enganche es el par desarrollado por el motor cuando funciona como un motor asíncrono de inducción hasta la velocidad a partir de la cual se podrá en sincronismo.

25. Si a este motor se le incluye un colector, se transformaría en un motor de CD.
 26. Otras características de estos tipos de motores se pueden apreciar en la siguiente tabla (*tabla No. 1.2.2.14*).

TABLA No. 1.2.2.14 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES TRIFASICOS SINCRONOS

TIPO DE MOTOR	FACTOR DE POTENCIA	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR DE ENGANCHE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	RPM
PROPOSITO GENERAL	Unitario	—	110	110	150	550 a 750	1800
	Unitario	Hasta 200	110	110	175	550 a 750	514 a 1200
	0.8	—	125	125	200	500 a 700	1800
	0.8	Hasta 150	125	125	250	500 a 700	514 a 1200
DE VELOCIDAD ELEVADA (solo M.P.M.)	Unitario	250 a 500	110	110	150	550 a 700	514 a 1800
	Unitario	600 y más	85	85	150	550 a 700	514 a 1800
	0.8	200 a 500	125	125	200	500 a 700	514 a 1800
	0.8	600 y más	100	100	200	500 a 700	514 a 1800
DE VELOCIDAD BAJA	Unitario	—	40	30	140	300 a 500	menores a 514
	0.8	—	40	30	200	250 a 400	514

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO SINCRONO, CON ARROLLAMIENTO AMORTIGUADOR y CON EXITACION DE CD EN ESCOBILLAS o CON ARROLLAMIENTO ESPECIAL DE ARRANQUE.

1. Este motor cuenta por con un *arrollamiento o embobinado de arranque* instalado en el rotor de polos salientes, el cual, proporciona el par motor para arrancar. Este embobinado es conocido como *arrollamiento amortiguador* o en *cortocircuito* (ver Fig. 1.2.2.8).
2. Al arrancar el motor con el *arrollamiento amortiguador*, el rotor comienza a girar hasta que alcanza su velocidad máxima como motor de inducción; como la velocidad aún es asíncrona, es entonces cuando se aplica una *exitación de CD* con una *dinamo* sobre las *escobillas* del rotor, generando ésto que el motor entre en sincronismo y por ende, alcance su velocidad síncrona.
3. Los *excitadores de CD* son como pequeños motores de CD (*dinamos*) acoplados al mismo eje del rotor.
4. Una vez puesto en marcha el motor, el *arrollamiento amortiguador* no se usa, pues resulta inefectivo su uso durante el funcionamiento; aunque bien, si el motor se sobrecargara y saliera de sincronismo, este *arrollamiento* serviría para amortiguar ciertas sobrecargas que ocasionarían que

el motor se detuviera, impidiendo entonces que el motor se parara y le ayudaría a seguir en movimiento y que entre nuevamente en sincronismo.

5. El arrollamiento amortiguador se conecta y desconecta *manual* o *automáticamente* (este último denominado control magnético y es más costoso).
6. Los controles manuales se usan para motores síncronos pequeños (de hasta $1\frac{1}{2}$ o 2 HP); cuya puesta en marcha no sea tan frecuente (de 5 a 7 arranques por hora). Algunos motores síncronos de entre 5 y 50 HP, usan controles manuales.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO SINCRONO, CON ARROLLAMIENTO AMORTIGUADOR y CON EXITACION DE CD SIN ESCOBILLAS.

1. Este motor cuenta por con un *arrollamiento o embobinado de arranque* instalado en el rotor de polos salientes, el cual, proporciona el par motor para arrancar.
2. Al arrancar el motor con el arrollamiento amortiguador, el rotor comienza a girar hasta que alcanza su velocidad máxima como motor de inducción; como la velocidad aún es asíncrona, es entonces cuando se aplica sobre la dínamo una *exitación de CD* creada con unos diodos rectificadores que convierten la CA en CD (por lo que no se requiere la instalación de CD); la dínamo, por lo tanto, no está conectada a anillos y escobillas, por lo que en el eje del rotor no se contará con estos elementos y los rotores tanto de la dínamo como del motor, giran al mismo tiempo y a velocidad síncrona.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO SINCRONO, CON ARROLLAMIENTO AMORTIGUADOR y SIN EXITACION DE CD.

1. Este motor cuenta por con un *arrollamiento o embobinado de arranque* instalado en el rotor el cual es un arrollamiento de *Jaula de Ardilla*, motivo por el cual, puede efectuarse el arranque.
2. El arranque del motor es efectuado con el arrollamiento amortiguador y la velocidad síncrona la alcanza sin la ayuda de la exitación de CD, sino con la atracción directa de los polos salientes del rotor y los polos del estator.
3. En este tipo de motor se emplea en ocasiones imanes para conformar los polos del rotor. Esto, con la finalidad de que los polos de atracción posean magnetismo permanente (con lo que se convertiría en un motor síncrono de imán permanente).

MOTOR DE C.A. TRIFASICO SINCRONO, SIN ARROLLAMIENTO AMORTIGUADOR y CON EXITACION DE CD.

1. Este tipo de motor *no cuenta* en el rotor con un embobinado que le ayude para el arranque (arrollamiento amortiguador); por lo que su configuración es mucho más simple que cualquier otro del tipo síncrono, ya que carece de escobillas, de anillos rozantes y colectores que se conecten con la dínamo, pues su rotor es de tipo cilíndrico (ver Fig. 1.2.2.8)..
2. Como no cuenta con el embobinado de arranque, *no posee par de arranque* y por lo tanto, al no arrancar por sí solo, se tendrá que impulsar con un motor especial de arranque (con uno de CD o uno Asíncrono, según el tipo de corriente que se disponga)que empiece a moverse.
3. Una vez en movimiento, acelera como cualquier motor síncrono y adquiere también su velocidad síncrona a través de la aplicación de una exitación de CD creada no con la dínamo, sino con unos diodos rectificadores que convierten la CA en CD; la dínamo, al no estar conectada a los anillos y escobillas del rotor puesto que no posee, gira con la CD creada por la CA y los diodos. Así, los rotores tanto de la dínamo como del motor, giran al mismo tiempo y a velocidad síncrona.

MOTOR DE C.A. TRIFÁSICO SINCRONO, DE VELOCIDAD ELEVADA (arriba de 514 RPM).

1. Además de las características de las de motores síncronos en general, algunas otras características particulares de este tipo de motor se pueden apreciar en la *Tabla No. 1.2.2.15.*

MOTOR DE C.A. TRIFÁSICO SINCRONO, DE VELOCIDAD BAJA (abajo de 514 RPM).

1. Además de las características de las de motores síncronos en general, algunas características particulares de este tipo de motor se pueden apreciar en la *Tabla No. 1.2.2.16.*

TABLA No. 1.2.2.15 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR SINCRONO DE VELOCIDAD ELEVADA (arriba de 514 RPM)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
SINCRONO DE VELOCIDAD ELEVADA (arriba de 514 RPM).	25 a varios miles.	Hasta 120 (Normal)	Hasta 200	92 a 96 La más elevada de todos los motores.	Elevado: (87 a 89) pero varía con la carga y la extación.	500 a 700	Cero

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

TABLA No. 1.2.2.16 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR SINCRONO DE VELOCIDAD BAJA (abajo de 514 RPM)

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE (%)*	DESPLAZAMIENTO (%)*
SINCRONO DE VELOCIDAD BAJA (abajo de 514 RPM).	Usualmento arriba de 20 a varios miles.	40 (Bajo)	Hasta 180	92 a 96 El más elevado de todos los motores.	Elevado: (87 a 89) pero varía con la extación.	200 a 350	Cero

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTOR DE C.A. TRIFASICOS SINCRONO, DE RELUCTANCIA.

1. Este motor es de uso y construcción exclusiva para potencias fraccionarias.
2. Es un motor similar al trifásico asíncrono de inducción, pero tiene un rotor de polos salientes y no requiere de excitación de CD.
3. Sus características son semejantes a las descritas para el de reluctancia de tipo monofásico (ver *Motor de C.A. Monofásico Sincrono de Reluctancia*), con la diferencia de que su construcción es para que funcione con corriente alterna trifásica.

MOTOR DE C.A. TRIFASICOS SINCRONO, DE HISTERESIS.

1. Sus características son semejantes a las descritas para el de histéresis de tipo monofásico (ver *Motor de C.A. Monofásico Sincrono de Histéresis*), con la diferencia de que su construcción es para que funcione con corriente alterna trifásica.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO, DE COLECTOR.

1. Son esencialmente motores de CD del tipo serie por lo que poseen las mismas propiedades de este tipo de motores (ver *Motores de CD* pág. 44).
2. Principalmente desarrollan un par de arranque elevado con un pequeño consumo de corriente eléctrica y una mínima o nula variación de su velocidad.
3. Estos motores suelen ser caros y requieren de un esmerado mantenimiento; pero a pesar de esto, resultan económicos por sus buenas características de servicio.¹

MOTOR DE C.A. TRIFASICO DE COLECTOR, TIPO SERIE.

1. Es un motor en el cual, los 3 embobinados del estator se conectan cada uno a una escobilla y estas a su vez rozan sobre el colector del rotor que está conectado a un embobinado de CD.
2. Este tipo de motor es semejante al
3. La velocidad y el par se pueden regular mediante el deslizamiento unidireccional de las escobillas, ya sea de forma manual o con la ayuda de un servomotor. Con esto, su velocidad puede variarse a voluntad desde un rango del 50 al 120 y hasta 150% de la velocidad síncrona.
4. Este tipo de motor aumenta su velocidad al aumentar la carga y viceversa; pero contrariamente al motor de CD tipo serie (ver), no se sobrevoluciona y desboca con cargas mínimas o nulas; pues solo alcanza una velocidad estimada de 1,8 a 2 veces la nominal.
5. El par de arranque puede igualmente variarse con la velocidad, pasando desde el nulo hasta lo que requiera el diseño; por lo que se obtiene una amplia gama de cargas posibles por mover.

MOTOR DE C.A. TRIFASICO DE COLECTOR, TIPO DERIVACION (Motor "Schrage").

1. Este motor es una combinación de un motor trifásico asíncrono de inducción con rotor de anillos rozantes y un motor de inducción trifásico de colector.
2. Su rotor posee anillos rozantes y colector; por lo que cuenta con 2 embobinados; uno de los cuales está conectado a los anillos rozantes (de CA) y el otro al colector (de CD).
3. El estator cuenta solamente con un arrollamiento o embobinado trifásico, en donde cada uno de los embobinados de las 3 fases (3 embobinados) no están conectados entre sí como cualquier motor trifásico, sino que están conectados cada uno, en sus extremos, al colector del rotor, a través de 2 escobillas móviles (2 escobillas por cada embobinado, una en cada extremo).

¹ Los *electromotores en la práctica* *pág. 61. (Remítirse a "Fuentes consultadas y recomendadas").

4. Se pueden presentar 2 variantes de este tipo de motor:
 - a) Con alimentación por el rotor y;
 - b) Con alimentación por el estator.
5. En el tipo de motor con *alimentación por el rotor*, la corriente eléctrica se conecta *únicamente* a los anillos rozantes del rotor y, el embobinado del estator y el del colector del rotor, no están conectados a ninguna toma de corriente.
6. En el tipo de motor con *alimentación por el estator*, la corriente eléctrica se conecta *únicamente* a cada uno de los 3 embobinados del estator, y el embobinado del rotor es alimentado por un conductor que se deriva del estator
7. La velocidad de este tipo de motor no disminuye al ir aumentando el par motor que éste va aplicando durante el funcionamiento debido a la carga. Dicha velocidad se puede ir variando y ajustando para mantenerla como se requiera, a través del desplazamiento giratorio de las escobillas del colector logrado mediante un acoplamiento de engranes, o a distancia con la ayuda de un servomotor. La velocidad se puede entonces *variar de entre un rango menor o mayor a la velocidad sincrónica*, pasando de entre $\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$ veces la velocidad sincrónica y en ocasiones hasta más.
8. Básicamente, este motor se considera de velocidad constante (varía no más de un 10%) y su par de arranque es de 2 a 3 veces el nominal, cuando se posicionan las escobillas para obtener la velocidad más baja.
9. Es el más ampliamente usado de los motores trifásicos de colector y se construyen en potencias de hasta 400 HP.

MOTORES UNIVERSALES.

1. Son básicamente motores que pueden funcionar ya sea con CD-Generada, CD-Acumulada o con CA-Monofásica; y cuya frecuencia de la corriente no sea mayor de 60 Hz (en el caso de emplear la CA).
2. El rotor es un conjunto de laminaciones o chapas que forman un núcleo compacto, con ranuras horizontales o inclinadas (como los de los motores pequeños de CD), en las cuales se efectúa el embobinado. El embobinado del rotor está conectado a las delgas que forman el colector, y tienen generalmente *acoplados* a su flecha un ventilador.
3. Tanto el rotor y el estator poseen embobinados, y todas las conexiones son siempre en serie, donde la corriente eléctrica se conecta sobre cada embobinado del estator y éstos últimos van unidos a los carbonos los cuales rozan la superficie del colector del rotor (ver Fig. No. 1.2.2.10).
4. Pueden ser de 2 tipos:
 - a) **Compensados y;**
 - b) **No compensados.**
 Los motores universales compensados pueden subdividirse a la vez en:
 - b₁) *compensados de un inductor y;*
 - b₂) *compensados de 2 inductores.*
5. Son exclusivamente motores de potencia fraccionaria y sub-fraccionaria (MPF y MPSF), y aunque por lo general sus potencia van desde $\frac{1}{200}$ a 1 HP, se pueden encontrar eventualmente como motores de potencia mayor (MPM) de hasta 4 HP.
6. Durante su funcionamiento con carga, sus velocidades van de las 3500 RPM o menores; aunque también suelen llegar hasta las 10 000 y 15 000 RPM. Cuando no tienen carga (al funcionar en vacío), su velocidad puede ser hasta de 24 000 RPM.
7. Los MPF y los MPSF universales, generalmente son de 2 polos; y los MPM universales suelen tener 4 y hasta 6 polos.
8. Las conexiones de sus elementos (bobina del rotor, colector, escobillas y bobinas del estator), están siempre conectadas en serie.

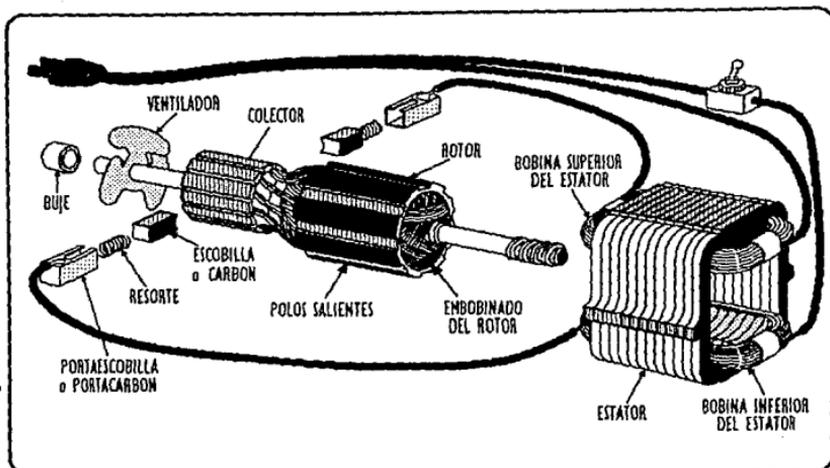


FIG. No. 1.2.2.10 DESPIECE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR UNIVERSAL.

MOTORES UNIVERSALES, COMPENSADOS.

1. Este tipo de motor posee el estator del tipo de cualquier motor asíncrono de inducción de fase auxiliar; o sea que, cuenta en su estator con laminaciones ranuradas como el del motor monofásico de colector tipo serie.
2. Su rotor es como el descrito para cualquier motor universal.
3. Es más caro que el motor universal no compensado.
4. Sus características de funcionamiento son mejores que las del motor universal no compensado.
5. Los motores universales del tipo *compensados de un inductor*, poseen en su estator o inductor, un embobinado semejante al embobinado principal del estator del motor asíncrono de inducción de fase auxiliar.
6. Los motores universales del tipo *compensados de dos inductores*, poseen en su estator o inductor, los 2 embobinados semejantes a los embobinados del estator del motor asíncrono de inducción de fase auxiliar (embobinado principal y de arranque).

MOTORES UNIVERSALES, NO COMPENSADOS.

1. El estator de este tipo de motor está conformado por una serie de chapas o laminaciones fuertemente unidas, en donde se aplican los embobinados (como el de la Fig. No. 1.2.2.10, que es un motor universal no compensado de 2 polos).
2. Su rotor es como el descrito para cualquier motor universal.
3. Sus características de funcionamiento no son mejores que las del motor universal compensado, pero es más barato que éste, debido a la conformación de su estator.

MOTORES DE C.D.

1. Son motores con el rotor formado por chapas o láminas compactadas y ranuradas, en donde se resaltan polos salientes y en las ranuras se aplica un embobinado; los extremos del alambre que conforman el embobinado del rotor, se conectan a un colector y cuenta con escobillas por donde se aplica la corriente directa o indirectamente, según el tipo de motor de que se trate.
2. El estator de estos motores se caracteriza por estar constituido de polos separados (hechos generalmente de laminas compactadas), en donde se les enrolla el alambre que conforma el embobinado.
3. Los diferentes tipos de motores son externamente muy parecidos entre sí, y se diferencian únicamente por la manera en que están construidas sus bobinas del estator o inductor (bobinas inductoras), y por la manera en que están conectadas al rotor a través de los carbonos; de aquí, que se clasifiquen en 3 tipos:
 - a) Tipo Serie;
 - b) Tipo Paralelo, Derivación o Shunt y;
 - c) Tipo Combinado, Compuesto o Compound.
4. Un motor de CD proporciona un par 3 veces mayor que el nominal durante periodos cortos y durante lapsos muy breves, cuando una carga impulsada sobrepasa el doble de su valor nominal de la carga. Por ejem., de 3 a 4 segundos es capaz de proporcionar un par de hasta 5 veces el par nominal.
5. Son extremadamente flexibles en sus características de operación, obteniéndose una gran variedad de curvas par-velocidad; ya que poseen la característica que ninguno de CA ha igualado, que es la facilidad de ajustar su velocidad dentro de una gama sumamente amplia que puede ser controlada con gran precisión.
6. Los motores de hasta $\frac{1}{4}$ HP/RPM, deben soportar una carga de 1.3 veces la nominal.
7. Para aplicaciones que requieren aceleración gradual en un intervalo muy amplio.
8. Su gran capacidad para controlarlos ofrece la gran ventaja de que se pueden detener en posiciones muy precisas.
9. Con voltaje constante, desarrollan una sincronización en su velocidad, por lo que si el voltaje disminuye, debe de esperarse que la velocidad lo haga también y tomar las consideraciones pertinentes.
10. Su tamaño, costo y peso, son mayores que los de un motor equivalente de CA (Fig. No. 1.1.2).
11. Requieren frecuentemente equipo extra para la rectificación (conversión) de la CA en CD.
12. Su fabricación es más compleja, por lo que requieren mayor mantenimiento.

MOTORES DE CD, SERIE.

1. Su configuración es como la de cualquier motor de CD, con la característica de que la conexión interna de sus elementos es en serie (de aquí su nombre), en donde se encuentra conectado un carbón directamente al polo negativo de la CD y el otro carbón se conecta al embobinado del estator y éste último al polo positivo de la CD.
2. Este tipo de motor posee un elevado par de arranque, ofreciendo de 2.5 a 5 veces su par normal al arrancar.
3. Aumenta su velocidad conforme disminuye la carga que se desea mover.
4. Con cargas bajas se sobreacelera (desboca); motivo por el cual, se debe de cuidar que el motor nunca funcione sin carga o que esta sea mucho muy ligera.
5. Requieren de un controlador para mantener la velocidad deseada, debido a que si disminuye la carga que se esta moviendo, el par del motor aumenta y por consiguiente la velocidad; además, con un ligero aumento en la intensidad de la corriente, la velocidad del motor también aumenta y pudiera salirse de control.
6. Debe emplearse solo donde la carga esté acoplada o conectada por engranaje al eje del motor y nunca donde se le vaya a quitar la carga repentinamente, ya que puede desbocarse y provocar su destrucción. (Nunca dejarlo sin carga).

7. Son ideales para utilizarlos en aparatos de elevación y transporte.
8. Se adapta perfectamente para impulsar vehículos eléctricos, donde no exista el riesgo de que el motor quede sin carga.
9. Otras características de este tipo de motor se observan en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.17*).

TABLA No. 1.2.2.17 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR SERIE

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
SERIE	$\frac{1}{150}$ a 1	400 a 600 (Muy alto)	Mayor de 200	400 a 500	40 a 60	85 a 95	Media

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTORES DE CD, PARALELO, DERIVACION o SHUNT .

1. Su configuración es como la de cualquier motor de CD, con la característica de que la conexión interna de sus elementos es en paralelo (de aquí su nombre), en donde se encuentra conectado un carbón y un extremo del embobinado del estator directamente al polo negativo de la CD y el otro carbón y el extremo faltante del embobinado del estator, se conecta al polo positivo de la CD.
2. Este tipo de motores poseen un par de arranque no tan elevado como el tipo serie.
3. Cuando la carga que se desea mover aumenta, la velocidad del motor disminuye ligeramente sin llegar a detenerse, ya que autorregulan su velocidad.
4. La velocidad se modifica muy poco cuando varía la carga y rara vez decrece más del 5%; pues tiende siempre a mantener una velocidad constante cuando cambia la carga.
5. No se desboca con cargas ligeras o nulas como el motor de CD tipo serie.
6. La regulación de su velocidad resulta muy variada en el rango de hasta un 150% la velocidad nominal.
7. Se deben emplear para cuando se requiera una velocidad constante e invariable, uniforme e independiente de la carga, ya que el motor puede mantenerse dentro de una región de operación estable.
8. Otras características se aprecian en la siguiente tabla (*Tabla No. 1.2.2.18*).

TABLA No. 1.2.2.18 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR PARALELO

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%)*	PAR MOTOR MAXIMO (%)*	EFICIENCIA (%)*	FACTOR DE POTENCIA (%)*	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
PARALELO, DERIVACION o SHUNT	$\frac{1}{20}$ a $\frac{3}{4}$	200 (A20)	200	400	—	—	Media

* PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

MOTORES DE CD. COMBINADO, COMPUESTO o COMPOUND.

1. Este tipo de motor adquiere este nombre, ya que su rotor y estator se encuentran conectados en forma combinada; o sea, en serie y en paralelo. Esto hace que posea algunas características tanto del motor tipo serie y el paralelo.
2. El par de arranque es alto, pero no tanto como el de serie, ni menor al paralelo.
3. Estos motores tienen la característica principal de aumentar rápidamente el par motor conforme aumenta la carga, con la finalidad de continuar su trabajo y no detenerse. De igual modo, disminuyen el par cuando la carga también es menor. Esto, es debido a que cuenta con el campo tipo serie igual que el del motor serie.
4. No se desboca el motor cuando las cargas son muy bajas debido a que cuenta con el campo tipo paralelo o derivación, igual que el del motor paralelo.
5. Debido a que su par no disminuye, no sufren tampoco variación alguna en su velocidad cuando se le hace variar la carga que se desea mover.
6. La velocidad puede controlarse mediante un reostato en el circuito de la bobina del campo en derivación, pero por lo general, se considera un motor de velocidad constante y uniforme. Esto hace que principalmente se asemeje más a un motor de CD tipo derivación que serie, ya que su principio constructivo parte de uno del tipo derivación.
7. Se utilizan cuando se permite en el diseño que la velocidad varíe con la carga.
8. Otras características de este tipo de motor se aprecian en la tabla siguiente (Tabla No. 1.2.2.19).

TABLA No. 1.2.2.19

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR
COMPUUESTO

TIPO DE MOTOR	GAMA DE HP	PAR MOTOR DE ARRANQUE (%) ^a	PAR MOTOR MINIMO DE ARRANQUE (%) ^a	PAR MOTOR MAXIMO (%) ^a	EFICIENCIA (%) ^a	FACTOR DE POTENCIA (%) ^a	CORRIENTE DE ARRANQUE A 115 VOLTS
COMPUUESTO, COMBINADO o COMPOUND	$\frac{1}{20}$ a $\frac{3}{4}$	400 (Muy alto)	400	450	-----	-----	Media

^a PORCENTAJE DE LOS NOMINALES.

NOTA: APRECIERE QUE LAS CARACTERISTICAS DE LA TABLA SON LAS MISMAS QUE LA ANTERIOR.

MOTORES DE CD, DE IMAN PERMANENTE.

1. Su construcción particular presenta unos imanes que conforman el estator en vez de un devanado o embobinado de campo como los de los demás motores (Fig. No. 1.2.2.11).
2. Las escobillas o carbones, se conectan directamente a la corriente.
3. Su conexión es fácil, ya que solo se tienen que conectar las 2 terminales a la CD.
4. El control de su velocidad es sencilla y en una gama muy amplia, sin que existan pérdidas.
5. La velocidad aumenta o disminuye con el voltaje.
6. En funcionamiento, la velocidad siempre disminuye al aumentar la carga.
7. Son exclusivamente para potencias fraccionarias y sub-fraccionarias; por lo cual, sus tamaños son relativamente pequeños.
8. Se deben de acoplar a sistemas de transmisión mecánicos (engranes principalmente), para disminuir su velocidad e incrementar su potencia.
9. Deben usarse en aquellos diseños donde los espacios sean considerablemente reducidos.
10. Se fabrican principalmente para voltajes de 6, 12 o 24 volts.
11. Funcionan básicamente con pilas y requieren de un transformador-rectificador para usarlos con CA.
12. Su costo es mayor que el de uno de igual potencia de CA.

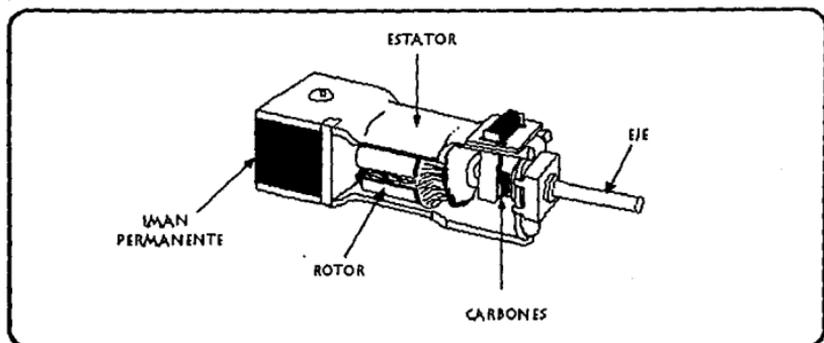


FIG. No. 1.2.2.11 MOTOR PARA CD DE IMAN PERMANENTE.

2

**SELECCION DE UN
MOTOR ELECTRICO**

2.1 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION

El trabajo de selección de un motor eléctrico no es una tarea sencilla; requiere siempre de la habilidad de manejar una serie de aspectos con los que se debe de familiarizar el diseñador industrial. Dichos aspectos, representan las bases necesarias que el diseñador debe de comprender; pues la manera de manejarlos y su práctica, irán haciendo la labor de selección del motor, una tarea cada vez más familiar al proyecto del diseño de productos e irá involucrando con mayor frecuencia para los diseños que lo requieran.

En un principio, la selección de un motor eléctrico quizá represente para el diseño industrial, una empresa con una cantidad de aspectos por tomar en cuenta que, tal vez, se llegue a considerar agobiante; pero se debe de tomar en cuenta que el proceso de selección de un motor eléctrico es, en parte, como el *proceso de diseño* que se utiliza en la disciplina de diseño industrial; un proceso en donde al considerar diversos aspectos, se llega a la síntesis de todos ellos, dando por resultado, a juicio y criterio del diseñador, el diseño más apropiado para la solución de los problemas y la satisfacción de necesidades que se plantearon y definieron el el proceso. Así y de igual manera, se debe de manejar este proceso de selección; pues será también la síntesis de la manera de manejar, por parte del diseñador, y de acuerdo a su juicio y criterio, todos aquellos aspectos que quedan involucrados para realizar la elección de un motor eléctrico.

Por otro lado, el diseñador deberá tener siempre presente una postura donde predomine una directriz lo más analítica y funcionalista posible; pues no deberá olvidar que, para comprender inicialmente este trabajo de selección, se expresarán y explicarán varios aspectos desglosados y con un sentido muy funcional que, finalmente, al comprenderse y conjuntarlos, ayudarán de la mejor manera a la finalidad que se persigue.

Cabe recordar que como cualquier proceso en un diseño, la probabilidad de éxito en los primeros intentos siempre deja mucho que desear; pero lo importante será entonces, que se repita la mayor cantidad de veces posibles para que se vaya logrando la familiarización del tema y los resultados vayan siendo cada vez más satisfactorios. Recuérdese además, que con este proceso no se pretende alcanzar el 100% de efectividad y seguridad en la selección del motor eléctrico, pues si el diseñador logra captar, comprender y manejar lo referente a la selección, contará con las condiciones apropiadas para corroborar o asesorar su trabajo con un ingeniero eléctrico, logrando una comunicación, con otra disciplina, de una manera más adecuada y efectiva.

2.2 PASOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO

Para entender básicamente como se desempeña un motor eléctrico cuando entra en funcionamiento, como primera instancia, compréndanse los pasos de funcionamiento por los cuales pasa éste. Apréciase la figura No. 2.2.1, en donde quedan referidos dichos pasos a manera de gráfica relativa al par y a la velocidad.

- 1.** Arranque. Donde se suministra a la carga un **par de arranque**;
- 2.** Aumenta la velocidad y desciende el par, pues se llegará a un **par mínimo** suministrado a una velocidad inicial. Pero si el par es mayor al que la carga demanda a esa velocidad (o se que existe un par de aceleración) entonces;
- 3.** Aumenta el par y también la velocidad; donde se llegará a un **par máximo** suministrado a una velocidad mayor. Pero como el par resulta elevado de acuerdo a lo que demanda la carga a esa velocidad, sucede que;
- 4.** Desciende el par pero continúa aumentando la velocidad y se llegará a obtener finalmente el **par nominal** y la **velocidad nominal**, que son a las que va a trabajar estable y normalmente el producto, lograndose con esto los objetivos del funcionamiento.

Finalmente, la velocidad no seguirá incrementandose ni el par bajando, debido a que se llegó a un momento en que la carga niveló estos factores y el conjunto carga-motor se estabilizó y se mantiene un funcionamiento normal y adecuado del sistema. En caso de existir una sobrecarga, el motor disminuye su velocidad pero incrementa el par hasta el máximo que desarrolló en el paso 3; si la sobrecarga desaparece, el motor nuevamente obtiene su funcionamiento normal con par y velocidad nominal, pero si se continuó sobrecargando, se efectuará un descenso brusco en su velocidad y en el par; pues el par de arranque resultaría incluso insuficiente ya que suele ser menor que el máximo, deteniendose el motor.

Este funcionamiento puede apreciarse por lo general en cualquier diseño con motor eléctrico cuando este se pone a trabajar, aunque si se pretende corroborarlo, difícilmente se apreciarán los pasos descritos con anterioridad pues la mayoría se efectúan casi siempre con gran rapidéz. *

* Tal vez se logren visualizar la mayoría de los pasos cuando se emplee una licuadora. Si esta se encuentra llena y lista para licuar, por ejemplo, los ingredientes que conformarán una salsa, enciéndase (1), y se detectará de manera inicial un giro brusco que empieza a mover la carga pero que no prospera mientras la velocidad aumenta paulatinamente; despues de un período en donde la velocidad se incrementa lentamente y la cantidad de carga en movimiento decrece (2), se aprecia inmediatamente despues que la cantidad de carga movida va en aumento y sufriendo rápida y paulatinamente un incremento en su velocidad hasta que en determinado instante se observa que dicha carga es sacudida bruscamente (3), e instantes despues el movimiento de la carga y la velocidad se estabilizan realizando finalmente un funcionamiento estable (4). Pero si por ejemplo se introduce a la licuadora, sin detenerla, más ingredientes, se detectará ahora un descenso en la velocidad pero logrará licuar los nuevos ingredientes hasta que una vez que van siendo licuados, nuevamente se comienza a estabilizar la velocidad y la carga que se encuentra en movimiento.

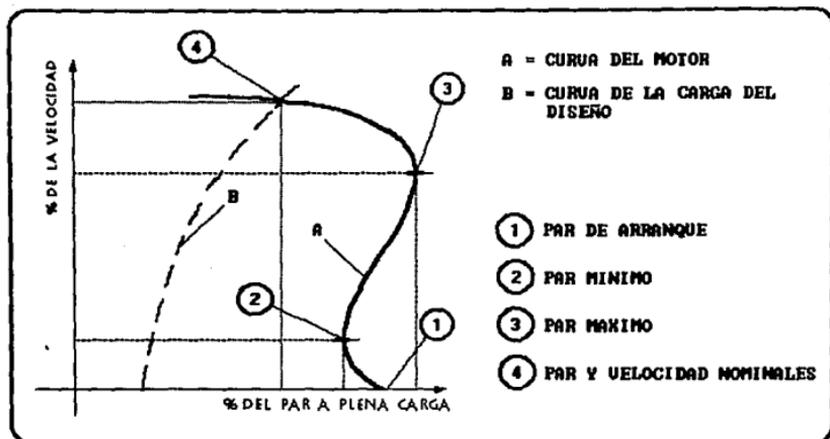


FIG. No. 2.2.1 GRAFICA REPRESENTATIVA DE LOS PASOS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO, EN DONDE SE APRECIAN SOBRE LA CURVA, LOS 4 ESFUERZOS (PARES) PRINCIPALES QUE DESARROLLA CONFORME ADQUIERE VELOCIDAD.

2.3 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA SELECCION

La importancia del motor dentro del diseño de un producto, hacen necesario definir los aspectos básicos que llevarán a elegir, de acuerdo al criterio del diseñador, el más adecuado para satisfacer las condiciones de aplicación requeridas para el producto diseñado.

La selección de un motor para mover determinada carga, puede reducirse la mayoría de las veces, a un problema relativamente sencillo, aunque en algunos cuantos casos puede resultar un tanto complicado ya sea por la naturaleza del producto diseñado o por los requisitos particulares de la aplicación.

El objetivo perseguido en cualquier problema de aplicación es, desde luego, llegar a la combinación más adecuada de motor utilizado-carga impulsada y que permita satisfacer todas las condiciones de funcionamiento planteadas y especuladas para el producto.

Para esto, los aspectos que deben definirse y considerarse para poder seleccionar un motor y los cuales, una vez especificados, dotarán al diseñador de una serie de características concretas que le ayudarán a elegir, bajo un criterio más sólido, el motor eléctrico más adecuado para su diseño son:

1. **Carga de arranque.** Carga a mover durante el arranque *.
2. **Par de arranque resistente.** Par máximo que la carga impone en el arranque *.
3. **Par de arranque o par a rotor bloqueado.** Par que se necesita para iniciar el movimiento de la carga*.
4. **Tipos de arranque.** Condiciones en la que se va a efectuar frecuentemente el arranque *.
5. **Potencia de arranque.** Potencia que requiere la carga para ser puesta en movimiento *.
6. **Par mínimo de aceleración.** Par para acelerar la carga y llevarla a la velocidad final *.
7. **Carga nominal o normal.** Carga a mover con mayor frecuencia *.
8. **Par nominal, normal o a plena carga.** El que desarrolla un motor para proporcionar la potencia nominal a la velocidad nominal.
9. **Velocidad nominal o de operación.** Velocidad a la que se requiere mover la carga *.
10. **Potencia nominal, normal o de operación.** Potencia para mantener la carga en movimiento durante el funcionamiento *.
11. **Carga máxima.** Carga máxima que se puede mover eventualmente *.
12. **Par máximo resistente.** Par máximo que la carga puede oponer al motor en funcionamiento *.
13. **Par máximo del motor o de desenganche.** Par máximo requerido para mover una carga máxima durante el movimiento *.
14. **Potencia máxima.** Potencia máxima para continuar moviendo una carga máxima *.

* Aspectos básicos para seleccionar un motor.

15. **Tipo de velocidad obtenida.** Calidad de la velocidad obtenida en el funcionamiento.
16. **Tipo de par obtenido.** Calidad del par obtenido en el funcionamiento.
17. **Variación de velocidad.** Forma de cambiar la velocidad a otra diferente.
18. **Sentido del movimiento.** Sentido en el cual se requiere realice el giro del eje del motor.
19. **Cambio del sentido del movimiento.** Forma para cambiar el sentido de rotación.
20. **Transmisión del movimiento.** Manera de transmitir el movimiento a la carga.
21. **Tipo de corriente eléctrica.** Tipo de corriente eléctrica que se va a emplear.
22. **Voltaje de la corriente.** Voltaje requerido de la fuente eléctrica.
23. **Ciclaje de la corriente.** Ciclaje de la fuente eléctrica **.
24. **Tipo de servicio.** Calidad del servicio que requiere el producto.
25. **Tipo de ventilación.** Manera requerida de efectuar la ventilación de acuerdo a la temperatura.
26. **Tipo de protección o carcasa.** Manera que se requiere proteger el diseño de acuerdo al entorno.
27. **Frecuencia de mantenimiento.** Calidad de la frecuencia con la que se dará mantenimiento.
28. **Dimensionamientos.** Espacios en el diseño del producto.
29. **Posición del motor.** Forma en que se requiere colocar el motor para el funcionamiento.
30. **Extremos del eje útiles.** Extremos del eje del motor que se requieren utilizar.
31. **Elementos para la fijación.** Elementos para lograr la ubicación y fijación.
32. **Facilidad de adquisición.** Existencia en el mercado nacional.
33. **Costo de adquisición o fabricación.** Precio en el cual se puede conseguir.
34. **Peso del motor.** Peso representativo del motor en el diseño.
35. **Ruido del motor.** Ruido representativo del motor en el diseño.
36. **Vibración del motor.** Vibración representativa del motor en el diseño.

** Solo en caso de que se utilice corriente alterna.

1. CARGA DE ARRANQUE (CA). Es la carga que se debe mover cuando se va a iniciar el funcionamiento del producto. Esta carga la componen tanto el peso de la misma carga a mover , el peso del propio producto (en caso de que todo el diseño vaya a entrar en movimiento) y el peso del sistema mecánico de transmisión aplicado (solo en caso de que se haya utilizado alguno).

2. PAR DE ARRANQUE RESISTENTE (PAR). Es la fuerza que la carga impone normalmente al inicio de la puesta en marcha del diseño, para ser desplazada cierta distancia. Este par está conformado básicamente por la carga de arranque, pero expresado en unidades de fuerza y distancia ($kg_f \times m$ o $N \times m$). En ocasiones puede ser tan grande como el par resistente máximo, si las condiciones del arranque así lo establecen (ver pág. 56 **TIPOS DE ARRANQUE**).

Por ejemplo; si la carga de arranque se decide que es finalmente de 7 kg_f. (máximo aproximadamente), el par de arranque resistente que deberá considerarse debe ser de $7 \text{ kg}_f \times m$; o de $68.67 \text{ N} \cdot m$ ($7 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m} / \text{seg}^2 \times 1 \text{ m}$).

Para definir este aspecto considérese: **CARGA DE ARRANQUE (1).**
 TIPOS DE CARGA (4).

3. PAR DE ARRANQUE O PAR A ROTOR BLOQUEADO (PA o PRB). Es el par que se debe aplicar en el eje donde se va a realizar la *transmisión del movimiento* del diseño con el motor. Este par debe ser siempre mayor al par de arranque resistente, pues si no, la carga nunca podrá ser movida. Tómese en cuenta que el par de arranque se debe determinar tanto para el diseño (*par de arranque del diseño PA-D*) como para el motor (*par de arranque del motor PA-M*)

En promedio, se recomienda que el par de arranque sea mayor al menos en un **25% al par resistente de arranque** pero bajo las condiciones que se tengan previstas para el arranque en el diseño (ver pág. 56 **TIPOS DE ARRANQUE**). Este par debe ser siempre mayor al par de arranque resistente, pues si no, la carga nunca podrá ser movida. Tómese en cuenta que el par de arranque se debe determinar tanto para el diseño (*par de arranque del diseño PA-D*) como para el motor (*par de arranque del motor PA-M*)

En promedio, se recomienda que el par de arranque sea mayor al menos en un **25% al par resistente de arranque** pero bajo las condiciones que se tengan previstas para el arranque en el diseño (ver pág. 56 **TIPOS DE ARRANQUE**).

Cuando se vaya a realizar el arranque sin carga y posteriormente se aplique alguna, pero menor que la nominal, o el arranque vaya a ser en un principio con menos de la carga nominal (ver pág. 57 **TIPOS DE ARRANQUE: arranque a media carga**), es recomendable darle al par de arranque un valor que equivalga entre un **20 y 25 %** el del par nominal ; pero cuando el arranque sea con carga nominal o máxima (ver pág. 57 **TIPOS DE ARRANQUE: arranque a plena carga y arranque pesado**), asígnesele un valor de entre **50 a 175 %** el del par nominal (ver Fig. No. 2.3.1).

Por ejemplo; si en un diseño el par nominal requerido para el movimiento es de 200 N·m; el par de arranque del motor, a media carga, podrá ser de entre 40 a 50 N·m; o si el arranque es con la carga normal o máxima, el par de arranque del motor deberá ser de entre 100 a 350 N·m.

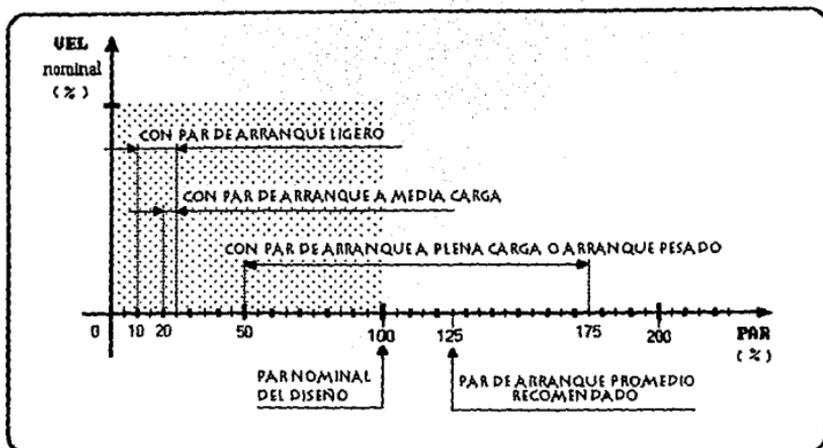


FIG. No. 2.3.1 VALORES Y RANGOS A CONSIDERAR PARA DECIDIR EL PAR DE ARRANQUE DEL MOTOR Y DE ACUERDO A LOS DIVERSOS TIPOS DE ARRANQUE. OBSERVESE QUE LOS VALORES SON PORCENTAJES EN FUNCION DEL PAR NOMINAL DEL DISEÑO.

El par de arranque se puede determinar por alguno de los métodos planteados posteriormente (ver pág. 93 METODOS DE APOYO PARA LA SELECCION).

Para definir este aspecto considérese:

- TIPOS DE ARRANQUE (4).
- PAR NOMINAL (8).
- VELOCIDAD NOMINAL (8).
- TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).

4. TIPOS DE ARRANQUE (TA). Son las condiciones en las que se va a llevar a cabo constante y continuamente la puesta en marcha del diseño. Estas condiciones son de relevante importancia para definir el par y la potencia que debiera tener el motor para que pueda empezar a realizar su trabajo de manera segura y confiable.

Los tipos de arranque que se deben considerar son :

- (a) Arranque ligero.
- (b) Arranque a plena carga.
- (c) Arranque a media carga y;
- (d) Arranque pesado.

(a) Se debe considerar como **arranque ligero**, a aquel que se efectúa siempre con una **carga de arranque** relativamente **inexistente**; o sea, cuando únicamente se debe de **'echar a andar'** el motor y que posteriormente se le hará incidir una carga. Esto se puede apreciar por ejemplo, en los ventiladores, las secadoras de cabello y uñas, extractores de aire y jugos, cuchillos eléctricos, batidoras y mezcladoras, aspiradoras, molinos para carne, bombas centrífugas, compresoras, máquinas-herramientas en general, rasuradoras, etc. (ver *Tabla No. 2.3.2*, *pág. No. 91*). Cuando se efectúe este tipo de arranque, considérese que solo se requiere para el diseño un par de arranque mucho menor al nominal, cuyo valor sea como máximo unas 0.3 veces el par nominal requerido (**par de arranque ≤ 0.3 veces el par nominal y $>$ cero**); ver *Fig. No. 2.3.2* .

(b) Como **arranque a plena carga** se debe considerar a aquel que se efectúa siempre con la **carga nominal** (ver *aspecto No. 7 CARGA NOMINAL*); o sea, cuando se **'echa a andar'** el producto con la carga que normalmente se requiere estar moviendo. Ejemplos de este tipo de arranque se puede apreciar en las licuadoras, abrelatas, lavadoras de ropa, juegos eléctricos infantiles, hornos rosticeros, etc. (ver *Tabla No. 2.3.2*, *pág. No. 91*). Cuando este tipo de arranque se lleve a cabo, considérese que el producto requiere un par de arranque equivalente prácticamente al par nominal (**par de arranque = al par nominal**); ver *Fig. No. 2.3.2* .

(c) Un **arranque a media carga** es considerado cuando el producto se **'echa a andar'** siempre con algo de carga, pero que sea una **carga menor a la nominal**; como por ejemplo, las licuadoras, picadoras, compresoras, hornos rosticeros, etc. (ver *Tabla No. 2.3.2*, *pág. No. 91*). Para este tipo de arranque, es conveniente considerar que el par de arranque sea mayor a 0.3 veces el nominal, pero siempre ligeramente menor al par nominal total (**par de arranque > 0.3 veces el par nominal y $<$ el par nominal**); ver *Fig. No. 2.3.2* .

(d) El **arranque pesado** se considera cuando se **'echa a andar'** siempre el producto con **carga máxima** (ver **carga máxima**), ya sea tanto eventualmente como permanentemente; como por ejemplo: secadoras de ropa centrífugas y sacapuntas eléctricos (ver *Tabla No. 2.3.2*, *pág. No. 91*). Para cuando se dé este tipo de arranque, se debe considerar que el producto requiere temporal o permanentemente un par de arranque superior al nominal (**par de arranque $>$ el par nominal**); ver *Fig. No. 2.3.2* .

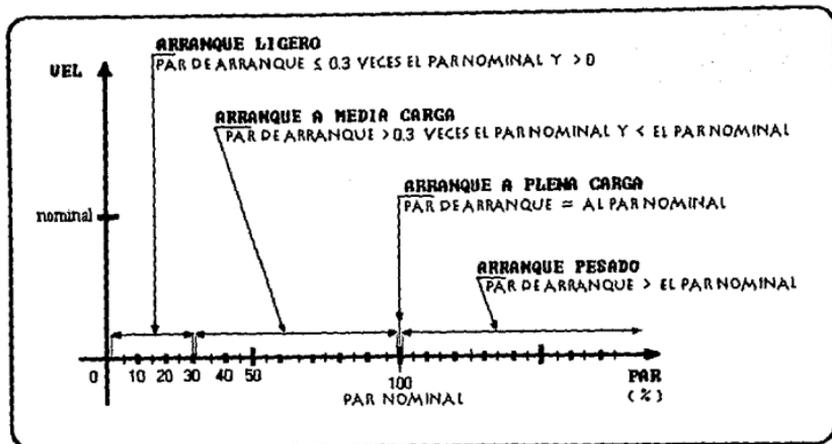


FIG. No. 2.3.2 GRAFICA EN DONDE SE ESPECIFICAN LOS RANGOS GENERALES A CONSIDERAR PARA EL PAR DE ARRANQUE DE UN MOTOR, DE ACUERDO AL TIPO DE ARRANQUE QUE PRESENTE EL DISEÑO.

5. POTENCIA DE ARRANQUE (PoA). Es la potencia que se suministra a la carga para empezarla a mover. Esta potencia está conformada básicamente por el par de arranque, aunque siempre es ligeramente mayor a éste, pues siempre se aplica este par con una velocidad inicial que aparece de manera instantánea al 'echar a andar' el motor (recuérdese que como la potencia es el producto del par y la velocidad) y entonces, el motor siempre comienza a funcionar aplicando una potencia de arranque tan variable como las condiciones del arranque existentes lo especifiquen (ver pág. 56 **TIPOS DE ARRANQUE**); pues éstas harán que la potencia varíe principalmente en la escala de los pares de arranque que se tienen para cada tipo de arranque y conforme se establezca el tipo de transmisión del movimiento.

6. PAR DE ACELERACION (Par). Es la *diferencia entre el par que va desarrollando* el motor (pasando por el par de arranque, par mínimo y el par máximo) *y el par que la carga va oponiendo* (en cada una de las velocidades correspondientes por las que se va pasando cada par desarrollado por el motor); es decir es el **par excedente** del cual dispone el motor para acelerar la carga en cada instante, hasta alcanzar la velocidad nominal donde ya no existe aceleración. Este par resulta de suma consideración, pues es el que determina si la carga que empezó a ser movida será llevada o no a la velocidad a la que se desea mover (velocidad nominal); pues si el motor va a contar siempre con un "par extra" que pueda estar suministrándole a la carga, logrará moverla a la velocidad especificada, de lo contrario, al no contarse con este par, podría ocurrir que el motor no estuviera en posibilidad de continuar acelerando la carga y al no existir aumento en la velocidad, el motor se estancaría en esa velocidad menor sin poder lograr el funcionamiento satisfactorio e, incluso, se empezaría a dañar el motor pues se le estaría forzando o, si recibiera un poco más de carga, se detendría.

Por lo anterior, se puede apreciar que todo motor empieza a funcionar, pero no se tiene una garantía que éste vaya a ser completamente satisfactorio y se logren los objetivos planteados; al respecto, atiendase por norma, que el **par mínimo** que el motor pueda desarrollar no sea **menor que un 70% del par de arranque**¹ y que también sea **cuando menos un 25% mayor que el par requerido por la carga a esa velocidad**²; pues con esto, se asegurará al menos contar con un **par mínimo de aceleración** que logre llevar la carga a la velocidad requerida.

Por ejemplo: si el par con el que se puede empezar a mover una carga (par de arranque) es de 100; entonces el par mínimo debe ser al menos de 70 y no menos, pero estos 70 deben de ser al menos un 25% mayor que el par que está requiriendo la carga a esa velocidad, la cual, debería estar requiriendo a más 56; por lo tanto, el par de aceleración a esa velocidad es de 14 (70 - 56 = Par mínimo, menos, par requerido por la carga) que sería el **par mínimo de aceleración** para esa carga (ver Fig. 2.3.3).

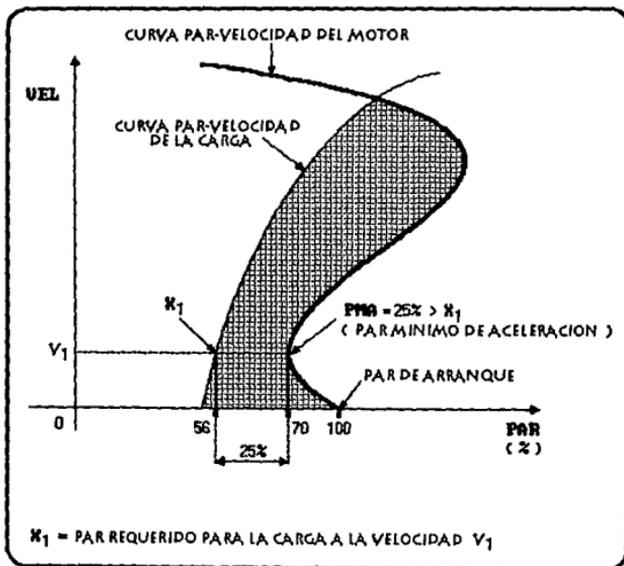


FIG. No. 2.3.3 GRÁFICA EN DONDE SE APRECIAN LAS CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR Y UNA CARGA, DONDE TODAS LAS LÍNEAS HORIZONTALES QUE CONFORMAN EL ÁREA SOMBRADA, REPRESENTAN EL TAMAÑO DEL VALOR DEL PAR RESISTENTE PARA CADA UNA DE ESAS VELOCIDADES.*

* Para la gráfica; de entre un rango de velocidad de 0 a 100 RPM, los valores de los pares son infinitos; y nótese que para el par mínimo de aceleración, interviene el par mínimo del motor.

¹ Lawrie, R.J., BIBLIOTECA PRACTICA DE MOTORES ELECTRICOS. Tomo 1., p. 149. (Remítirse a Fuentes consultadas y recomendadas).

² Lawrie, R.J., op. cit., p. 150.

7. CARGA NOMINAL o CARGA NORMAL (CN). Es la carga o peso que debe moverse frecuentemente, de manera constante y continua, una vez que el diseño se ha puesto en funcionamiento. Esta carga puede ser mayor, igual o menor a la de arranque (ver pág. 55 **CARGA DE ARRANQUE**), pero siempre menor a la carga máxima (ver pág. 61 **CARGA MÁXIMA**), pues es la que se considera como **carga promedio** o la que comúnmente se va a mover, y se toma como referencia para determinar el par nominal y por consiguiente la potencia nominal.

Para definir este aspecto considérese: **CARGA DE ARRANQUE (1).**
 TIPOS DE ARRANQUE (4).

8. PAR NOMINAL, PAR NORMAL o PAR A PLENA CARGA (PN o PPC). Es la fuerza que debe suministrarse en forma continua durante el funcionamiento del diseño, para mantener el movimiento y conservar su desplazamiento en cada instante. Este par se toma como base para determinar la potencia nominal. Tómese en cuenta que el par nominal debe determinarse para el diseño (**par nominal del diseño**) y para el motor (**par nominal del motor**), pues frecuentemente el motor posee menor par nominal que el que requiere el diseño una vez en funcionamiento, debido a que se puede estar involucrando en el diseño, una transmisión de movimiento que ocasiona el aumento del par nominal del motor.

Para definir este aspecto considérese: **CARGA DE ARRANQUE (1).**
 TIPOS DE ARRANQUE (4).
 CARGA NOMINAL (7).
 TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).

9. VELOCIDAD NOMINAL o VELOCIDAD DE OPERACION (VN o VO). Es aquella que debe lograrse cuando el sistema se encuentra funcionando plenamente. La velocidad nominal debe definirse tanto para el diseño (**velocidad nominal del diseño**) como para el motor (**velocidad nominal del motor**).

La velocidad del diseño es un aspecto fácil de definir, pues bastará que ésta se establezca de acuerdo a lo especificado en los requerimientos de diseño, o si no, a lo que decida el diseñador bajo criterio. Tómese en cuenta si esta velocidad a la que se requiere que funcione el producto es única, variará por pasos o será deslizable (ver pág. 69 **CONTROL DE VELOCIDAD**); así como también definase si el sentido de rotación se debe invertir (ver pág. 70 **SENTIDO DEL MOVIMIENTO**) y de qué manera (ver pág. 70 **CAMBIO DEL SENTIDO DE MOVIMIENTO**), además, téngase presente para esto último, que mientras mayor velocidad tenga el motor, más difícil es cambiar el sentido de giro.

Una vez establecida la velocidad de operación del diseño, es importante establecer la manera en que el motor quedará conectado con la carga ; ya que cuando se hace con **transmisión directa**, considérese que la velocidad del motor que se seleccione debe ser igual a la de la carga (**velocidad nominal del motor = velocidad nominal del diseño**); pero si se realiza con **transmisión indirecta**, tomese en cuenta que ambas velocidades serán diferentes (**velocidad nominal del motor \neq velocidad nominal del diseño**), además de que la velocidad del motor disminuirá y que el par que se proporciona a la carga aumenta y viceversa (ver pág. 70 **TRANSMISION DEL MOVIMIENTO**), situación que haría variar otros aspectos para la selección del motor.

Chequese finalmente si la velocidad del diseño una vez en funcionamiento, debe o puede variar por sobrecarga, o si la velocidad debe de mantenerse desde un principio lo más constante posible e independiente de la carga; pues esto hará definir claramente la velocidad nominal tanto del diseño como la del motor (ver pág. 64 **TIPO DE VELOCIDAD OBTENIDA**). Esta última definida definitivamente de acuerdo a lo establecido por el mercado.

- Para definir este aspecto considérese:
- TIPO DE VELOCIDAD OBTENIDA (15).
 - CONTROL DE VELOCIDAD (17).
 - SENTIDO DEL MOVIMIENTO (18).
 - CAMBIO SENTIDO DEL MOVIMIENTO (19).
 - TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).
 - FACILIDAD DE ADQUISICION (32).
 - COSTO DE ADQUISICION O FABRICACION (33).

10. POTENCIA NOMINAL, POTENCIA NORMAL o POTENCIA DE OPERACION (PoN o PO). Es el valor de los caballos de potencia (HP) que deben aplicarse de manera continua y a cierta velocidad, cuando se encuentra en pleno y constante funcionamiento el diseño. Como esta potencia es el resultado del producto del par nominal y la velocidad nominal, para su determinación deben de especificarse claramente estos 2 aspectos tanto para el diseño (*potencia nominal del diseño*) como para el motor (*potencia nominal del motor*), recordando siempre que el tipo de transmisión del movimiento puede hacer variar estos valores.

Seleccionar un motor con la potencia nominal correcta, es el primer paso para lograr en el diseño de un producto contar con un sistema mecánico eficiente y económico; pues si se seleccionara un motor de menor capacidad que la necesaria, éste funcionaría pero en condiciones de sobrecarga reduciendo esto su vida útil; si por el contrario se seleccionara un motor con mayor capacidad, se desperdiciaría su eficiencia y su costo sería además, innecesariamente mayor; lo que a la larga, los gastos realizados tanto por el usuario como por el fabricante aumentarían. Los del usuario porque representaría tal vez un diseño más caro de adquirir o, si fuera relativamente muy barato; como la vida útil se acortaría, quizá se vea en la necesidad de realizar más rápidamente gastos de reparación o de nueva adquisición; y por el lado del fabricante, porque el incluir en el diseño un motor 'sobrado', los costos de fabricación resultarían mayores o, si se incluyera uno de mucho menor capacidad, aún cuando serían menores los costos de fabricación, los gastos por servicios y reparaciones se incrementarían; pero sobre todo, la mala reputación e imagen del fabricante sería lo más perjudicial.

Así pues, para poder determinar una potencia nominal correcta para un diseño, es necesario especificar las condiciones y características en las que va a funcionar o a trabajar el producto (al menos, es indispensable haber definido los aspectos marcados con un asterisco, especificados en las págs. 53 y 54); y una vez hecho ésto, para poder empezar a elegir un motor con ciertas características, selecciónese alguno de los *Métodos de apoyo para la selección de motores eléctricos* (ver pág. 93 *MÉTODOS DE APOYO PARA LA SELECCION*).

- Para definir este aspecto considérese:
- CARGA NOMINAL (7).
 - PAR NOMINAL (8).
 - VELOCIDAD NOMINAL (9).
 - TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).

11. CARGA MAXIMA (CM). Es la mayor carga o peso que eventualmente se debe de mover, estando en funcionamiento el diseño. Esta carga es mayor a la nominal y con mucha frecuencia también es mayor a la de arranque, aunque puede ser considerada como carga de arranque si las condiciones de éste involucran una carga así (ver pág. 55 *CARGA DE ARRANQUE* y pág. 56 *TIPOS DE ARRANQUE*).

Esta carga es la que va a definir finalmente el par máximo que desarrollará el motor y por consiguiente la potencia máxima, ya que conforma de manera básica la sobrecarga y el par máximo resistente que se aplicará en el diseño.

- Para definir este aspecto considérese:
- CARGA DE ARRANQUE (1).
 - TIPOS DE ARRANQUE (4).

12. PAR MÁXIMO RESISTENTE (PMR). Es la fuerza máxima que eventualmente demanda la carga al incrementarse a su valor máximo y poderse seguir desplazando o moviendo, una vez que el diseño se encuentra en funcionamiento. Este par está conformado básicamente por la sobrecarga o carga máxima (ver pág. 61 **CARGA MÁXIMA**) y es mayor al par nominal del diseño (ver pág. 60 **PAR NOMINAL**) y al par de arranque resistente (ver pág. 55 **PAR DE ARRANQUE RESISTENTE**). En raras ocasiones, puede ser que sea coincidentemente establecido como par de arranque resistente, ya que también se considera el par máximo, aunque esta confusión no debe darse, ya que se debe recordar que el PRM se da una vez que se encuentra en funcionamiento el diseño. Si bien no existiera sobrecarga durante el funcionamiento, selecciónese un motor de par máximo mínimo.

Para que no existan complicaciones cuando se efectúe una sobrecarga, cerciórese de que el **par máximo resistente sea inferior en un 25% al par máximo del motor**¹ y por lo que deberá de determinarse en primer lugar el par máximo del motor (ver pág. 63 **PAR MÁXIMO DEL MOTOR**). Esto es por ejemplo y de manera ilustrativa, que si la carga demanda por sobrecarga un par de 75, el par máximo que debería desarrollar el motor tendría que ser de 100; pues 75 es menor a 100 en un 25% y, por lo tanto, el motor no se detendrá por motivo de sobrecarga² (ver Fig. No. 2.3.4).

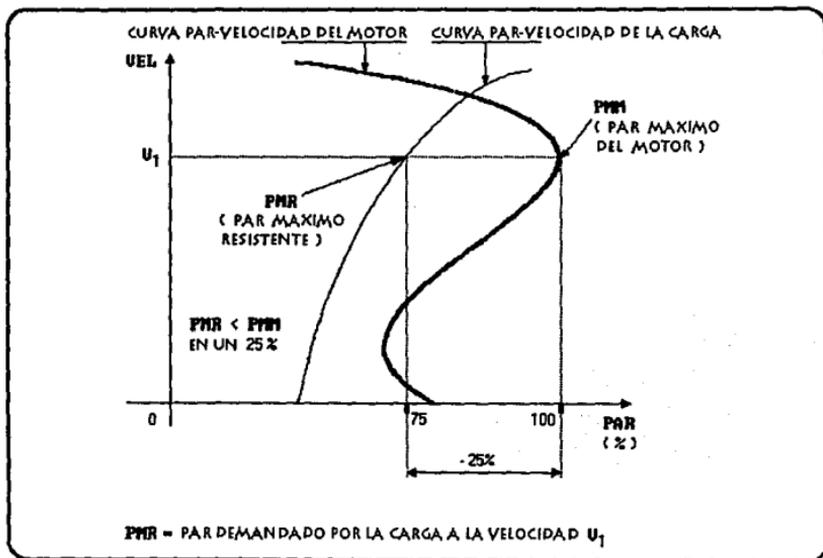


FIG. No. 2.3.4 GRAFICA DEL PAR DEMANDADO POR UNA CARGA Y EL PAR MÁXIMO QUE UN MOTOR PUEDE APLICAR. NOTESE QUE EL PAR DEMANDADO ES MENOR EN UN 25% AL MÁXIMO.

Para definir este aspecto considérese:

- PAR DE ARRANQUE RESISTENTE (2).
- CARGA MÁXIMA (11).
- PAR MÁXIMO DEL MOTOR (13).
- TRANSMISIÓN DEL MOVIMIENTO (20).
- FACILIDAD DE ADQUISICIÓN (32).

¹ Lawrie, R.J., op. cit., p. 150.

² Recuérdese que ésto es siempre a manera de comprobación y una vez que se tenga que seleccionar el motor y se haya atendido los demás aspectos; entonces, si resultará útil para determinar el par máximo del motor.

13. PAR MÁXIMO DEL MOTOR o PAR DE DESENGANCHE (PMM o PD). Es el valor máximo del par que puede ofrecer el motor en casos de sobrecarga cuando se encuentra en funcionamiento el diseño. Este par es la base para conocer el rango en el cual debe de caer el par máximo resistente (ver pág. 62 **PAR MÁXIMO RESISTENTE**), así como para conocer la potencia máxima que el motor podrá suministrar. Su valor es siempre proporcional y mayor al par nominal del motor; por lo que para determinar, se debe atender siempre su par nominal y a la indicación que trae con sí el motor en su placa o en la tabla de especificaciones, donde se expresa el **factor de servicio (FS)**; por ejemplo, un motor para una aspiradora, de CA, de inducción tipo jaula de ardilla, de $\frac{1}{4}$ HP y de 2 polos, indica que su factor de servicio o par máximo es de 2 a 2.5 veces su par nominal; y otro motor de una compresora portátil para automóvil, de CD, tipo derivación y de $\frac{1}{4}$ de HP, indica que su factor de servicio o par máximo es de 4 veces su par nominal..

Recuérdese que cuando el sistema está funcionando establemente y al efectuarse una sobrecarga, el sistema baja su velocidad pero incrementa el par que está aplicando, con la finalidad de continuar el movimiento y mover la nueva carga (ver pág. 51 **PASOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO**); al ir decreciendo la velocidad, recuérdese que el par se incrementa hasta un punto máximo que corresponde al **par máximo del motor** (ver pág. 52 Fig. No 2.2.1) y, que este proceso podría continuar si se continúa sobrecargando el sistema con lo que la velocidad descendería bruscamente hasta pararse el movimiento sin poder efectuarse un arranque, ya que como el par de arranque es menor al máximo, sería imposible.

Para definir este aspecto considérese: **PAR NOMINAL DEL MOTOR (8)**.
 TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).
 FACILIDAD DE ADQUISICION (32).

14. POTENCIA MÁXIMA (PM). Es el valor máximo de los **caballos de potencia (HP)** que deben suministrarse cuando se efectúa una **sobrecarga** al encontrarse en funcionamiento el diseño. Como esta potencia es el resultado directo del producto entre el par máximo resistente o el par máximo del motor a cierta velocidad, para su determinación debe de especificarse claramente este aspecto tanto para el diseño (**potencia máxima del diseño PMD**) como para el motor (**potencia máxima del motor PMM**), por lo que los valores que adquieren son muy variables, además de que se debe considerar siempre que el tipo de transmisión del movimiento que se emplee, hace variar estos valores considerablemente (ver pág. 70 **TRANSMISION DEL MOVIMIENTO**).

Cuando se desee seleccionar un motor, deberá atenderse la potencia máxima que el motor puede suministrar en caso de existir una sobrecarga y que el motor pueda seguir moviendo la carga y no se pare. Para conocer este dato, consúltese en la placa o tabla de especificaciones del motor el dato referente a lo que se denomina **factor de servicio (FS)**, o bien, de modo orientativo, puede consultarse la Tabla No. 2.4.2.5 de la pág.102; este dato indica el porcentaje de **'potencia extra'** que el motor puede suministrar estando en servicio y para los casos en que se efectue una sobrecarga.

Los factores de servicio o de potencia de un motor, quedan comprendidos generalmente dentro del rango de 1.0 a 5.0, dependiendo del tipo de motor. Por ejemplo, los motores síncronos suelen contar con factores de servicio de 1.2, 1.5 y 1.7 y los motores de inducción generalmente poseen factores de 1.15 y 1.25; así pues, si en un motor se indica que tiene una potencia nominal de $\frac{1}{5}$ de HP y un factor de servicio de 1.25, esto indica que el motor cuenta con una potencia máxima de $\frac{1}{4}$ de HP; pues $\frac{1}{5}$ de HP que equivale a 0.2 HP se multiplica por el factor de servicio de 1.25, da como resultado un valor de 0.25 equivalente a $\frac{1}{4}$, que será la potencia máxima que el motor podrá suministrar cuando exista sobrecarga.

Como se puede apreciar, es de suma importancia atender este factor, ya que éste al proporcionar el 'rango extra' con que se puede contar para la potencia, ayuda al diseño a que se seleccione un motor más pequeño y por consiguiente más económico; pues como en el ejemplo, si en un diseño se llegaran a efectuar sobrecargas durante el funcionamiento, donde la potencia máxima requerida llegara a ser en ocasiones equivalente a $\frac{1}{4}$ de HP, se podrá seleccionar para el diseño, un motor de $\frac{1}{5}$ de HP con un factor de servicio de 1.25, ofreciendo ésto una ventaja para el diseño; pues en vez de incorporar un motor de $\frac{1}{4}$ de HP, se incorporaría uno de menor tamaño y costo.

Tómese siempre en cuenta que el factor de servicio ofrece ese *rango* para cuando el diseño está en servicio y que la sobrecarga se llegara a efectuar solo de manera *eventual*, ya que este factor es solo un parámetro que se tiene como 'protección' para que el motor ofrezca siempre algo más de potencia en determinado instante (que es la sobrecarga eventual), y no pare de funcionar; pues en caso de que la sobrecarga sea muy constante, el motor se forzará y podrá llegar a calentarse; y si no se atiende con cuidado este factor con la sobrecarga que se quiere mover, el motor llegará a detenerse; disminuyéndose a la larga su vida útil.

Para definir este aspecto considérese: PAR MAXIMO RESISTENTE (12).
 PAR MAXIMO DEL MOTOR (13).
 TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).

15. TIPO DE VELOCIDAD OBTENIDA (TVO). Es el tipo de velocidad que se desea obtener al iniciarse el funcionamiento del diseño, o una vez que éste está en uso. La gran mayoría de los productos han exigido un régimen de velocidad lo más constante posible e independiente de la carga y muy pocos no, por lo que dicha situación se debe de dejar claramente establecida.

Los tipos de velocidades que se pueden obtener son:

- a) Velocidad constante
- b) Velocidad semiconstante
- c) Velocidad variable o
- d) Velocidad semivariable

a) La **velocidad constante** es aquella en la que el número de revoluciones debe permanecer inalterable e independiente de cualquier sobrecarga; tal es el caso de los motores síncronos y el de reluctancia. Esta velocidad obtenida se dice que se comporta de manera *rígida*.

b) La **velocidad semiconstante** es la que se obtiene cuando el número de revoluciones se altera por motivos de la carga o sobrecarga; como es el caso básico de los motores de CD tipo derivación, los trifásicos de colector tipo derivación y todos los asíncronos. Esta velocidad obtenida se dice que se comporta de manera *dura*.

c) La **velocidad variable** es en la que el número de revoluciones va cambiando constantemente en realación directa con la carga; así, la velocidad disminuye paulatinamente cuando se va incrementando la carga y viceversa. Los motores de CD tipo serie, los trifásicos de colector tipo serie, los motores universales y los de repulsión, ofrecen este tipo de velocidad. A esta velocidad se le dice que se comporta de manera *suave*.

d) La **velocidad semivariable** es un comportamiento intermedio de la velocidad, que está entre semiconstante y variable, pue en ocasiones es más variable y en otras tiende a comportarse semiconstante. Este tipo de velocidad se obtiene exclusivamente del motor de CD tipo compuesto o compound, pues es un motor de CD tipo derivación y serie a la vez, que cuando posee mayores características del de derivación, la velocidad que ofrece es más semiconstante y cuando sus características son más del tipo serie, su velocidad es más variable.

Para definir este aspecto considérese: TIPO DEL PAR OBTENIDO (16).
 CONTROL DE VELOCIDAD (17).
 TIPO DE SERVICIO (24).

16. TIPO DE PAR OBTENIDO (TPO). Es el comportamiento que se requiere obtener del par para el diseño a lo largo de su funcionamiento, bajo ciertas condiciones de trabajo establecidas, referentemente a la carga que se quiere mover y a la velocidad obtenida (ver pág. 64 TIPO DE VELOCIDAD OBTENIDA).

Los tipos de pares que se requieren y deben especificarse para adjudicarlos en un diseño son:

A) **Par constante**, para cuando la velocidad a la que se vaya a mover la carga deba ser **variable** y la carga a mover vaya a permanecer **constante**. Como el par es constante en todo momento, el par de arranque, el par nominal y el par máximo tienen exactamente el mismo valor a cualquier velocidad, por lo que aunque disminuya la velocidad en el producto, el par siempre se conserva. Esto se puede ver representado a través de la gráfica en la Fig. No. 2.3.5 , donde siempre se obtiene el par nominal (ver pág. 60 **PAR NOMINAL**), razón por la que nunca debe existir sobrecarga en el producto, de lo contrario, el motor se detendrá bruscamente.

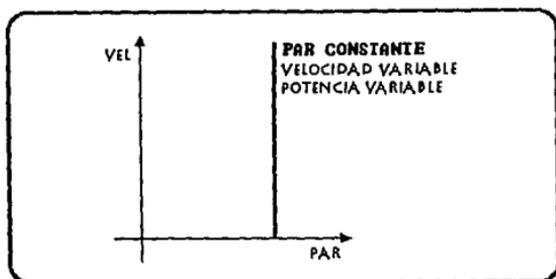


FIG. No. 2.3.5 GRAFICA QUE REPRESENTA EL PAR CONSTANTE A VELOCIDAD VARIABLE. OBSERSE QUE NO EXISTEN DIFERENTES VALORES PARA LOS PARES DE ARRANQUE, NOMINAL Y MAXIMO.

B) **Par variable con arranque débil**, para cuando la velocidad a la que se vaya a mover la carga deba ir **variando** y la carga a mover varíe por el aumento de la velocidad. Este par va a ir variando en proporción al cuadrado de la velocidad; es decir, a doble número de revoluciones corresponde un par cuádruple. En este tipo de funcionamiento, el par de arranque será siempre débil porque la carga inicial también será siempre mínima o nula (ver pág. 57 TIPOS DE ARRANQUE. Arranque ligero.), pero conforme aumente la velocidad, la carga irá entonces aumentando hasta llegar al máximo de velocidad y consecuentemente al máximo de carga; momento en el que el funcionamiento se volverá estable hasta que la velocidad descienda y con sigo la carga, hasta lograr que pare completamente el movimiento.

Cuando se requieran estas características de funcionamiento, considérese que al 'cortarse' la corriente eléctrica para que se detenga el movimiento, éste continuará generalmente, hasta que desaparezca por sí mismo o se le haga que se detenga; mientras se detiene, puede seguir efectuando desplazamiento de carga pero de manera cada vez menor, ocurriendo para esto lo contrario a la proporción velocidad-carga descrita anteriormente. La representación gráfica de este tipo de par y velocidad se puede apreciar en la Fig. No. 2.3.6.

C) **Par variable con arranque fuerte**, para cuando la velocidad a la que se vaya a mover la carga deba ir **variando** por sobrecargas y la carga a mover permanezca también **variando**. Este par a diferencia del anterior, aumentará aproximadamente en proporción lineal al irse incrementando el

número de revoluciones; o sea que, a doble número de revoluciones el par crece aproximadamente en la misma proporción (ligeramente mayor a la proporción de la velocidad). El comportamiento de este par una vez en funcionamiento, será sumamente variable debido a las sobrecargas que pudieran efectuarse e incluso en el arranque; razón por la cual, el **par de arranque** que se ofrecerá para estas características de funcionamiento será siempre **elevado**.

El funcionamiento que presentará el producto si se le establecen estas características, es el descrito en la pág. 51 referente a los **PASOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO**. La **Figura No. 2.3.6** muestra la gráfica de este tipo de par en comparación con el anterior; donde se aprecia principalmente que los pares de arranque son completamente distintos, la manera de incrementarse el par es diferente y en el tipo de par en cuestión, se presenta un descenso de este y posteriormente un ascenso.

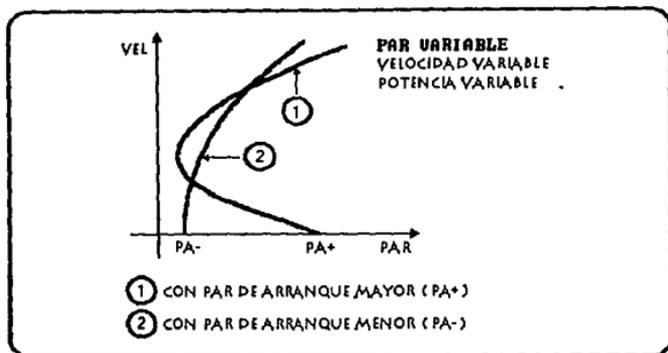


FIG. No. 2.3.6 GRAFICA QUE REPRESENTA EL PAR VARIABLE A VELOCIDAD CONSTANTE.

D) Par variable, para cuando la velocidad a la que se vaya a mover la carga deba ser **constante** y la carga vaya a **variar**. A diferencia del par constante y la velocidad variable con carga constante (ver inciso 'A' de este mismo punto), las cualidades de funcionamiento que se logran si se requirieran estas características para un diseño, son sumamente eficientes, pues en todo momento se contará con la existencia de movimiento y por lo mismo con alguna cantidad de par que (al menos de que se calcule y seleccione mal) siempre podrá desplazar determinada cantidad de carga.

Cuando se requieran estas características de funcionamiento, se contará en todo momento de trabajo a la velocidad nominal, sea cual sea la carga que se deba aplicar. En este sentido, se contará con un diseño prácticamente *imparable* a menos de que se efectúe una fuerte sobrecarga y se trabe el sistema; motivo por el cual, se deberá cuidar de no efectuarse sobrecargas frecuentes y muy irregulares sino al contrario, pues no se cuenta con gran par máximo (por mucho unas 2 veces el nominal); así también se debe cuidar que el par de arranque sea el suficiente pues simplemente este tipo de funcionamiento es de los que *o mueven la carga a velocidad constante o no funciona*.

La **Figura No. 2.3.7**, representa en una gráfica este par, donde se puede notar que la velocidad es en todo momento constante.

E) Par variable, para cuando la velocidad a la que se vaya a mover la carga deba ser **semiconstante** y la carga **varíe**. Este tipo de par es semejante al anterior, con la diferencia de que si durante el funcionamiento del diseño se efectúan fluctuaciones en la carga, la velocidad de

funcionamiento descenderá ligeramente; situación que generalmente sucede ya que siempre se estará aplicando alguna carga. Si en algún momento se eliminara todo tipo de carga, el funcionamiento en vacío es prácticamente igual al tipo de par anteriormente descrito.

En la *Figura No. 2.3.7*, se puede apreciar que este par, junto con el anterior, varía ligeramente su velocidad en relación al anterior pero que prácticamente son semejantes.

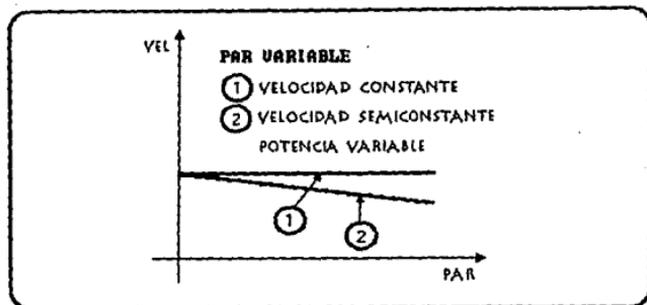


FIG. No. 2.3.7 GRAFICA REPRESENTATIVA DEL PAR VARIABLE A VELOCIDAD CONSTANTE Y SEMICONSTANTE.

F) Par variable pero inversamente proporcional a la velocidad, para cuando la **velocidad** a la que se vaya a mover la carga deba ser **variable** y la **carga** a mover vaya a estar **variando**; o sea, que conforme aumente la velocidad debido a que la carga disminuyó, el par igualmente disminuya y viceversa, que cuando la velocidad disminuya aumente el par para poder mover también mayor carga. Cuando se requiera esta proporción, se dirá que se requiere para el diseño de una **potencia constante**.

Este tipo de par se comporta siempre de manera ventajosa hacia el funcionamiento, así que cuando estas características de funcionamiento sean requeridas, es porque se requiere realmente que el sistema no se detenga por ningún motivo, a menos que el suministro de energía se 'corte' o realmente se genere una gran sobrecarga (la cual trabe violentamente todo el sistema y por lo general dañando las piezas que lo conforman), pues sería la única manera de detener el funcionamiento del diseño; de lo contrario, *todo lo que se le ponga, lo moverá a cualquier velocidad*, hasta que la potencia sea insuficiente, ya sea por motivos de desaparición de velocidad (situación que solo se presenta al sobrepasar el par máximo el cual trabe el movimiento y queme el sistema) o por desaparición de carga el cual sobre-revolucione infinitamente el movimiento y dañe sus elementos.

Si se pretenden adoptar estas características para un diseño, debe tomarse en cuenta el incluir un sistema que controle la velocidad para evitar sobre-revoluciones, o uno que desactive el funcionamiento en casos de sobrecargas que vayan a hacer que se detenga el movimiento u otro que siempre suministre alguna carga.

La gráfica de la *Figura No. 2.3.8*, representa el par variable e inversamente proporcional a la velocidad. Obsérvese que gracias a esta proporción siempre se obtiene una potencia constante en todo momento.

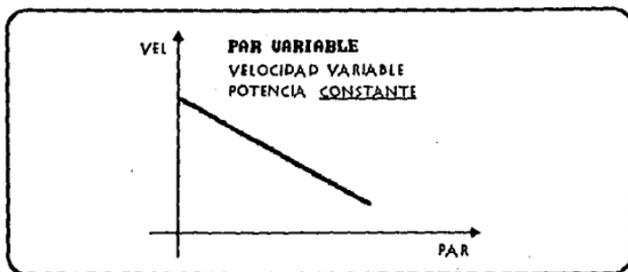


FIG. No. 2.3.8 REPRESENTACION GRAFICA DEL PAR VARIABLE E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA VELOCIDAD.

Cuando se presente la situación del inciso anterior (velocidad variable y par variable e inversamente proporcional a la velocidad) puede presentarse la particularidad de que tanto la carga y el par se consideren además de variables, "elevados". Si este fuera el caso, debe de emplearse exclusivamente un motor de CD tipo Serie donde el movimiento a realizar con la carga deberá ser solamente de corta duración (no mayor a 15 segundos) o accionada de manera intermitente con cualquier pausa de tiempo; esto es porque este tipo de motor es el que logra mover cargas demasiado grandes lentamente y cargas más pequeñas rápidamente.

Ejemplos de productos existentes con estos tipos de pares y velocidades, están especificados en la *Tabla No. 2.3.2*, localizada al final de esta sección en la *pág. No. 91*.

Ejemplificando numéricamente y de manera general los 6 casos anteriormente descritos, podemos encontrar que:

A) Velocidad variable. Par constante POTENCIA VARIABLE*	Si:	$V_1 = 5 \text{ RPS}$ y $V_2 = 10 \text{ RPS}$ $P = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$ $Pot_1 = 157.07 \text{ watts}$	$Pot_2 = 314.15 \text{ watts}$
B) Velocidad variable. Par variable c/a.d. POTENCIA VARIABLE*	Si:	$V_1 = 5 \text{ RPS}$ y $V_2 = 10 \text{ RPS}$ $P_1 = 2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ y $P_2 = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$ $Pot_1 = 78.53 \text{ watts}$	$Pot_2 = 314.15 \text{ watts}$
C) Velocidad variable. Par variable c/a.f. POTENCIA VARIABLE*	Si:	$V_1 = 5 \text{ RPS}$ y $V_2 = 10 \text{ RPS}$ $P_1 = 4 \text{ N} \cdot \text{m}$ y $P_2 = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$ $Pot_1 = 125.66 \text{ watts}$	$Pot_2 = 314.15 \text{ watts}$
D) Velocidad constante. Par variable. POTENCIA VARIABLE*	Si:	$V_1 = 5 \text{ RPS}$ $P_1 = 2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ y $P_2 = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$ $Pot_1 = 78.53 \text{ watts}$	$Pot_2 = 157.07 \text{ watts}$
E) Velocidad semiconstante. Par variable. POTENCIA VARIABLE*	Si:	$V_1 = 4 \text{ RPS}$ $P_1 = 2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ y $P_2 = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$ $Pot_1 = 62.83 \text{ watts}$	$Pot_2 = 125.66 \text{ watts}$
F) Velocidad variable. Par variable POTENCIA CONSTANTE*	Si:	$V_1 = 5 \text{ RPS}$ y $V_2 = 10 \text{ RPS}$ $P_1 = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$ y $P_2 = 2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ $Pot_1 = 157.07 \text{ watts}$	$Pot_2 = 157.07 \text{ watts}$

NOTA: $Pot = Par \times RPS \times \pi \times 2 = \text{watts}$. $Pot = Par \times RPS \times 0.008422 = HP$

17. CONTROL DE VELOCIDAD (CV). Es la manera que se requiere o debe realizarse el control de la velocidad del diseño. Para especificar este aspecto, selecciónese cual de las siguientes formas de control de velocidad se requiere o desea para el diseño:

- A) Control de velocidad **única**,
- B) Control de velocidad **deslizable**,
- C) Control de velocidad **por pasos**. y;
- D) Control de velocidad **combinado**.

A) El control de velocidad única (CV-U) es aquel control que simplemente pondrá en funcionamiento al producto. Este control es el comúnmente conocido como 'switch' o interruptor ya que poseerá solamente un desplazamiento el cual permita el paso total de la corriente eléctrica para encender el producto y otro que sea para interrumpir el flujo y apagarlo.

B) El control de velocidad deslizable (CV-D) es el que realizará la variación de la velocidad sin contar con pasos específicos, sino que se va efectuando el cambio gradualmente sin presentarse cambios marcados entre velocidades. Si se desea controlar de esta manera la velocidad, considérese que siempre se va a efectuar un 'barrido' que permitirá ubicarse rápidamente en una velocidad específica, ya que permiten desde un inicio el paso de la corriente eléctrica de manera gradual. Este tipo de control requiere en ocasiones de un interruptor de encendido o de uno que fije la velocidad y se considera por lo general de 'un solo paso' con gran rango.

C) El control de velocidad por pasos (CV-P) es el control que además de que realizará el encendido, deberá permitir que varíe la velocidad a través de pasos previamente establecidos. Con este tipo de control se obtendrá solamente determinado número de revoluciones por cada cambio de velocidad.

D) El control de velocidad combinado (CV-C) es el control conformado por la combinación de los anteriores.

Cerciórese siempre si se requiere realmente manejar más de una velocidad durante el funcionamiento (la velocidad nominal); y si es así, especifíquese claramente las variantes de velocidad para el diseño (vvd), ya que tendrán que ser establecidas a manera de número de pasos o velocidades con que contará el producto, y así controlar el movimiento del motor seleccionado (lo que deberá, si es posible, hacerse coincidir el vvd con las del motor), para lograr los diferentes funcionamientos para los que fueron establecidas. Tómese en consideración finalmente, que para cambiar de una velocidad a otra y a otra, se puede pasar por todas las existentes o hacerse de manera directa.**

Para definir este aspecto considérese:

- SENTIDO DEL MOVIMIENTO (18).
- CAMBIO DEL SENTIDO DE MOVIMIENTO (19).
- TIPO DE SERVICIO (24).

* Para comprobar el valor de las potencias obtenidas, consúltese las fórmulas para cálculos al final de la sección 2.4.2.

** Es recomendable, cuando se desea efectuar cambios de velocidad directamente con el motor, solucionar este aspecto con la asesoría de personas especializadas, pues habrá que compaginar detalladamente; velocidades, pares, potencias, corriente eléctrica, cambio de rotación y tipos de controladores, atendiendo al tipo de diseño y motor; ya que se podrían efectuar cambios de velocidad de manera mecánica y la solución dependería ahora de la correcta y adecuada aplicación de los sistemas mecánicos.

18. SENTIDO DEL MOVIMIENTO (SM). Es el sentido en que se requiere que se efectúe el movimiento en o del diseño. Al especificar el sentido en que se efectuará el movimiento, quedará determinado si el motor deberá también invertir su sentido de rotación o se efectuará la inversión de manera mecánica sin cambiar el sentido de giro del motor.

19. CAMBIO DEL SENTIDO DE MOVIMIENTO (CSM).* Es la manera en que se requiere efectuar el cambio del sentido del movimiento (anteriormente descrito en el punto 18), ya sea:

- a) en reposo o;
- b) en funcionamiento.

a) El cambio del sentido de movimiento en reposo (CSM-R) es aquel que se requiere efectuar deteniendo el funcionamiento del diseño, de lo contrario, no se podría invertir el sentido, se dañaría el sistema o sufriría algún movimiento indeseable la carga y se pudiera afectar.

b) El cambio del sentido de movimiento en funcionamiento (CSM-F) es el que se requiere efectuar en pleno funcionamiento del diseño. Se debe determinar claramente si se necesita invertir de esta manera el movimiento y después de cuanto tiempo de haberse movido en una dirección, pues durante el funcionamiento, básicamente siempre se efectuarán las inversiones a menos que se determine otra cosa (programar diferentes movimientos con diferentes duraciones).

20. TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (TM). Es la manera en que se requiere efectuar la transmisión del movimiento del motor hacia la carga; debiéndose seleccionar de entre:

- A) Transmisión del movimiento directa (TM-D) y;
- B) Transmisión del movimiento indirecta (TM-I).

A) La transmisión del movimiento directa (TM-D) es aquella en que se requiere mover directamente la carga a la velocidad con la que se encuentre girando el motor.

Cuando se opte por una transmisión directa de carga-motor, generalmente resultará ser una opción delicada en cuanto al motor que se debe conseguir, si la velocidad de giro será única; esto es porque la velocidad de un motor (velocidad nominal) siempre será elevada, y en este sentido, será un aspecto que deberá atenderse para la selección del motor, pues como ya se mencionó, la velocidad será exactamente la del motor (*velocidades del motor = velocidades del diseño*), y deberá checarsé la *facilidad de adquisición* en el mercado para saber si se consigue fácilmente un motor de esas características o simplemente no existe uno comercial; ya que mandarlo pedir o fabricar representaría quizá un *costo de adquisición o fabricación* innecesario así como de tiempo; o a menos que existiera una razón en el proceso de diseño bastante representativa que justifique lo contrario pero, en caso de no existir, optese por el empleo de un sistema de transmisión y planteese el diseño de la transmisión de acuerdo a las condiciones del producto diseñado.

B) La transmisión del movimiento indirecta (TM-I) es en la que la carga no se moverá a la velocidad con que gira el motor; sino que existirá algún sistema de transmisión mecánico (engranes, bandas, cadenas, etc.); entre el motor y la carga.

* Considérese solo en caso de que se requiera invertir el sentido del movimiento.

En la gran mayoría de nuevos productos diseñados, se ha considerado siempre la involucración en el producto de algún sistema de transmisión mecánico cuya transmisión indirecta evita de alguna manera la incertidumbre que genera la situación del mercado en una transmisión directa; de esta forma, la **facilidad de adquisición** es más rápida, práctica, útil y se reduce a seleccionar el motor con las demás características necesarias sin importar de sobremanera la velocidad, agilizando así el proceso de diseño. Al simplificarse la selección del motor, deberá atenderse detalladamente el dimensionamiento del sistema de transmisión a utilizar; pues con su intervención, el par se incrementará proporcionalmente al irse reduciendo la velocidad, por lo que deberá recordarse que el **par nominal del motor** deberá ser menor al **par nominal del diseño**.

Un aspecto reelevante de emplear la transmisión indirecta, es que se requerirá de un mecanismo reductor de velocidad (o un motorreductor) que dará la posibilidad de utilizar motores de mayor velocidad y que resultarán ser entre más rápidos; más pequeños, más ligeros y más económicos; aspectos que podrían resultar ventajosos para el diseño del producto. Por último, considérese la **variación de velocidad** y si para el diseño interviene alguna inversión del **sentido de rotación**, pues mientras mayor velocidad tenga el motor, más difícil es cambiar el sentido de giro.

Para definir este aspecto considérese:

- SENTIDO DEL MOVIMIENTO (18).
- CAMBIO DEL SENTIDO DE MOVIMIENTO (19).
- FACILIDAD DE ADQUISICION (32).
- COSTO DE ADQUISICION O FABRICACION (33).

21. TIPO DE CORRIENTE ELECTRICA (TCE). Es el tipo de corriente que se requiere emplear para poner en funcionamiento el diseño. La determinación del tipo de corriente está en relación directa tanto con los requerimientos del diseño como las del mismo motor, ya que en los requerimientos se especificará la utilización de determinada corriente y al seleccionar finalmente un motor debe de chequearse que éste cumpla con el requerimiento.

Debe seleccionarse de entre los tipos de corriente:

- A) Corriente **alterna (CA)** y;
- B) Corriente **directa (CD)** o Corriente **continua (CC)**.

A) La corriente alterna (CA) es la que se encuentra en cualquier toma de corriente (*contacto o enchufe*) de la instalación eléctrica de un inmueble (casa, oficina, escuela edificio, taller, fábrica, etc.), como este tipo de corriente es de la que se dispone más frecuente y comúnmente, su utilización para hacer funcionar los productos eléctricos se ha generalizado enormemente. Atiéndase también que esta corriente puede estar suministrada de 2 formas, por lo que debe chequearse la instalación para poder contar con la adecuada, pues los motores también están fabricados para funcionar solo con alguna de las dos; siendo éstas:

- 1) Corriente alterna **monofásica (CA-Mono)** y;
- 2) Corriente alterna **trifásica (CA-Tri)**.

1) La corriente alterna monofásica (CA-Mono) es aquella que se suministra o encuentra generalmente en inmuebles que presenten tomas de corriente (contactos o enchufes) con 2 ranuras rectas de alimentación eléctrica o si la caja o cajas donde llega la alimentación de la calle, presenta 2 fusibles y cable con 2 entradas a la caja y 2 salidas de ésta hacia el inmueble. Los inmuebles a donde se provee básicamente este tipo de corriente son las viviendas (casas, edificios, condominios), centros de trabajo (oficinas, despachos, buffets, consultorios, laboratorios), cualquier centro o institución educativa y médica, así como algunos locales comerciales (abarrotes, papelerías,

jugueterías, taquerías, estéticas, llapalerías, antojerías, pollerías, restaurantes pequeños, etc.) y diversos talleres artesanales (caseros, pequeños e individuales principalmente como carpinterías, costurerías, marmolerías, serigrafía, etc.).

Algunos productos existentes que funcionan con CA-Mono se especifican en la *Tabla No. 2.3.1* localizada al final de esta sección.

2) La corriente alterna trifásica (CA-Tri) se encuentra y suministra generalmente en inmuebles donde va a emplearse principalmente aparatos y maquinaria de trabajo continuo y/o pesado, durante todo o la gran mayoría del día. Se suministra a través de 3 conductores y llega a la caja de distribución a 3 fusibles y sale nuevamente por 3 líneas; las tomas de corriente trifásica presentan generalmente 3 y 4 ranuras curvas dispuestas entonces de manera circular, por lo que la forma del 'enchufe' es redondo o cilíndrico.

La CA-Tri debe encontrarse suministrada principalmente en grandes negocios, talleres pesados o grandes, fábricas en general y centros y empresas donde se desarrollen actividades durante todo el día (talleres de metales, plásticos, maderas, arcillas, discotecas, panaderías y pastelerías, escuelas, centros comerciales, hojalaterías, instituciones médicas, herrerías, restaurantes, hoteles, edificios de negocios, etc.). Tómese en cuenta que la corriente trifásica es mucho más económica que la monofásica, razón por la cual se emplea en grandes inmuebles donde la actividad es continua; aunque se puede disponer de corriente trifásica en viviendas (principalmente en edificios y condominios) siempre y cuando convenga.

Algunos productos existentes que funcionan con CA-Tri son principalmente maquinaria de taller y fábricas; así como cualquier dispositivo industrial que sea para trabajo constante y pesado.

Otro aspecto de la corriente trifásica, es que a partir de ésta se puede obtener una instalación de tipo monofásica para el caso en que se deba hacer funcionar productos que trabajen exclusivamente con este tipo de corriente. En este sentido, debe chequearse finalmente la instalación y las tomas de corriente internas al inmueble, para considerarse en el diseño del producto.

B) La corriente directa o corriente continua (CD o CC) es la que se obtiene principalmente de las pilas o baterías, o a través de un rectificador de corriente. Por lo anterior, este tipo de corriente puede obtenerse de 2 formas a considerar:

- 1) **Corriente directa o continua acumulada (CD-Acum o CC-Acum) y;**
- 2) **Corriente directa o continua generada (CD-Gen o CC-Gen).**

1) **La corriente directa acumulada (CD-Acum), es la que precisamente se obtiene de manera directa de cualquier pila o batería. Generalmente se obtienen corrientes pequeñas que van desde unas décimas hasta varias decenas de volts, aunque comúnmente se encuentran desde 1.5 volts y sus múltiplos para pilas estandar y alcalinas; y de 2 volts y sus múltiplos para recargables.**

No debe perderse de vista que al utilizar pilas o baterías para el diseño, el peso y las dimensiones del producto aumentarán de acuerdo al voltaje y al amperaje requerido para el motor; pues entre más voltaje o amperaje se necesite, se requerirá de mayor cantidad de pilas o una batería de proporciones y peso mucho mayores, lo que podría representar ciertas desventajas para el diseño del producto. Por ejemplo (*ver Fig. No. 2.3.9*); 2 pilas alcalinas estandar de 1.5 volts, pueden ocupar volúmenes de alrededor de 22 cm³ (pila tipo AA) y 62.20 cm³ (pila tipo D); , o pesar alrededor de 41.6 gr. (pila tipo AA) y 125 gr. (pila tipo D). Por otro lado, 2 pilas recargables de 6 volts, por ejemplo; de 1 ampere y de 6 amperes, pesan 250gr. y 1.25 kg. respectivamente, y ocupan un volumen de 118.12 cm³ y 500.56 cm³ respectivamente.

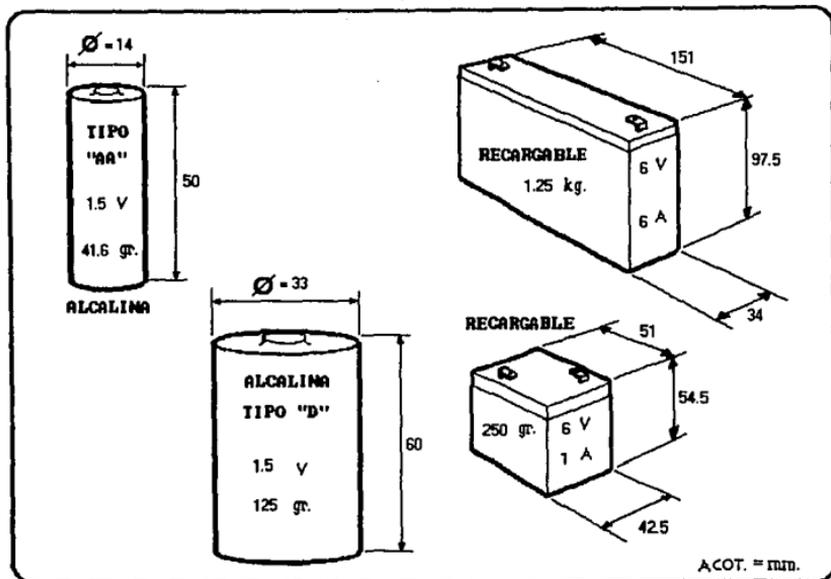


FIG. No. 2.3.9 EJEMPLOS DE PESOS Y DIMENSIONES DE DIFERENTES TIPOS DE PILAS ALCALINAS Y RECARGABLES.

La corriente almacenada se ha empleado en diseños que requieren principalmente disponer en cualquier momento, lugar y situación, de una fuente propia de energía y no depender de instalaciones especiales o extensiones de corriente; así como para cuando se ha requerido ofrecer mayor seguridad, comodidad y movilidad al usuario. Considérese que se cuenta con pilas recargables y no recargables.

Ejemplos de productos existentes que funcionan con este tipo de corriente, se aprecian en la *Tabla No. 2.3.1* al final de esta sección.

2) La corriente directa generada (CD-Gen), es aquella que se obtiene de la transformación de la corriente alterna en directa o continua, por lo que precisamente se requiere de un rectificador de corriente (conocido comúnmente como eliminador de baterías o adaptador de corriente) que se encargue de efectuar dicha transformación.

Como para la obtención de este tipo de corriente se requiere de un rectificador, debe tomarse en cuenta si se incluirá éste en el diseño o se proporcionará aparte, pues se deberá disponer de espacio para su instalación y ocasionando un aumento en el peso del producto. Generalmente se emplea esta corriente para obtener voltajes más grandes (mayores de 6 volts) y por consiguiente potencias mayores; pues resultaría desventajoso utilizar para lograrlo varias pilas o una batería. Utilícese este tipo de corriente siempre que el producto vaya a permanecer durante su uso y funcionamiento en un mismo sitio y cuando los voltajes requeridos sean mayores a 6 volts.

Algunos ejemplos de productos existentes que funcionan con este tipo de corriente, se aprecian en la *Tabla No. 2.3.1*, localizada al final de esta sección.

La inmensa mayoría de los productos eléctricos han sido diseñados para utilizar CA-Mono. y CD-Gen, debido a que no están destinados para una frecuencia de uso pesada y continua durante el día, y se enfocan para utilizarlos dentro y fijamente de los inmuebles; razón por la cual, en la mayoría de los productos que se proyecten en Diseño Industrial, debe de seleccionarse la aplicación de la CA-Mono como fuente principal de energía, a menos que, por seguridad, movilidad del usuario, u otros requerimientos del diseño, sea recomendable el empleo de la CD-Alm. o la CA-Tri.

- Para definir este aspecto considérese:
- PAR DE ARRANQUE O A ROTOR BLOQUEADO (3).
 - TIPO DEL PAR OBTENIDO (18).
 - CONTROL DE VELOCIDAD (17).
 - TIPO DE SERVICIO (24).
 - FACILIDAD DE ADQUISICION (32).
 - PESO DEL MOTOR (34).

22. VOLTAJE DE LA CORRIENTE (VC). Es la cantidad de volts que se requieren para poner a funcional el producto. Cuando se decida manejar corriente alterna, tómese el valor de 110 a 127 Volts, que es el voltaje que se suministra en las líneas de tensión eléctrica en México, y cuando se elija utilizar corriente directa, chéquese el voltaje que requerirá el motor y recuerde que las pilas, baterías y 'eliminadores de baterías', manejan por lo general múltiplos de 1.5 Volts y se pueden conseguir normalmente hasta de 12 y 15 Volts. De ahí en adelante, es recomendable utilizar un rectificador de corriente integrado.

23. CICLAJE DE LA CORRIENTE (CO). Es la cantidad de ciclos por segundo a la que se requiere que vibre la corriente alterna a través de los conductores. La frecuencia a la que vibra la corriente alterna en México es del rango de 50 a 60 ciclos/seg (hertz), que es la que se debe de considerar para aquellos diseños que vayan a funcionar solo con CA y CD-Gen . No se considere este aspecto en caso de haber decidido utilizar CD-Alm.

24. TIPO DE SERVICIO (TS). Es la manera en que se estará poniendo a trabajar al producto y por consiguiente al motor. Las diferentes formas en que podrá trabajar un producto, generará también diferentes funcionamientos que se traducen en algún sentido en generación de calor (por los arranques y el tiempo de funcionamiento); aspecto que generará daños al motor seleccionado si no se determina adecuadamente el tipo de servicio.

Selecciónese para el diseño alguno de los tipos de servicio siguientes y enfóquense sobre el funcionamiento del motor:

- (S1) Servicio permanente;
- (S2) Servicio de corta duración;
- (S3) Servicio intermitente sin influencia del arranque sobre la temperatura;
- (S4) Servicio intermitente con influencia del arranque sobre la temperatura;
- (S5) Servicio intermitente con influencia del arranque y del frenado sobre la temperatura;
- (S6) Servicio continuo con cargas intermitentes;
- (S7) Servicio ininterrumpido con arranques y frenados y;
- (S8) Servicio ininterrumpido con conmutaciones del número de polos.

(S1) El servicio permanente es aquel en donde el motor deberá estar suministrando de manera permanente su potencia nominal.

(S2) El **servicio de corta duración** es en donde el motor deberá estar funcionando a su potencia nominal sólo durante determinado período de tiempo, y no más. El tiempo de funcionamiento está especificado en la tabla o placa de características del motor seleccionado y deberá ser muy tomado en cuenta que nunca se rebase este tiempo, pues de lo contrario, el motor se dañará; pues los motores destinados a este tipo de servicio sufren de gran calentamiento, por lo que para volverlos a poner en funcionamiento deberá de haberse esperado el tiempo suficiente para que se hayan enfriado por completo. El dato del tiempo de funcionamiento, así como la aclaración de la realización del enfriamiento del motor para su nueva puesta en marcha, deberá comunicarse claramente al usuario del producto.

(S3) El **servicio intermitente sin influencia del arranque sobre la temperatura** es en el que se darán repetidamente servicios de corta duración (S2) alternando regularmente con períodos de reposo muy cortos, en donde ni siquiera enfriarán al motor, cuando nuevamente se pondrá en funcionamiento. Aunque las puestas en marcha y los frenados serán cada vez más constantes, estos quedarán sin influir en el calentamiento del motor.*

Convenientemente se han manejado períodos de funcionamiento y reposo, que sumen ambos unos 10 minutos aproximadamente, para volver a efectuarse posteriormente otro ciclo; pero como ésto no está reglamentado, los ciclos de funcionamiento-reposo serán tan variados conforme a la necesidad de funcionamiento del usuario, aunque normalmente, los tiempos de funcionamiento se pueden considerar que equivalgan a un 15, 25, 40 ó 60% de la duración total del ciclo y además aparecen en la tabla o placa de características del motor para una mejor consideración.

(S4) El **servicio intermitente con influencia del arranque sobre la temperatura** es semejante al anterior tipo de servicio (S3), con la diferencia de que los arranques constantes influirán para ir aumentando la temperatura del motor y, los períodos de reposo o detención del motor, no. Estos últimos, se realizarán generalmente de manera automática o con la ayuda de un freno mecánico (efectuándose la desconexión) y no de manera eléctrica como si fuera motor con freno.

(S5) El **servicio intermitente con influencia del arranque y del frenado sobre la temperatura** es también semejante al servicio tipo S3, pero con la diferencia de que tanto los arranques como los frenados eléctricos que se efectúan, incrementarán la temperatura del motor.

(S6) El **servicio continuo con cargas intermitentes** es igualmente parecido al servicio S3, con la característica que cuando se requiera interrumpir el trabajo, durante algún tiempo y por cualquier motivo, el motor seguirá funcionando continuamente pero en vacío (sin carga y por lo tanto, sin proporcionar par alguno).**

(S7) El **servicio ininterrumpido con arranques y frenados** es el que se conformará de repetidos servicios de corta duración, alternándose con períodos de frenado eléctrico y sin períodos de reposo ni de funcionamiento en vacío. Este es un servicio en donde el motor desde que se pone en funcionamiento, no parará de generar un trabajo, ya que así se requerirá para el objetivo del diseño, como se podría apreciar en el funcionamiento de una lavadora de ropa.

* Cuando se efectúa un arranque y un frenado, se consumirá electricidad y generará calor provocando el aumento de la temperatura; factor que no deberá desatenderse para no sobrepasar en ningún momento los límites admisibles de temperatura del motor.

** Este tipo de servicio se entendería mejor si se lo denominara como *servicio continuo e intermitente*.

(**S8**) El **servicio ininterrumpido con conmutaciones del número de polos** es en el que se efectuarán periodos de servicio sucesivos y a diferentes números de revoluciones, alternandose entre si y de modo continuo.¹

Ejemplos de productos existentes con estos tipos de servicio se dan en la Tabla No. 2.3.2 al final de esta sección en la pág. No. 91.

Cabe señalar que los diferentes tipos de servicio se encuentran clasificados y normalizados por una Asociación denominada N.E.M.A. (National Electrical Manufacturers Association), dicha Asociación ha dictado las normas sobre las cuales está basada la fabricación de la gran mayoría de los motores eléctricos en México. Los diferentes tipos de servicio, tal como los define la N.E.M.A., se presentan a continuación (las letras y números entre paréntesis, es la clave de la norma NEMA):

a. Servicio continuo. Una demanda de servicio que exige el funcionamiento a una carga sustancialmente constante para un tiempo indefinidamente largo. (NEMA MG50-50).

b. Servicio intermitente. Una demanda de servicio que exige el funcionamiento para periodos alternados ya sea de (1) carga y sin carga; (2) carga y reposo; (3) carga, sin carga y reposo. (NEMA MG50-51).

c. Servicio periódico. Un tipo de servicio intermitente en el que las condiciones de carga son recurrentes normalmente. (NEMA MG50-52).

d. Servicio variable. Una demanda de servicio que exige el funcionamiento a cargas y para periodos de tiempo los cuales pueden estar sujetos a amplia variación. (NEMA MG50-53).²

Finalmente considérese que el *servicio continuo*, corresponde relativamente al tipo de servicio S1, expuesto con anterioridad; los *servicios intermitente y periódico*, a los tipos S2 a S7; y el *servicio variable* al S8.

Para definir este aspecto considérese: □ TIPO DE VENTILACION (25).

25. TIPO DE VENTILACION (TV). Es la manera en que se efectuará el enfriamiento del motor, dependiendo tanto de la temperatura ambiente, del tipo de servicio que sufrirá (*ver pág. 74 TIPO DE SERVICIO*) y del tipo de protección que posea o se le dé (*ver pág. 80 TIPO DE PROTECCION o CARCASA*).

Considérese que el calentamiento de un motor variará con la carga que se le esté aplicando al mismo, pues entre más carga más esfuerzo desarrolla el motor y se sobrecalienta más rápidamente. Además, es importante que se tome en cuenta el entorno donde estará funcionando el diseño; pues la gran mayoría de los motores están fabricados para que funcionen adecuadamente a una temperatura ambiente de hasta 40 °C. Por lo general, el tipo de ventilación ya viene integrada junto con el motor; por lo que solo resta atender junto con su selección, el tipo de ventilación que posea y evaluar si será el adecuado para las condiciones de funcionamiento del diseño; así, distínganse los siguientes tipos de ventilación:

1. Wessel, Rudolph., *Los electromotores en la práctica*, pp.12 y 13. (Remítirse a Fuentes consultadas y recomendadas).

2. Lwischitz-Garik, Michael, *Máquinas de corriente alterna*, pp. 523 y 526. (Remítirse a Fuentes consultadas y recomendadas).

- A) Ventilación natural (VN);
- B) Ventilación propia (VP) y;
- C) Ventilación independiente (VI).

A) La ventilación natural (VN) es la que se efectuará con la simple circulación del aire del medio ambiente incidiendo sobre el motor. Por lo general, este tipo de ventilación se aplicará para aquellos motores con tipo de servicio S3 (ver pág. 74 TIPO DE SERVICIO) y se encuentren completamente protegidos, encerrados o semicerrados en una carcasa (ver Fig. No. 2.3.10). Ejemplos de productos existentes con este tipo de ventilación se pueden apreciar en la mayoría de los productos que funcionan con CD-Acum. o que cuentan con motor de CD del tipo de imán permanente; como es el caso de algunas compresoras, batidoras y licuadoras manuales; así como en juguetes motorizados como muñecas y coches.

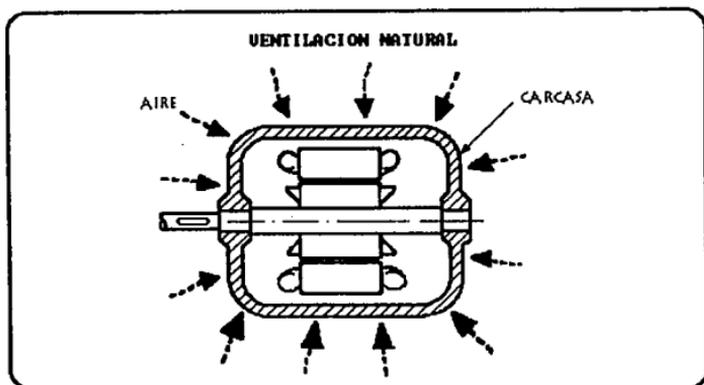


FIG. No. 2.3.10 CORTE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR CON VENTILACION NATURAL.

B) La ventilación propia (VP) es aquella que el propio motor generará debido a que se le acoplará un ventilador sobre su eje y, con el aprovechamiento de su giro, ocasionará el desplazamiento del aire, efectuándose la ventilación del mismo. Esta ventilación puede darse de 3 maneras distintas:

- 1) ventilación propia interna (VP-I);
- 2) ventilación propia externa o superficial (VP-E o VP-S) y;
- 3) ventilación propia por camisa de aire (VP-CA).

1) **La ventilación propia interna (VP-I)** es la que se efectuará cuando el aire que genera el ventilador integrado, se haga pasar internamente por el motor y saliendo por el otro extremo. Este tipo de ventilación requerirá que el ventilador se encuentre siempre dentro de la carcasa del motor, la cual deberá estar provista de una entrada de aire y de una salida, como se muestra por ejemplo en la Fig. No. 2.3.11 . Este tipo de ventilación la proporcionan generalmente los motores universales, ya que traen de fábrica, un ventilador acoplado en el eje del motor. Ejemplos de productos con este tipo de ventilación se pueden apreciar en la mayoría de los aparatos electrodomésticos que funcionan con CA-Mono y algunos que funcionan con CD-Gen., en donde análogamente la carcasa del motor corresponde a la carcasa del propio producto y cuenta con ranuras de ventilación.

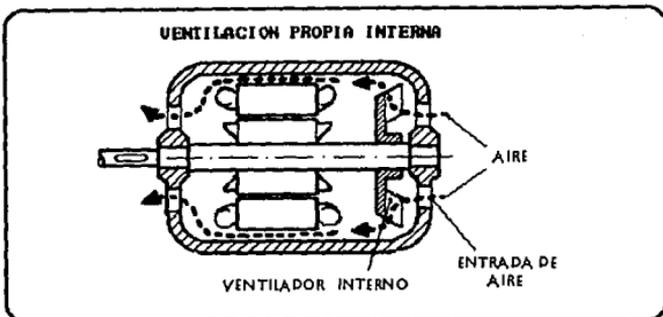


FIG. No. 2.3.11 CORTE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR CON VENTILACION PROPIA INTERNA.

2) La ventilación propia externa o superficial (VP-E o VP-S) es aquella que se efectuará cuando el aire aspirado por el ventilador, circule externamente por la carcasa del motor. En este tipo de ventilación, el ventilador se encontrará fijo sobre el eje del motor pero fuera de su carcasa; protegiéndose éste con una semicarcasa, la cual servirá para conducir el aire alrededor de la carcasa del motor, además de poseer la entrada de aire. Como el aire no penetra directamente al motor como en el caso anterior (ver Fig. No. 2.3.12), la temperatura que adquiere su carcasa es mayor, ya que el motor se encontrará encerrado; por lo anterior, la carcasa estará provista de 'aletas' de refrigeración, que no serán sino simplemente disipadores de calor que permitirán conservar más frío el motor o enfriarlo más rápidamente.

Con este tipo de ventilación cuentan los motes que se emplearán principalmente para maquinaria y equipo pesado con fines industriales.

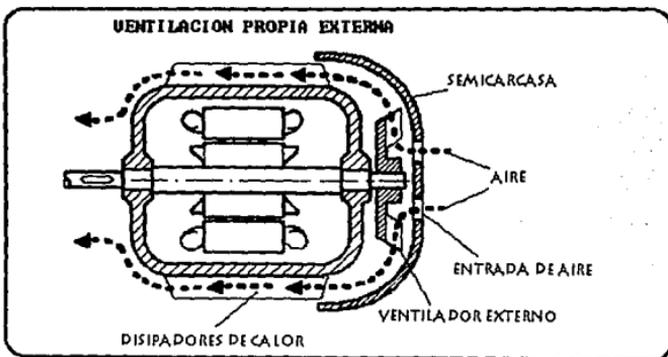


FIG. No. 2.3.12 CORTE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR CON VENTILACION PROPIA EXTERNA.

3) La ventilación propia por camisa de aire (VP-CA) es la que se efectuará de manera similar a la anterior, con la diferencia de que la carcasa del motor no contará con las 'aletas' disipadoras de calor y la semicarcasa (ver fig. No. 2.3.13) envolverá la mayor parte de la carcasa del motor, de tal manera que el aire circulará entre la carcasa y la semicarcasa, generando una camisa de aire encargada del enfriamiento. Los motores que son enfriados de esta manera, son los que adquieren menor temperatura en su superficie; y si se llegan a utilizar, debe ponerse especial cuidado para no utilizarlos en ambientes polvorientos, ya que el polvo se acumulará en donde se forma la camisa de aire y, como la limpieza resultará difícil, la acumulación de polvo generará aumento del calentamiento y ocasionará que se queme el motor.

Con este tipo de ventilación cuentan los motores que se emplearán principalmente para maquinaria y equipo pesado con fines industriales.

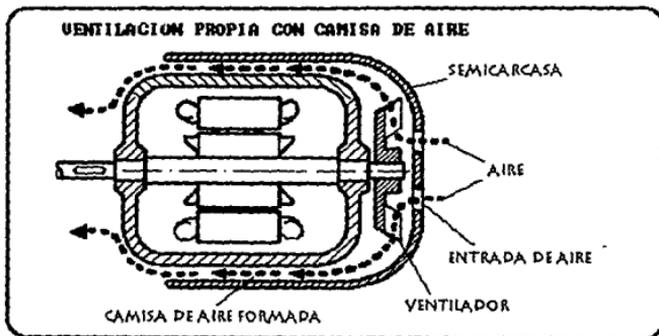


FIG. No. 2.3.13 CORTE REPRESENTATIVO DE UN MOTOR CON VENTILACION PROPIA CON CAMISA DE AIRE.

C) La ventilación independiente (VI) es aquella que se efectuará con la intervención de un ventilador independiente o externo y ajeno completamente al motor. Con este tipo de ventilación cuentan los motores que se emplearán principalmente para maquinaria y equipo pesado con fines industriales.

Considérese finalmente que si se sobrepasara la temperatura de 40°C por el tipo de entorno, deberá emplearse alguna de las soluciones siguientes:

- Incrementar los tipos de ventilación propia (VP) e independiente (VI) para el motor.
- Elegir un motor de mayor tamaño, pues tardará mayor tiempo en calentarse.
- Aplicando sobre la carcasa del motor, material que funcione como disipador de calor para retardar el calentamiento.
- Aplicar un aislamiento especial al motor (como por ejemplo una protección a base de silicón), el cual reduzca la conducción del calor ambiental al motor.
- Emplear para la carcasa, materiales de resistencia térmica mayor, siendo ésto muy conveniente para evitar el uso de motores de mayor tamaño.
- Enfriar de cualquier manera el aire del ambiente en que se encuentra funcionando el diseño.

Los diferentes tipos de ventilación han sido clasificados y definidos por la N.E.M.A. (National Electrical Manufacturers Association) refiriéndose al motor con ventilación y de la manera siguiente (El término *máquina* empleado, es sinónimo de motor y las letras y números entre paréntesis es la clave de la norma):

Máquina con ventilación propia. Máquina cuyo aire de ventilación circula por medios integrados en la máquina. (NEMA MG50-41).

Máquina con ventilación independiente. Máquina cuyo aire de ventilación está proporcionado por un ventilador independiente o externo a la máquina. (NEMA MG50-45).¹

Para definir este aspecto considérese: TIPO DE SERVICIO (24)
 TIPO DE PROTECCIÓN o CARCASA (26).

26. TIPO DE PROTECCION o TIPO DE CARCASA (TP o TC). Es la manera en que será protegido especialmente el motor, dependiendo de las condiciones que posea o vaya a poseer el entorno en donde estará el producto o, las actividades que desempeñará el usuario con o alrededor del producto. Es de suma importancia para el funcionamiento del diseño, que se especule toda situación posible para con el diseño en cuanto al manejo o existencia de sustancias en el entorno y que existiera la posibilidad de que éstas cayeran o entraran al motor; con la finalidad de ofrecer la protección más adecuada para el motor; pues compréndase que será la parte esencial del funcionamiento mecánico del producto diseñado y alguna sustancia podría afectar a éste.

Tómese en cuenta que la mayoría de los motores poseerán una carcasa para su protección; o si no, esta carcasa bien podrá ser entonces la del propio producto diseñado, como lo que sucede en el caso de un aparato eléctrico (electrodomésticos y máquinas-herramientas manuales, por ejemplo). Mientras tanto, para poder determinar el tipo de protección que se requerirá, especifíquense claramente los siguientes 2 aspectos en cuanto al entorno:

A) Sustancias en el ambiente (SA) y;
B) Sustancias en el sitio (SS).

A) Las **sustancias en el ambiente (SA)** serán todas aquellas que presentará la atmósfera en donde se vaya a encontrar el producto y que se pudieran introducir al producto. Dichas sustancias serán desde el aire, hasta las que sean capaces de sustentarse en él; pues éste podrá ir acompañado con humedad (como en zonas tropicales, costeras y baños), con polvo mineral (polvo común y corriente), con polvo de algún material (de madera y plástico, por ejemplo), con humos o gases irritantes (smog de cigarrillos, automóviles, etc.), con gases explosivos (de solventes como el *thinner*, aguarrás y acetona; de combustibles como el alcohol, petróleo y gasolina), con algunas partículas volátiles de mayor tamaño (como la pelusa y pelo pequeño de animales) o con cualquier otra sustancia que por accidente natural o descuido del usuario, pudiera intervenir con el producto.

B) Las **sustancias en el sitio (SS)** serán aquellas que existirán en el lugar de trabajo, tanto del usuario como del producto, y que pudieran caer en el producto. Dichas sustancias serán las que puedan sustentarse en el aire, tales como el agua condensada, solventes, partículas de cualquier material (de madera, de metal, de plástico, de minerales, de fibras, etc.), alimentos y bebidas, o cualquier otra sustancia u objeto que por accidente natural o descuido del usuario, interviniera con el producto.

Los motores que presentarán carcasa de fábrica, poseerán carcasas normalizadas por la N.E.M.A. (National Electrical Manufacturers Association) y responderán precisamente a las consideraciones del entorno anteriormente planteadas; siendo los principales y diferentes tipos de carcasas:

1. Lwischitz-Garik, Michael, *Máquinas de corriente continua*. pp. 234. (Remítirse a Fuentes consultadas y recomendadas).

1. Carcasa hermética. Carcasa que no permite de ninguna manera, la intromisión del material especificado al motor; pudiendo ser hermética al agua, al polvo, etc.

2. Carcasa a prueba de . Carcasa que permite que el funcionamiento correcto del motor no sea interferido cuando esté sujeto al material o condición especificados; pudiéndose realizar a prueba de agua, de salpicaduras, de explosiones, de polvo, de goteo, etc.

3. Carcasa resistente. Carcasa que permite que no se vea dañado el motor (por oxidación, por corrosión, etc.) cuando esté sujeto al material especificado; ya que se ha empleado para su realización, algún material, acabado o tratamiento, que ofrecerá la resistencia necesaria. Por lo que se puede realizar como resistente a la humedad, al humo, etc.

Los tipos de carcasas que refiere la N.E.M.A., son manejados como conjunto motor-carcasa e involucran en algunas ocasiones el tipo de ventilación (ver pág. 76 TIPO DE VENTILACION); por lo que no se refieren exclusivamente a la carcasa; además, en dichas normas se refieren a enunciar siempre al motor como un todo, pero expresándolo con el término *máquina*; tal como a continuación se describe (las letras y números entre paréntesis es la clave de la norma NEMA):

Máquina abierta. Máquina con ventilación propia pero no tiene otra restricción que la necesaria para su construcción mecánica. (NEMA MG50-40).

NOTA: En el sentido de esta definición, se comprenderá que una *máquina abierta*, cuando se usa el término sin más calificativos, no será a prueba de salpicaduras ni gotas.

Máquina hermética al polvo. Máquina construida de tal forma que la carcasa excluya el polvo. (NEMA MG50-22).

Máquina totalmente cerrada. Máquina cerrada de tal forma que se impida el cambio de aire entre el interior y el exterior de la carcasa, pero no tan cerrada como para considerarse hermética al aire.

Máquina totalmente cerrada y refrigerada por un ventilador. Máquina cerrada totalmente y equipada para su refrigeración exterior con un ventilador o ventiladores, integrados en la máquina, pero externos a las partes encerradas por la carcasa. (NEMA MG50-44).

Máquina a prueba de goteo. Máquina en la cual las aberturas de ventilación están construidas de forma que los líquidos vertidos o las partículas sólidas caen sobre la máquina con un ángulo no mayor de 15° de la vertical no pueden entrar en la máquina, ya sea directamente o golpeando y comiendo a lo largo de una superficie horizontal e inclinada hacia dentro. (NEMA MG50-14).

Máquina a prueba de salpicaduras. Máquina en la cual las aberturas de ventilación están construidas de forma que las gotas de líquido vertidos o las partículas sólidas que caen sobre la máquina en línea recta con cualquier ángulo no mayor de 100° de la vertical, no pueden entrar en la máquina, ya sea directamente o bien golpeando y comiendo a lo largo de una superficie inclinada (NEMA MG50-16).

Máquina a prueba de explosión. Máquina en una caja cerrada que está diseñada y construida para resistir una explosión de un gas o polvo especificado, que pueda ocurrir dentro de ella y para evitar la ignición del gas o polvo, que por chispas, descargas o explosiones pueda ocurrir dentro de la carcasa de la máquina. (NEMA MG50-18).

Máquina a prueba de agua. (1) Máquina totalmente cerrada construida de tal forma que expulse el agua aplicada sobre ella en forma de chorro. (2) Máquina totalmente cerrada construida de tal forma que un chorro de agua (de diámetro no inferior a 1 pulgada) bajo una cabeza de 35 pies y de una distancia aproximada de 10 pies se pueda arrojar sobre la máquina sin pérdida alguna, excepto la pérdida que pueda producirse alrededor del eje y que se considera admisible, dado que no puede entrar en el depósito de aceite y que existe un mecanismo para el secado automático de la máquina. (NEMA MG50-20).¹

Se tiene entonces que cada tipo de protección se encuentra normalizado y clasificado globalmente bajo las normas DIN 40050 (de donde se derivan las NEMA); las IEC 144 o las UNE 20324. Para ello, se le asigna al motor una clave **literal** (correspondiente a la clave de protección aplicada) y una clave **numérica** (formada por 2 cifras; la cual, cada una indica un grado de protección de acuerdo a la siguiente tabla) (*Tabla No. 2.3.1*).

TABLA No. 2.3.1 GRADOS DE PROTECCION DE LOS MOTORES

PRIMERA CIFRA: GRADOS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS Y CONTRA CUERPOS EXTRAÑOS

Nº DE LA 1a. CIFRA	PROTECCION OFRECIDA
0	Ninguna protección especial contra contactos. Ninguna protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
1	Protección contra contactos casuales de grandes superficies; por ejemplo, con la mano. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 50 mm.
2	Protección contra contactos con los dedos. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 12 mm.
3	Protección contra contactos con herramientas, hilos, etc., mayores de 2.5 mm. de diámetro. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 2.5 mm.
4	Protección contra contactos con herramientas, hilos, etc., mayores de 1 mm. de diámetro. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 1 mm.
5	Protección total contra contactos. Protección contra depósitos de polvo perjudiciales.
6	Protección total contra contactos. Protección total contra la penetración de polvo.

(continúa)

1. Lwischitz-Garik, Michael, op. cit., pp. 234 y 235.

TABLA No. 2.3.1 GRADOS DE PROTECCION DE LOS MOTORES
(continuación)

SEGUNDA CIFRA: GRADOS DE PROTECCION CONTRA EL AGUA

Nº DE LA 2a. CIFRA	PROTECCION OFRECIDA
0	Ninguna protección especial contra el agua.
1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua.
2	Protección contra la caída de gotas de agua inclinadas en cualquier ángulo hasta 15° con la vertical.
3	Protección contra rociado de agua en un ángulo de hasta 60° con la vertical.
4	Protección contra proyección de agua en todas las direcciones.
5	Protección contra chorros de agua en todas las direcciones.
6	Protección contra inundaciones pasajeras.
7	Protección contra inmersión (Prueba: 30 minutos bajo 1 m. de agua).
8	Protección contra inmersión (Prueba: según acuerdo entre fabricante y usuario).

Así, por ejemplo, en la tabla o placa de especificaciones de un motor monofásico de ½ HP; se indica que el **TIPO** de construcción de su carcasa es el **56**. Esto indica el grado de protección contra el exterior que ese motor posee (y de acuerdo a la tabla 2.3.1) es:

5 = (primera cifra) Protección total contra contactos. Protección contra depósitos de polvo perjudiciales.

6 = (segunda cifra) Protección contra inundaciones pasajeras.

Por lo tanto, tómesese muy en cuenta lo anterior también para aplicarlo en los diseños donde la carcasa del motor será la del propio producto.

27. FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO (FM). Es la cualidad del tipo de mantenimiento que se requerirá que reciba el motor seleccionado, de acuerdo a sus características estructurales básicas. En este sentido, la diferencia estructural básica entre los diferentes tipos de motores, dictará si el mantenimiento a éste será relativamente **mayor** o **menor**.

Se considerará de mantenimiento mayor, cuando el motor seleccionado posea para su funcionamiento escobillas o carbones (esta característica se detectará cuando se haga funcionar el motor y se desprenderá de éste un olor seco y picante característico, conocido cotidianamente como 'olor a carbones quemados' u 'olor a motor quemado' ¹⁾); ya que éstas se desgastarán y será lo primero que se deba reemplazar en un motor de este tipo.

1. Aunque este último calificativo resulta mal aplicado, ya que el olor a motor quemado es acompañado principalmente con calor intenso y por lo general, un motor quemado no funcionaría.

Un motor de mantenimiento menor será aquel desprovisto principalmente de escobillas o carbones; debido a ésto, no sufrirá de pronto mantenimiento; lo que lo hace relativamente *menos lázoso*, como en el caso de los *motores monofásicos y trifásicos de inducción con rotor de jaula de ardilla* (ver características de estos motores en la sección 1.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES).

Otros aspectos que hacen más o menos frecuente el mantenimiento son; el control de la variación de la velocidad, el tipo de servicio, el tipo de ventilación y el tipo de carcasa entre otros (ver aspectos No. 17, 24, 25 y 26 respectivamente); ya que éstos indicarán si el motor deberá ser más frecuentemente limpiado de su carcasa o reemplazado los bujes o baleros, o reparados los controles de velocidad.

28. DIMENSIONAMIENTOS (D). Los dimensionamientos se referirán a las proporciones que poseerán en sus partes exteriores los motores; de tal manera que vayan a ser los adecuados conforme a los dimensionamientos de las alternativas de diseño que hayan sido o vayan a ser propuestas. Este punto se considerará en muchas ocasiones como fundamental para el diseño del producto; pues aunque la combinación *motor-diseño*, deberá siempre ajustarse de la mejor manera posible a los objetivos funcionales del producto; no deberán descuidarse los aspectos de uso, ergonómicos, formales, estéticos y semióticos que se requieran o deseen dar al diseño.

Será básico entonces, obtener información de los fabricantes y distribuidores , de las dimensiones de los diferentes tipos de motores, junto con la demás que se requiera para poder efectuar la selección.

Para definir este aspecto considérese:

- TIPO DE VENTILACION (28).
- TIPO DE PROTECCIÓN o CARCASA (26).
- POSICION DEL MOTOR (29).
- FACILIDAD DE ADQUISICION (32).

29. POSICION DEL MOTOR (PMO). Es aquella posición en la que se requerirá colocar el motor en el diseño y/o en la que estará trabajando. Dichas posiciones deberán determinarse de entre:

- A) Posición **vertical (PV)**;
- B) Posición **horizontal (PH)** y;
- C) Posición **inclinada (PI)**.

La colocación que vaya a seleccionarse, resultará de importancia fundamental solamente para definir los tipos de rodamientos o bujes que deberán aplicarse en los soportes del eje del motor; pues recuérdese que éstos resultan ser algunos de los motivos de mantenimiento que se le dará, La manera de colocar el motor y en la que se estará trabajando con el producto, ejercerán esfuerzos en los apoyos; y como en estos puntos estarán situados los bujes o rodamientos, su adecuada selección, beneficiará para alargar la frecuencia de mantenimiento, así como la vida útil del motor y por consiguiente del producto.

Por lo general, las posiciones vertical y horizontal son las que se han empleado con mayor frecuencia en los diseños (y deberán emplearse, por comodidad para el diseño de los demás mecanismos); salvo algunas excepciones que se han requerido o se vaya a requerir colocarlo de manera inclinada.

30. EXTREMOS DEL EJE UTILES (EEU). Es lo referente al eje del motor en cuanto a sus extremos que se reuerán aprovechar para generar los movimientos necesarios para el funcionamiento mecánico del producto. De acuerdo a lo que se vaya a requerir por lo que se haya diseñado y a lo existente en el mercado; deberá de efectuarse la combinación más adecuada que definirá este aspecto para la selección del motor.

Así, se deberá decidir si se requiere el aprovechamiento de **ambos extremos** o de **uno solo**. Por lo que si se seleccionara el aprovechamiento de ambos extremos, atienda directamente al mercado de motores; pues es más frecuente encontrar motores con un extremo aprovechable ya que su aplicación para los productos se ha generalizado; tal vez será por la razón de que resultarán ser más económicos, pero definitivamente estas serán decisiones sujetas al diseño.

31. ELEMENTOS PARA LA FIJACION (EF). Es todo aquello que se referirá y requerirá para poder efectuar la ubicación y fijación del motor a la parte del diseño donde se requerirá. Para este aspecto, deberá atenderse principalmente la configuración del motor, ya que existirán tanto aquellos que **posean** algún sistema específico de fijación (placas, patas, etc. y a base de tornillos principalmente) y que generalmente cuentan con carcasa; como aquellos que **no posean** ninguno aún cuando cuenten con carcasa.

Cuando el motor posea algún elemento específico para su fijación, evalúese si éste será adecuado en todo sentido para que sea integrado al diseño; en todo caso, selecciónese de entre la variedad disponible en el mercado, aquel cuyo elemento de fijación podría ser el más apropiado. Por lo general, los motores serán suministrados con partes para su fijación colocadas únicamente para soportar el motor por su parte longitudinal o lateral; ya que en su defecto, el motor entonces no contará con elemento alguno (Ver Fig. No. 2.3.14).

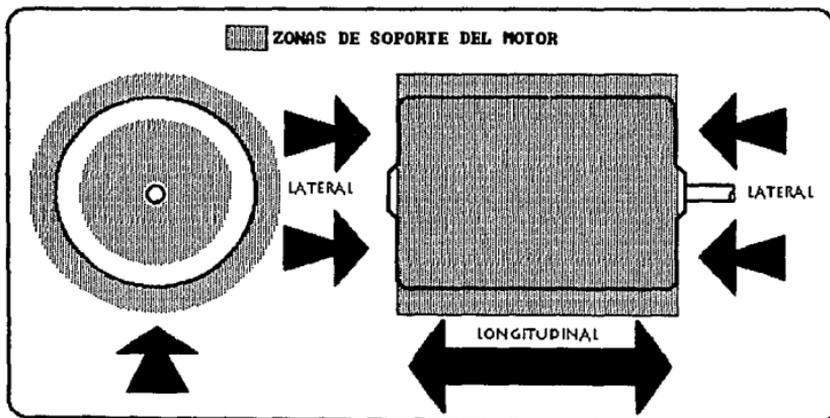


FIG. No. 2.3.14 DISPOSICIONES DE LOS SISTEMAS DE FIJACION QUE PODRAN PRESENTAR LOS MOTORES.

Si fuera el caso de que no contara con elemento alguno, la fijación del motor se podrá adecuar a las condiciones del diseño (lo cual podría ser más apropiado) quedando solo por definir en el diseño, la manera de realizarla e involucrar y/o diseñar todos los elementos necesarios para la fijación.

32. FACILIDAD DE ADQUISICION (FA). Es lo referente a la existencia en el mercado y que será de alguna manera conseguible. La consulta con los distribuidores y fabricantes, deberá determinar del motor lo siguiente:

- a) existe o no en el mercado;
- b) es estandar o especial;
- c) se encuentra o no en existencia;
- d) se consigue o no se consigue y;
- e) es nacional o importado.

a) La existencia o no en el mercado se referirá a la comprobación de la existencia del motor en cuanto a que posea todas las características que se requerirán (pares, velocidad, potencia, protección, ventilación, etc.); así como de que sea uno que maneje algún fabricante o distribuidor (lo que se denomina como 'de línea').

b) Lo estandar o especial se referirá a que el motor será de los más comunes en existencia, así como si está fabricado respetando algunas normas NEMA o del propio fabricante. Por consiguiente, el motor podrá o no ser estandar y preferentemente de línea.

c) Si se encuentra o no en existencia se referirá a la disposición del motor que se presentará en la distribuidora o fábrica, para entregarlo de manera inmediata. En caso de no estar disponible, chéquese si no se tratará de un motor poco demandado o al contrario, pues ésto podría representar ciertos obstáculos para el diseño.

d) En cuanto a que si se consigue o no, se deberá considerar si el motor podrá adquirirse de alguna manera (sabiendo si alguien en especial lo vende o fábrica), o definitivamente el conseguirlo ocasionará otro tipo de operaciones que, repercutirán principalmente en tiempo y dinero.

e) Lo nacional o importado comprenderá si el mercado tanto nacional como extranjero manejan el tipo de motor seleccionado. Resultará lógico que se pretenderá conseguirlo en el mercado nacional, aunque en la mayoría de las veces, este mercado manejará motores importados que si bien se podrán adquirir, deberá de tomarse alguna decisión tomando en cuenta todos los aspectos que esto representa. En situación extrema y si solo se consiguiera en el extranjero, algún distribuidor o fabricante podrá servir de intermediario para adquirirlo, al menos como fuente de información para saber donde conseguirlo. Cabe señalar que muchos motores para productos de Diseño Industrial (MPSF y MPF), se conseguirán de mayor gama en el mercado norteamericano, y aunque resulta en ocasiones más engorroso, lo adecuado que podría resultar para satisfacer las características del diseño y aún así los costos, se pudieran ver favorecidos.

Finalmente, lo anterior en su conjunto hablará de la facilidad con que se podrá adquirir un motor y, por lo tanto, de la pronta viabilidad del diseño.

Para definir este aspecto considérese:

- PAR DE ARRANQUE (2) y (3).
- PAR NOMINAL (8).
- POTENCIA NOMINAL (10).
- VELOCIDAD NOMINAL (9).
- CONTROL DE VELOCIDAD (17).
- SENTIDO DEL MOVIMIENTO (18).
- CAMBIO DEL SENTIDO DEL MOVIMIENTO (19).
- TRANSMISION DEL MOVIMIENTO (20).
- TIPO DE CORRIENTE ELECTRICA (21).
- VOLTAJE DE LA CORRIENTE (22).
- TIPO DE SERVICIO (24).
- TIPO DE VENTILACION (25).
- TIPO DE PROTECCION o CASCARA (26).
- DIMENSIONAMIENTOS (28).
- POSICION DEL MOTOR (29).
- EXTREMOS DEL EJE UTILES (30). (continúa)

- ELEMENTOS PARA LA FIJACION (31).
- COSTO DE ADQUISICION o FABRICACION (33).
- PESO DEL MOTOR (34).
- RUIDO DEL MOTOR (35).
- VIBRACION DEL MOTOR (36).

33. COSTO DE ADQUISICION o COSTO DE FABRICACION (C_{Ad} o C_F). Es lo referente al precio que tendrá el motor en el mercado para adquirirlo.

El costo de un motor depende básicamente de los caballos de potencia, velocidad, tipo de carcasa, tipo de cojinetes y si es un motor estandar o especial. Deberá tomarse en cuenta que los motores de **mayor velocidad, menor potencia y de CA son más económicos**; razón por la cual será siempre más conveniente procurar utilizar motores con estas características y regularlas y/o modificarlas de cualquier otra manera que resulte en definitiva más barato.

En la Figura No. 2.3.15 se podrá apreciar de manera esquemática, la relación del precio de 3 tipos diferentes de motores a igualdad de potencias y velocidades. Los motores representados son los de tipo derivación de CD y los asíncronos de inducción de CA de 4 y 8 polos.

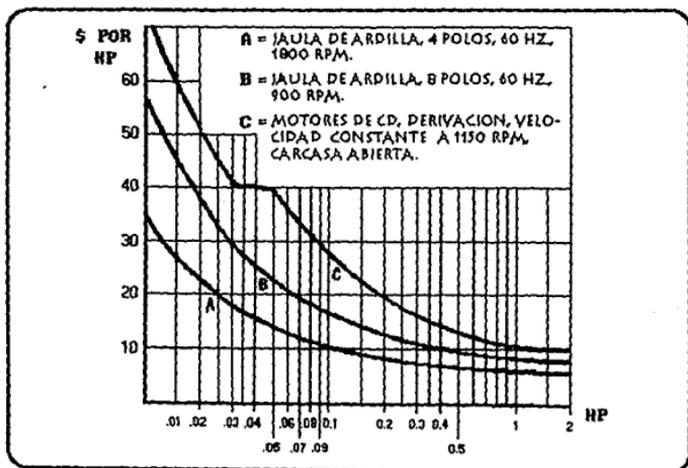


FIG. No. 2.3.15 RELACION ESQUEMATICA DEL PRECIO DE ALGUNOS MOTORES A IGUALDAD DE POTENCIA Y VELOCIDAD.

34. PESO DEL MOTOR (P_{em}). Es lo relativo al peso que representará el motor en el diseño. Deberá considerarse que un motor será más pesado entre más potencia y menos velocidad posea, pues conjuntamente sus dimensiones aumentarán con el aumento y disminución de estos. La razón anterior, determinará que será *más conveniente utilizar motores de menor potencia y mayor velocidad*, ya que al ser más pequeños, reducen significativamente el peso del motor y por consiguiente el del diseño; así como sus costos. Al reducir el tamaño del motor por costos, aparte de que se reducirá el peso, no se deberá olvidar que también se reducirá significativamente el par que proporcionará el motor y por otro lado aumentará también la velocidad; aunque esto, si más bien pareciera desventaja, resultará más conveniente si mediante el empleo de otros mecanismos (cualquier sistema de transmisión o bien un motorreductor) se aumentara el par del motor al necesario y redujera la velocidad a la requerida.

De esta manera, considérese para los casos de requerirse velocidades menores a 700 rpm, el emplear un reductor de velocidad (por engranes o poleas principalmente) resultará ser más ligero y más barato, que si se empleara un motor estandar de la velocidad requerida.

De todas formas, chéquese siempre y de cualquier manera el peso del motor, para que la combinación motor-diseño, cumpla en todo caso y de la mejor manera con los requerimientos ergonómicos que se hayan establecido para el diseño.

En la Figura No. 2.3.16, se muestra esquemáticamente la relación del peso de 4 tipos de motores a igualdad de potencias y velocidades. Los 4 motores representados son los de tipo derivación y compuesto de CD y asíncronos de inducción de CA de 4 y 8 polos.

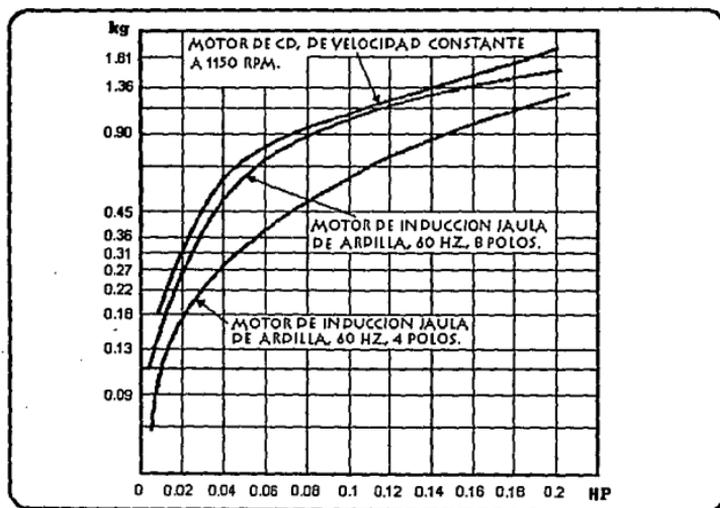


FIG. No. 2.3.16 RELACION ESQUEMATICA DEL PESO DE ALGUNOS MOTORES A IGUALDAD DE POTENCIA Y VELOCIDAD.

35. RUIDO DEL MOTOR (RM). Es lo referente a la intensidad del ruido que generará el motor. Este aspecto es particularmente importante, ya que todo motor generará siempre alguna intensidad de ruido cuando se encuentre en funcionamiento (sin considerar que el movimiento de otros elementos del diseño también siempre producirán alguna intensidad de ruido) y por tal motivo, el aspecto ergonómico del diseño podría quedar desfavorecido.

Al respecto, recuérdese que el nivel de sonido que el oído humano puede soportar es de 120 db (decibelios) máximo y que la frecuencia del sonido para que pueda ser captada, sea de entre 20 y 20 000 Hz (Hertz)¹, y que un sonido mayor al valor de decibelios especificado, generará para el usuario una sensación dolorosa². Por consiguiente, si el factor ruido es de importancia para el diseño, deberá de obtenerse la intensidad del sonido que el motor producirá, ya sea a través del distribuidor o fabricante (que por lo general conocen y proporcionan el dato), o midiéndola con un osciloscopio. Por ejemplo, el ruido

en la carcasa del motor eléctrico de una incubadora para recién nacido, según las normas para equipo médico del IMSS³, no deberá ser mayor a 40 db. En este diseño, se apreciará que la intensidad sonora del motor será definitivamente importante por razones obvias del usuario.

En la Figura No. 2.3.17, se presenta un diagrama que representa la sensibilidad del oído humano para diversas intensidades de sonidos.

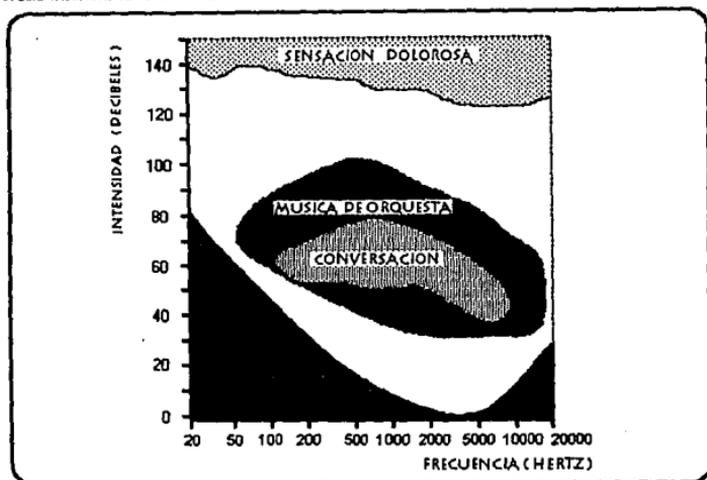


FIG. No. 2.3.17 DIAGRAMA QUE REPRESENTA DIFERENTES INTENSIDADES Y FRECUENCIAS DE SONIDOS. OBSERVESE LA REGION DEL GRAFICO DONDE NO EXISTE PERCEPCION DE SONIDO.

1. En realidad, la intensidad auditiva depende no sólo de la intensidad y la frecuencia del sonido, sino de las facultades auditivas en que se encuentre la persona, la presión atmosférica, tipos de objetos en el entorno y la temperatura; aunque se debe de estimar para el diseño de los productos destinados al público en general, que el usuario se encontrará en condiciones normales en todo aspecto.

2. Pero si se encuentra entre el rango de frecuencia establecido, (20 a 20 000 Hz), de lo contrario, si son de menor o mayor frecuencia que dicho rango, no se captará sonido alguno, ya que quedarán comprendidos en el rango de las ondas infrasónicas y ultrasónicas, respectivamente.

3. Instituto Mexicano del Seguro Social, Norma. Equipo Médico. Incubadoras para recién nacido, uso normal y cuidados intensivos, claves 530.497.0103 y 531.497.2034, junio 1985.

36. VIBRACION DEL MOTOR (VM). Es lo relativo a las vibraciones que se generan en la carcasa del motor cuando se encuentra en funcionamiento. La vibraciones que se percibirán en toda carcasa, se generarán regularmente por la velocidad a la que estará girando el motor; así, un motor de mayor revoluciones vibrará más que uno menor. Al respecto, deberán manejarse en el diseño para reducir la sensación materiales elásticos que amortiguarán dichas vibraciones (amortiguarta y reducirla, mas no para eliminarla, ya que un motor siempre vibrará).

Tabla No. 2.3.2

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES PRODUCTOS EXISTENTES*

PRODUCTO	TIPO DE CORRIENTE ELÉCTRICA	TIPO DE ARRANQUE	TIPO DE PAR **	TIPO DE VELOCIDAD **	TIPO DE CARGA **	TIPO DE SERVICIO **	TIPO DE MOTOR
01. ABRELLATAS	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De polos sombreados
02. ACONDICIONADORES DE AIRE	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Permanente S1	De fase auxiliar
03. ASPIRADORAS CASERAS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Constante	Continuo S6	Universal
04. ASPIRADORAS MANUALES	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero	Variable	Variable	Constante	Continuo S6	De imán permanente
05. AERÓGRAFOS	CA-Monof. o CD-Gen.	A 1/2 carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De imán permanente
06. AFILADORES DE CUCHILLOS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Semiconstante	Constante	Intermitente S4	De polos sombreados
07. APARATOS DE ELEVACIÓN	CD-Gen. y CA-Trifásica	Parado	Variable	Semi o constante	Constante	Intermitente S3	CD-Start o Sincro-Trifásico
08. BATIDORAS FLIAS	CA-Monofásica	Ligero	Constante	Variable	Constante	Intermitente S3	Universal
09. BATIDORAS PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero	Constante	Variable	Constante	Intermitente S3	De imán permanente
10. SOLEADORAS DE ZAPATOS	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Variable	Constante	Corta duración S2	De imán permanente
11. BOMBAS P/AGUA	CA-Monof. o CD-Ac./Gen.	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De fase auxiliar o imán permanente
12. CALEFACTORES	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable-D	Permanente S1	De polos sombreados
13. CÁMARAS DE VIDEOFILMACIÓN	CD-Acumulada	A plena carga	Variable	Variable	Constante	Permanente S1	De imán permanente
14. CÁMARAS DE CINE y FOTOGRAFIA	CD-Acumulada	A plena carga	Variable	Variable	Constante	Permanente S1	De imán permanente
15. CEPILLOS CORPORALES p/BAÑO	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Variable	Constante	Continuo S6	De imán permanente
16. CEPILLOS DENTALES	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero	Variable	Variable	Constante	Continuo S6	De imán permanente
17. COMPACTADORAS DE BASURA	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Variable	Constante	Corta duración S2 y S4	Universal
18. COMPRESORAS DE AIRE	CA-Monofásica	Ligero o a 1/2 carga	Variable	Semiconstante	Variable	Corta duración S2 y S4	De fase dividida (A) o imán permanente
19. COMPUTADORAS (Drives)	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero o a 1/2 carga	Variable	Variable	Constante	Intermitente S3	De imán permanente
20. CONGELADORES	CA-Monofásica	A 1/2 carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De fase auxiliar (A)
21. COPIADORAS	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Variable	Constante	Intermitente S3	De imán permanente
22. CORBATEROS	CD-Acumulada	A plena carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
23. CORTADORAS d/PELO PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
24. CORTADORAS d/PELO PROFES.	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S6	Universal
25. CUCHILLOS ELÉCTRICOS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Constante	Intermitente S3	Universal
26. DERILADORES	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De imán permanente
27. DESARMADORES	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Variable	Variable	Continuo S6	De imán permanente
28. DESHUMIDIFICADORES DE AIRE	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Permanente S1	De fase auxiliar
29. DOSIFICADOR JÓCINTA ADHESIVA	CD-Acum. o CD-Gen.	A 1/2 plena carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De imán permanente
30. EUMINADORAS DE PELUSA	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Variable	Constante	Permanente S1	De imán permanente
31. ENGRAPADORAS	CD-Acum. o CD-Gen.	A 1/2 plena carga	Variable	Variable	Variable	Intermitente S4	De imán permanente
32. EXTRACTORES DE AIRE	CA-Monofásica	Ligero	Variable-Débil	Variable	Variable	Intermitente S3 y S6	De polos sombreados
33. EXTRACTORES DE CÍTRICOS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable	Continuo S6	De polos sombreados
34. EXTRACTORES DE HUMO	CD-Acum. o CD-Gen.	A plena carga	Variable-Débil	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
35. EXTRACTORES DE JUGO	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S6	Universal
36. FRESDORAS MANUALES	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
37. GRABADORAS DE SONIDO	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Semiconstante	Constante	Intermitente S6	De imán permanente
38. HIDROMASAJEADORES	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Semiconstante	Constante	Permanente S1	De imán permanente
39. HORNOS DE MICROONDAS	CA-Monofásica	Ligero o a 1/2 carga	Variable	Variable	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
40. HORNOS TOSTADORES	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Variable	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
41. HUMIDIFICADORES DE AIRE	CA-Monofásica	A 1/2 plena carga	Variable-Débil	Variable	Variable	Intermitente S3	De polos sombreados
42. INCUBADORAS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
43. JUGUETES EN GENERAL	CD-Acum. o CD-Gen.	A plena carga	Variable	Variable	Constante	Ininterumpido S6	De imán permanente
44. LAVADORAS DE ALFOMBRAS	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3	Universal
45. LAVADORAS DE ROPA	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Semiconstante	Variable	Ininterumpido S7	De fase auxiliar

* CARACTERÍSTICAS SUJETAS A LOS TIPOS Y MODELOS DE PRODUCTOS ANALIZADOS (NO ESPECIFICADOS); POR LO QUE PUEDEN VARIAR.

** CONSIDERANDO EL USO DEL PRODUCTO EN DIVERSAS CONDICIONES.

(A) CON CONDENSADOR DE ARRANQUE.

(B) CON CONDENSADOR PERMANENTE.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES PRODUCTOS EXISTENTES* (continuación)

PRODUCTO	TIPO DE CORRIENTE ELÉCTRICA	TIPO DE ARRANQUE	TIPO DE PAR**	TIPO DE VELOCIDAD**	TIPO DE CARGA**	TIPO DE SERVICIO	TIPO DE MOTOR
45. LAVAVAJILLAS	CA-Monofásica	Ligero	Constante	Semiconstante	Variable	Intermitente S3	De fase auxiliar
47. LICUADORAS DE PIE	CA-Monofásica	A 1/2 plena carga	Variable-Fuerte	Variable	Variable	Intermitente S3	Universal
48. LICUADORAS MANUALES	CA-Monofásica	A 1/2 plena carga	Variable-Fuerte	Variable	Variable	Intermitente S3	Universal
49. LICUADORAS MANUALES	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Intermitente S8	Universal
50. MANICURES	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero	Constante	Variable	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
51. MAGNINAS DE COGER CASERAS	CA-Monofásica	Ligero o 1/2 carga	Constante	Variable	Constante	Intermitente S3	Universal
52. MAGNINAS DE COGER PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero o 1/2 carga	Constante	Variable	Constante	Intermitente S3	De imán permanente
53. MAGNINA p/TALLER	CA-Monof. y CA-Trif.	Ligero	Variable	Constante	Variable	Continuo S8	De fase auxiliar
54. MAZAJADORES FIJOS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
55. MAZAJADORES PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
56. MEZCLADORAS DE ALIMENTOS	CA-Monofásica	Ligero o 1/2 carga	Variable-Fuerte	Variable	Variable	Intermitente S3	Universal
57. MOLEDORAS DE CARNE	CA-Monofásica	Ligero o 1/2 carga	Variable	Constante	Variable	Continuo S8	De fase auxiliar (A) o Universal
58. MELADOR DE ALIMENTOS	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S8	De imán permanente
59. PODADORAS DE PASTO	CA-Monofásica	Ligero o 1/2 carga	Variable	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De fase auxiliar o de imán permanente
60. PODADORAS RECORTADORAS	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S8	De imán permanente
61. PORTAGOMAS p/SORBAR	CD-Generada	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S8	Universal o de imán permanente
62. PROCESADORES DE ALIMENTOS	CA-Monofásica	A 1/2 o plena carga	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3 y S8	Universal
63. PROYECTORES DE DIAPOSITIVAS	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De polos sombreados
64. PROYECTORES DE CINE	CA-Monofásica	A 1/2 carga	Variable	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De fase auxiliar
65. PULIDORAS DE PISOS CASERAS	CA-Monofásica	Ligero o 1/2 carga	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3	Universal
66. PURIFICADORES DE AIRE	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
67. RASURADORAS FIJAS	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S8	Universal
68. RASURADORAS PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero	Variable	Variable	Variable	Continuo S8	De imán permanente
69. REFRIGERADORES	CA-Monofásica	Ligero o 1/2 carga	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De fase auxiliar (A)
70. RELOJES	CA-Monofásica	A plena carga	Variable	Constante	Variable	Permanente S1	De polos sombreados sincrotró
71. REPRODUCTORAS DE SONIDO	CD-Acum. o CD-Gen.	A plena carga	Variable	Variable	Variable	Interinterrupto S8	De imán permanente
72. REPRODUCTORAS DE VIDEO	CD-Generada	A plena carga	Variable	Variable	Variable	Interinterrupto S8	De imán permanente
73. ROSTICEROS	CA-Monofásica	A 1/2 o plena carga	Variable	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
74. ROUTERS MANUALES	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Constante	Variable	Continuo S8	Universal
75. SACAPUNTAS	CA-Monofásica	Ligero o pesado	Variable	Semiconstante	Variable	Intermitente S3	De polos sombreados
76. SECADORA d/PELO TIPO CASCO	CA-Monofásica	Ligero	Variable-Débil	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De polos sombreados
77. SECADORA d/PELO PERSONAL	CA-Mono. o CD-Acum.	Ligero	Variable-Débil	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De imán permanente
78. SECADORA d/PELO PROFESIONAL	CA-Monofásica	Ligero	Variable-Débil	Variable	Variable	Permanente S1	Universal
79. SECADORA d/ROPA CENTRIFUGA	CA-Monofásica	Pesado	Variable-Débil	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De fase auxiliar
80. SECADORA d/UNJAS	CD-Acum. o CD-Gen.	Ligero	Variable-Débil	Variable	Variable	Permanente S1	De imán permanente
81. SIERRAS CALADORAS MANUALES	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Constante	Variable	Continuo S8	Universal
82. SIERRAS CIRCULARES MANUALES	CA-Monofásica	Ligero	Variable	Constante	Variable	Continuo S8	Universal
83. SIJLAS DE RUEDAS	CD-Acumulada	Pesado	Variable	Variable	Variable	Intermitente S3	De imán permanente
84. TALADORES MANUALES	CA-Monofásica	Ligero	Constante	Variable	Variable	Continuo S8	Universal
85. TALADORES PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero	Constante	Variable	Constante	Continuo S8	De imán permanente
86. TORNAMESAS	CD-Generada	Ligero o 1/2 carga	Variable	Variable	Variable	Permanente S1	De imán permanente
87. TRANSPORTES EN GENERAL	CD-Acum. o CD-Gen.	Pesado	Variable	Variable	Variable	Intermitente S4	CD-Gen. o de imán permanente
88. TITULADORES DE DESPERDICIOS	CA-Monofásica	Pesado	Variable-Fuerte	Semiconstante	Variable	Intermitente S4	De fase auxiliar
89. VENTILADORES DE PIE	CA-Mono. o CD-Acum.	Ligero	Variable-Débil	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De fase auxiliar (B)
90. VENTILADORES PORTÁTILES	CD-Acumulada	Ligero	Variable-Débil	Semiconstante	Variable	Permanente S1	De imán permanente

* CARACTERÍSTICAS CUJETAS A LOS TIPOS Y MODELOS DE PRODUCTOS ANALIZADOS (NO ESPECIFICADOS), POR LO QUE PUEDEN VARIAR.

** CONSIDERANDO EL USO DEL PRODUCTO EN DIVERSAS CONDICIONES.

(A) CON CONDENSADOR DE ARRANQUE.

(B) CON CONDENSADOR PERMANENTE.

2.4 METODOS DE APOYO PARA LA SELECCION DE MOTORES ELECTRICOS

Los métodos que a continuación se ofrecen, servirán de apoyo en la tarea del diseñador para la selección del motor eléctrico que considere, finalmente, el más apropiado para incluirlo en el diseño.

Estos métodos están basados en la teoría y práctica que la Ingeniería eléctrica y electromecánica maneja cuando se encargan de definir, en un proyecto, el motor eléctrico que sería más conveniente aplicar en determinado diseño.

Se podrá apreciar que los métodos están enfocados a 2 tipos básicos de proyectos que se pueden ejecutar en la disciplina del diseño industrial como son; **el rediseño de productos y el diseño de nuevos productos.**

Entiéndase para este caso que, **el rediseño de un producto** se considerará como aquel trabajo de diseño en donde se efectuarán simplemente, cambios estructurales del producto del tipo ordinal (de orden) cuyas modificaciones internas no afecten el aspecto funcional del producto, y se pueda jugar con el acomodo de los elementos internos, el uso, la ergonomía, los materiales y procesos, la forma del producto, los costos, etc. y; para tal caso, se podría utilizar sin ningún inconveniente el **Método 1.**

Para cuando el trabajo de diseño sea el de crear nuevos productos, será más adecuado emplear el **Método 2** o el **Método 3**; entendiéndose para este caso por **diseño de producto nuevo**, a la creación de un producto que desempeñe, fundamentalmente, funciones diferentes a otros productos ya existentes aunque la forma no varíe. Considérese en todo caso que, cualquier alteración de un aspecto funcional que se pretenda efectuar en el trabajo de un rediseño, deberá considerarse para este caso como un producto nuevo y utilizar los métodos 2 y 3 para seleccionar el motor.

Así entonces, selecciónese cualquiera de los métodos que a continuación se ofrecen según sea el tipo de proyecto que se esté realizando; y que se explican en las secciones subsecuentes.

Método 1. METODO ANALOGICO (para rediseños).

Método 2. METODO TEORICO (para nuevos productos).

Método 3. METODO OPERATIVO (para nuevos productos).

2.4.1 METODO ANALOGICO (para rediseños).

Cuando el nuevo producto se trate de un rediseño como por ejemplo, una licuadora, una regresadora de cassettes, una aspiradora, un sacapuntas eléctrico, una lavadora de ropa o cualquier otro producto semejante a los existentes; este punto queda prácticamente resuelto, pues será más válido proceder de la manera más práctica y rápida, que es el utilizar un motor que se esté empleando para ese tipo de producto.

Para proceder de esta manera, se debe de tomar en cuenta siempre, que los motores que se emplean para los productos existentes han sido calculados básicamente para trabajar bajo las condiciones de funcionamiento establecidas para cada tipo de producto diseñado (los 36 aspectos indicados en la sección 2.3 del capítulo 2), con lo cual, si para el nuevo diseño (rediseño) se han determinado las mismas características que un mismo tipo de producto existente, entonces la dificultad de la selección del motor eléctrico en todos sus aspectos puede quedar resuelta, pues bastará solo adquirirlo para instalarlo de la manera apropiada en el diseño y efectuar las pruebas iniciales.

De esta manera, los pasos de este método pueden quedar establecidos de la manera siguiente:

- 1.** Determinar las condiciones de trabajo a las cuales estará sometido el producto a rediseñar, tratando de definir al menos un 80 o 90 % de los 36 aspectos que se establecieron para la selección de un motor eléctrico, planteados en la sección 2.3 de este texto.
- 2.** Determinar los productos existente en el mercado que correspondan siempre a la misma familia de productos del que forma parte el rediseño (por ejemplo, solo licuadoras, solo aspiradoras, solo secadoras, etc.), los cuales deberán ser básicamente estudiados. El estudio puede quizá representar, si no se cuenta con experiencia, invertir un tanto de tiempo mientras se efectúa fundamentalmente un análisis de productos y de sus diferentes aspectos (los 36 en lo posible) mientras se evalúan los resultados y se obtienen conclusiones.
- 3.** Una vez obtenidos los resultados, se confrontan éstos con los 36 aspectos definidos para el rediseño, y se comparan para saber si estos se asemejan al menos y aproximadamente en un 75% a los obtenidos de los productos existentes.
- 4.** Si las semejanzas se presentaron, se procede a determinar el tipo de motor con que cuenta o cuentan los productos que se asemejaron al del rediseño para su adquisición. En caso de que las semejanzas hayan sido menores al 75% estipulado, se puede proceder a realizar un cambio de familia de productos existentes y ser estudiados posteriormente (pues puede ser indicativo que el rediseño posea características de un producto existente pero que pertenece a otra familia de

productos; como por ejemplo, si se va a realizar el rediseño de un ventilador portátil y las características pudieran ser, por los cambios que se pretendan, las de una secadora de pelo tipo pistola personal). O bien, se puede proceder a considerar 2 o más tipos de productos, los cuales se estime que juntos, son los que representan las características del rediseño; con esto, se deberá de efectuar un estudio más minucioso en donde los resultados que se obtengan doten al diseñador a efectuar una selección del motor basada estadísticamente por repeticiones de aspectos encontrados.

Finalmente, en caso de que no se den las semejanzas o represente ser un trabajo más laborioso de lo esperado, puede determinarse que el rediseño se más claramente un nuevo diseño, pero con un nombre de un producto existente; por lo que se recomienda optar por cualquiera de los 2 métodos que más adelante se plantean, pues tómesese siempre en cuenta que este método puede ser útil para obtener un acercamiento a las características del motor a emplear para cuando se diseñen nuevos productos, mas nunca para su elección.

Considérese como se pudo apreciar en el inciso 2, que este método requerirá obligatoriamente, de un trabajo de definición de características específicas del rediseño efectuado, y de un trabajo de análisis del producto análogo existente, el cual, involucrará forzosa y lógicamente tiempo en cuanto a lograr obtener los datos necesarios; pero esto no representará un obstáculo para la selección final si se toma en cuenta que se irá adquiriendo conocimiento y destreza para realizar dicho trabajo.

2.4.2 METODO TEORICO (para nuevos productos).

Cuando se trate de un diseño completamente diferente a cualquier producto conocido, el procedimiento de selección de un motor puede realizarse definiendo los aspectos considerados en la sección 2.3 y, procediendo de acuerdo al metodo que a continuación se propone y explica:

1. Definir todos los movimientos que se consideren necesarios para el producto diseñado.

Los movimientos que deberá realizar el diseño global, los sistemas, partes o elementos del mismo diseño, deberán de definirse lo más completamente posible, debiéndose preferentemente clasificar como:

- ① Movimientos de translación o desplazamiento (lineales, circulares o combinados).
- ② Movimientos de elevación (directa, como ascensor, de un fluido).
- ③ Movimientos de rotación o giratorios (sobre uno o más ejes).
- ④ Movimientos combinados (mezcla de los dos anteriores).

Una vez definidos de esta manera los movimientos, se deberán determinar claramente cuales serán producidos por un motor eléctrico y cuales no (ya sea que aquellos que no realice el motor eléctrico, puedan ser generados en forma manual por un usuario o por una fuente motriz de otro tipo), ya que lo que se defina de esto será determinante para los cálculos y la elección del motor.

2. Una vez que se definió o definieron los movimientos, se deberá de especificar la **velocidad final** expresada en *m/s* , a la que se requiere o se desea mover cada uno de los elementos o sistemas existentes en el diseño, además de que se debe especificar para cada velocidad definida, el **tiempo** en el cual se requiere o se desea alcanzar dicha velocidad (si no se requiere un tiempo específico, éste será de 1). Exprese el tiempo en *segundos*.

3. Especificar en *kg*. la cantidad de **carga** que se moverá. La carga o cargas a mover deberán estar completamente definidas bajo la consideración de los requerimientos planteados para el diseño.

Las cargas quedarán especificadas si se toman en cuenta los siguientes aspectos:

1. Peso de la carga que se adicionará al diseño y que se requiere mover (usuarios, animales u objetos extras).

2. Peso total del propio sistema diseñado, y que en su caso, también debiera moverse.

Es probable que las cargas que se adicionarán al diseño y que éste debe mover puedan ser definidas más fácilmente, debido a que se puede saber con más facilidad todo aquello que se requiere mover con el diseño o sistema diseñado. Por otro lado, el peso del propio sistema o producto diseñado no será tan fácilmente especificado, debido a que se trata del peso del diseño aún no existente.

En este sentido, el peso del propio diseño puede definirse de acuerdo a una estimación del mismo diseñador en donde considere básicamente lo siguiente:

⇒ El uso que se le dará al diseño o sistema diseñado. Este aspecto puede proporcionar una estimación del peso del diseño, si posee por ejemplo un enfoque ergonómico, en el cual se contemplen los esfuerzos máximos y mínimos que los usuarios pueden desarrollar y/o se requiere que desarrollen. De esta manera, se pudiera definir por ejemplo, que un usuario "x", de acuerdo a sus características ergonómicas, no debiera mover una carga mayor de "y" kilogramos; de esta manera, se puede obtener una estimación del peso total que pudiera tener el propio diseño y manejar el dato para futuras consideraciones.

⇒ Otra situación, donde quizá el factor ergonomía no se involucra directamente para poder definir el propio peso del diseño o sistema (ya que tal vez su peso puede ser cualquiera), el peso puede estimarse de acuerdo a una consideración de tipo material. Esto se refiere a que podría presentarse el caso de tener definidos los materiales a emplear en el diseño, así como una aproximación o al menos una noción de las cantidades que se requerirán para fabricar el diseño; en este sentido, la cuantificación de materiales aproximada puede ofrecer una estimación del peso total, requiriéndose únicamente como dato fundamental el peso por unidad de material a emplear, así como la elaboración de una serie de cálculos volumétricos estimados los cuales ofrezcan la estimación cuantificada.

⇒ Una última manera de poder estimar el peso total de un diseño es, realizar una evaluación comparativa. Esto es, realizar una analogía que consista en la comparación con un producto del mercado, que en lo posible, sea lo más parecido al que se está diseñando; con cualidades y características semejantes tales como tamaño, materiales y funciones principalmente. Obteniendo el peso de este producto análogo, se podrá contar de esta manera con una noción útil, práctica y rápida sobre cual podría ser el peso total a considerar.

4. Definir las más notables fuerzas de fricción que intervengan al diseño.

Para esto, deben especificarse las zonas en donde los rozamientos se consideren más sobresalientes, notables, y que puedan "frenar" los movimientos que realizará el diseño. Entre las más importantes a vencer por el motor se deberán considerar:

- A) La fricción entre los elementos que estarán rodando (*Fricción Rodante*);
- B) La fricción que se dará entre aquellos elementos estáticos que empezarán a moverse por deslizamiento (*Fricción Estática*) y;
- C) La fricción de los elementos que, una vez en movimiento deslizante, continuarán en rozamiento (*Fricción Dinámica*).

De esta manera, el factor fricción a tomar en cuenta para los cálculos de la selección del motor, irá de acuerdo a la manera en que estarán friccionando los elementos en movimiento (rodamiento o deslizamiento) y a los tipos de materiales que vayan a estar en contacto; por lo tanto, es determinante que el diseñador deba definir:

1. Las zonas de rozamiento.
2. La manera de friccionarse entre los elementos: **Rodamiento y Deslizamiento.**
3. Los materiales de los elementos que estarán en contacto.

Una vez hecho esto, para los cálculos se deberán seleccionar los valores llamados coeficientes de fricción o rozamiento (μ), de acuerdo a las siguientes tablas (*Tabla No. 2.4.2.1, 2.4.2.2 y 2.4.2.3*);

TABLA No. 2.4.2.1 COEFICIENTES DE FRICCIÓN ESTÁTICA (μ_e)*

MATERIALES EN ROZAMIENTO ** :	Deslizamiento entre superficies:		
	SECAS	CON AGUA	CON ACEITE
Acero con Acero	0.12 - 0.60	0.30	0.10 - 0.35
Acero con Bronce	0.19 - 0.20	-----	0.10
Acero con Fundición gris	0.20 - 0.33	0.10	-----
Acero con Hielo	0.027	-----	-----
Acero con Madera	0.45 - 0.75	0.65	0.11
Acero con Plástico	0.20 - 0.45	-----	0.18 - 0.35
Banda de plástico con Acero	0.25 - 0.45	-----	-----
Bronce con Bronce	-----	-----	0.11
Cuero con Fundición gris	0.20 - 0.60	0.36 - 0.50	0.12
Cuero con Madera	0.47 - 0.60	-----	0.25 - 0.30
Cuero con Metales en general	0.40 - 0.60	0.62	0.25 - 0.30
Fundición gris con Fundición gris	0.10 - 0.15	-----	0.16
Fundición gris con Madera	0.30 - 0.50	-----	-----
Fundición gris con Papel	0.15 - 0.20	-----	-----
Hule con Madera	0.60 - 0.80	-----	-----
Hule con Metal	0.60 - 0.80	-----	-----
Madera con Cuerda	0.40 - 0.50	-----	0.35 - 0.40
Madera con Madera	0.36 - 0.65	0.25 - 0.70	0.11 - 0.20
Madera con Metales en general	0.40 - 0.60	0.24	0.10 - 0.16
Metal con Cuerda	0.40 - 0.50	-----	0.35 - 0.40
Metal con Metal	0.20 - 0.30	0.30	0.07 - 0.16

*NO POSEEN UNIDADES.

**CONSIDERENSE SOLO LOS MATERIALES POR SU NOMBRE GENERICO.

TABLA No. 2.4.2.2 COEFICIENTES DE FRICCION DINAMICA (μ_d)*

MATERIALES EN ROZAMIENTO ** :	Deslizamiento entre superficies:		
	SECAS	CON AGUA	CON ACEITE
Acero con Acero	0.08 - 0.50	—————	0.04 - 0.25
Acero con Bronce	0.16 - 0.18	—————	0.05 - 0.07
Acero con Fundición gris	0.16 - 0.18	—————	0.05
Acero con Hielo	0.014	—————	—————
Acero con Madera	0.30 - 0.60	0.08 - 0.24	0.06 - 0.26
Acero con Plástico	0.20 - 0.45	—————	0.18 - 0.35
Banda de plástico con Acero	0.25	—————	—————
Bronce con Bronce	0.20	0.10	0.06
Bronce con Fundición gris	0.18	—————	0.08
Cuero con Fundición gris	0.20 - 0.40	0.12 - 0.40	0.20 - 0.38
Cuero con Madera	0.25 - 0.40	—————	0.20 - 0.25
Cuero con Metal en general	0.25 - 0.40	0.36	0.12 - 0.25
Fundición gris con Fundición gris	0.10 - 0.15	0.31	0.10
Fundición gris con Madera	0.30 - 0.50	—————	—————
Fundición gris con Papel	0.15 - 0.20	—————	—————
Hule con Asfalto	0.50	0.30	0.20
Hule con Concreto	0.60	0.50	0.30
Hule con Madera	0.50 - 0.60	—————	—————
Hule con Metal	0.50 - 0.60	—————	—————
Madera con Cuerda	0.30 - 0.40	—————	0.30 - 0.35
Madera con Madera	0.20 - 0.50	0.25	0.04 - 0.16
Madera con Metales en general	0.27 - 0.40	0.24	0.06 - 0.10
Metal con Cuerda	0.30 - 0.40	—————	0.30 - 0.35
Metal con Metal	0.15 - 0.20	0.30	0.05 - 0.13

* NO POSEEN UNIDADES.

** CONSIDERENSE SOLO LOS MATERIALES POR SU NOMBRE GENERICO.

TABLA No. 2.4.2.3 COEFICIENTES DE FRICCIÓN RODANTE (μ_r)

MATERIALES EN ROZAMIENTO * :	Coefficientes en metros (m).
Acero con Acero (duros: baleros)	0.000 01 - 0.000 5
Acero con Acero (suaves)	0.000 05
Acero con Goma dura	0.007
Acero con Madera	0.001 2
Acero con Plástico	0.002
Hule con Asfalto	0.000 1
Hule con Concreto	0.000 15
Hule duro con Hormigón	0.010 - 0.020
Hule semi-duro con Hormigón	0.015 - 0.035
Llanta con piso Adoquinado (adoquín grande)	0.009
Llanta con piso Adoquinado (adoquín pequeño)	0.012
Llanta con piso de Madera Verde	0.005
Llanta con piso de Lámina Metálica	0.002 7
Llanta con Vía de Ferrocarril	0.000 5
Llanta con piso Empedrado (de piedra laja)	0.020
Llanta con piso Empedrado (de piedra redonda)	0.030
Madera con Madera	0.000 5 - 0.000 8
Plástico con Hormigón	0.005

* CONSIDERENSE SOLO LOS MATERIALES POR SU NOMBRE GENÉRICO.

Cabe señalar que los valores de los coeficientes de fricción seleccionados, proporcionan un gran acercamiento en la definición de las fuerzas de resistencia al movimiento; por otro lado, deben tomarse estas fuerzas como una mera consideración aproximada de dichas fuerzas, ya que para este momento, el diseño aún no está concluido en su totalidad (carece aún del sistema motriz, del sistema de transmisión de movimiento y del sistema de unión de elementos mecánicos); por consiguiente, algunas fuerzas de fricción quedarán sin tomarse en cuenta, pero esto no afectará a la selección del motor, ya que el rozamiento que existirá entre los elementos de estos sistemas aún no diseñados no es relevante, pues ya se consideraron los que notablemente pueden ofrecer resistencia al movimiento, que son los que abarcan zonas de fricción fácilmente detectables en el diseño.

5. Definir el tipo general de motor que se requiere y, de acuerdo a esto, poder especificar la

eficiencia (η) del motor que se tomará en cuenta para el diseño. Es recomendable consultar el capítulo 1 para cerciorarse del tipo general de motor que se seleccionará.

Cuando se tenga definido el tipo general de motor, se deberá seleccionar el valor de la eficiencia de éste, de acuerdo a la siguiente tabla (*Tabla No. 2.4.2.4*):

TABLA No. 2.4.2.4 TIPO GENERAL DE MOTOR Y SU EFICIENCIA

TIPO DE MOTOR A EMPLEAR		EFICIENCIA (η)
Fuerza humana como fuente motriz.		0.0078 (00.78 %)
Motores de CA (Asíncronos).	En general.	0.85 (85 %)
Motores de CA (Síncronos).	En general.	0.91 (91 %)
Motores de CD y Universales.	En general.	0.83 (83 %)
Motores de CA-Monofásicos. (Asíncronos)	De fase auxiliar de propósito general.	0.62-0.67 (62 - 67%)
	De fase auxiliar de par motor elevado.	0.48-0.61 (48 - 61%)
	De fase auxiliar con condensador de arranque.	0.55-0.65 (55 - 65%)
	De fase auxiliar con condensador permanente.	0.55-0.65 (55 - 65%)
	De fase auxiliar con condensador de valor doble.	0.55-0.65 (55 - 65%)
	De polos sombreados.	0.30-0.40 (30 - 40%)
	De arranque por repulsión-marcha por inducción.	0.55-0.65 (55 - 65%)
Motores de CA-Trifásicos. (Asíncronos)	NEMA Clase A.	0.87-0.89 (87 - 89%)
	NEMA Clase B.	0.87-0.89 (87 - 89%)
	NEMA Clase C.	0.82-0.84 (82 - 84%)
	NEMA Clase D.	< 0.82 (< 82%)
	NEMA Clase E y F.	0.87-0.89 (87 - 89%)
	De rotor devanado.	0.87-0.89 (87 - 89%)
(Síncronos)	De propósito general.	-----
	De velocidad elevada.	0.92-0.96 (92 - 96%)
	De velocidad baja.	0.92-0.96 (92 - 96%)
Motores de CD	Serie.	0.40-0.60 (40 - 60%)
	Paralelo.	0.80-0.90 (80 - 90%)
	Compuesto.	0.50-0.85 (50 - 85%)
	De imán permanente.	0.50-0.90 (50 - 90%)

6. De acuerdo a lo que se haya especificado en el inciso 1 y en el caso de que el diseño vaya a realizar movimientos de elevación de carga, los cálculos para estos movimientos para definir la potencia del motor a emplear, podrán empezar a realizarse definiendo como último dato un **Factor de Servicio (FS)** o factor para el par máximo que deberá aplicarse al cálculo (ver pág. 63 inciso 13). Dicho factor se deberá seleccionar de acuerdo al tipo de diseño realizado y al tipo de motor que se pretende utilizar. Para la obtención de este factor, consúltese la siguiente tabla (*Tabla No. 2.4.2.5*):

TABLA No. 2.4.2.5

FACTORES DE SERVICIO (FS) DE ACUERDO AL TIPO DE MOTOR ELECTRICO

TIPO DE MOTOR		(FS)
Motores de CA-Monofásicos. (Asíncronos)	De fase auxiliar de propósito general.	1.85 - 2.50
	De fase auxiliar de par motor elevado.	3.50
	De fase auxiliar con condensador de arranque.	4.00
	De fase auxiliar con condensador permanente.	2.25 - 2.60
	De fase auxiliar con condensador de valor doble.	2.60
	De polos sombreados.	1.50
	De arranque por repulsión-marcha por inducción.	2.75
Motores de CA-Trifásicos. (Asíncronos)	NEMA Clase A.	2.00 - 2.50
	NEMA Clase B	1.00 - 2.50
	NEMA Clase C	< 2.00
	NEMA Clase D	2.50 - 3.50
	NEMA Clase E y F	> 1.50
	De rotor devanado.	2.00 - 2.50
(Síncronos)	De propósito general.	1.50 - 2.50
	De velocidad elevada.	1.50 - 2.00
	De velocidad baja.	1.40 - 2.00
Motores Universales	En general.	4.00
Motores de CD	Serie.	4.00 - 5.00
	Paralelo.	4.00
	Compuesto.	4.50
	De imán permanente.	4.00

Una vez seleccionado el factor de servicio, se podrá proceder a la realización de los cálculos correspondientes para la obtención de la potencia necesaria que podrá tener el motor. Si el diseño es principalmente para girar o elevar cargas, procédase a la realización de los cálculos consultando las fórmulas # 8 y # 9 (potencia para giros) y de la # 10 a la # 18 (potencia para diferentes elevaciones de cargas), que se encuentran al final de este método, apoyándose si es conveniente con las fórmulas subsiguientes y, en su defecto, compléntese el cómo proceder atendiendo el ejemplo del capítulo 3 *Ejemplo de aplicación en Diseño Industrial.*

7. En el caso de que el diseño realice movimientos de desplazamiento horizontal y de acuerdo a lo especificado en el inciso 1, considérense y obténgase finalmente los siguientes datos:

① Un coeficiente de las masas de las piezas en rotación : $\beta = 1.10$ a 1.20 (Sin unidades). Este coeficiente es un número que afecta a la carga del diseño y por consiguiente a la potencia que se debiera aplicar. Selecciónese de manera holgada para el cálculo el valor de 1.20 .

② El número de veces (N^+) en que el par nominal de un motor se eleva cuando arranca. Estos valores van desde 0.4 hasta 5 veces (40 a 500% el par nominal), de acuerdo al tipo de motor que se pretenda utilizar. Considérense para este dato, el valor menor de la siguiente tabla (*Tabla No. 2.4.2.6*) de acuerdo al tipo de motor tentativamente seleccionado:

TABLA No. 2.4.2.6 INCREMENTO DE LOS PARES NOMINALES AL ARRANCAR

TIPO DE MOTOR		EL PAR NOMINAL AUMENTA : (veces)
Motores de CA-Monofásicos. (Asíncronos)	De fase auxiliar de propósito general.	0.90 - 2.00
	De fase auxiliar de par motor elevado.	2.00 - 2.75
	De fase auxiliar con condensador de arranque.	Hasta 4.35
	De fase auxiliar con condensador permanente.	0.80 - 2.00
	De fase auxiliar con condensador de valor doble.	3.80
	De polos sombreados.	0.50
	De arranque por repulsión-marcha por inducción.	3.50 - 5.00
(De colector)	Tipo serie.	2.50 - 3.00
Motores de CA-Trifásicos. (Asíncronos)	NEMA Clase A.	1.05 - 1.50
	NEMA Clase B	> 1.05
	NEMA Clase C	2.00 - 2.50
	NEMA Clase D	2.50 - 3.50
	NEMA Clase E y F	> 0.5 y < 1.0
	De rotor devanado.	Hasta 3.00
(Síncronos)	De propósito general.	0.85 - 1.25
	De velocidad elevada.	0.85 - 1.25
	De velocidad baja.	0.40
Motores de CD	Serie.	2.50 - 5.00
	Paralelo.	2.00 - 2.50
	Compuesto.	4.00
	De imán permanente	2.00 - 5.00

③ La fuerza de tracción total para vencer las resistencias al deslizamiento y a la rodadura en cada apoyo rodante (F_T). Para conocer este dato, se deberán tomar en cuenta los siguientes datos:

A) El coeficiente de fricción estática y rodante (μ_e y μ_r); cuyos valores se obtienen de las tablas No. 2.4.2.1 y 2.4.2.3; y que depende de los materiales que entran en contacto.

B) Súmense los valores correspondientes a los aspectos ① y ② del inciso 3 de este método, correspondientes a las cargas adicionadas al diseño y que requieren moverse, así como a la carga o peso total del propio diseño; una vez hecha esta suma (peso o carga total G), se deberá dividir dicha cantidad entre el número de apoyos rodantes (N_A) que intervienen en el diseño. Con esto, se obtendrá la carga o el peso existente en cada apoyo rodante (P_A) que, para conocer su valor, con la fórmula # 45 de entre las que se ofrecen al final de esta sección (págs. 105 en adelante) se obtiene:

$$45. \quad P_A = \frac{G}{N_A} \quad (\text{cuide que las unidades en que se expresa la carga o peso sean en kg.})$$

C) Defínase los diámetros (D y d) de los elementos rodantes expresándolos en m . En el caso de manejarse diámetros de diversas dimensiones, solamente establezca con claridad en el diseño donde esta situado cada uno.

8. Obténgase el cálculo de la potencia que se requiere para el diseño (consúltase las fórmulas de las págs. 105 en adelante apoyándose si es conveniente, con el procedimiento del ejemplo del capítulo 3 *Ejemplo de aplicación en Diseño Industrial*).

Una vez obtenidos los datos anteriores, se obtendrá 1° el valor de la fuerza de tracción total y en cada apoyo rodante (F_T) en base a la fórmula # 40 (págs. 105).

Se realiza en 2° lugar los cálculos correspondientes para la obtención de los pares existentes y, posteriormente, se efectúa el cálculo de la potencia necesaria que podría tener el motor. Se trabaja finalmente con la velocidad; su reducción (si es el caso) y se realizan los cálculos finales para dejar establecido el par, la fuerza, la velocidad y la potencia que finalmente podría tener el motor.

Finalmente, realizando lo más adecuadamente posible los 8 incisos anteriores, el trabajo de la elección de un motor eléctrico se traduce a la realización de una actividad meramente comercial, donde se deberá ahora consultar en el mercado, la existencia de los tipos y características de motores eléctricos que manejan los diversos distribuidores, para seleccionar el más adecuado y conveniente para el diseño. Es muy recomendable definir los 36 incisos planteados en la sección 2.3, pues ayudará a clarificar y ampliar el criterio de selección.

Tómese en consideración, que si aún no se consulta el mercado, todo el procedimiento anterior servirá como base para futuros criterios de selección y ayudar a tomar decisiones en el diseño. En el caso de que ya se haya consultado el mercado, considérese entonces que ciertos datos ofrecidos con anterioridad y tomados en cuenta para el procedimiento de elección, pueden variar de acuerdo a la información proporcionada por el distribuidor a través de sus catálogos o folletos que incluyan información técnica al respecto; y en su defecto se recomienda, si así se desea, rehacer los cálculos manejando los datos del distribuidor (consúltese el Anexo A: *Directorio de fabricantes y distribuidores*).

FORMULAS PARA CALCULOS DE POTENCIAS

POTENCIA DE UN MOTOR PARA DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL DE OBJETOS

$$1. \quad P = \frac{G \cdot v \cdot \mu_d}{44\,742.5 \cdot \eta}$$

$$(G_1 + G_2) \mu_r \cdot v_1 \cdot 0.013$$

$$2. \quad P_M = \frac{\quad}{\eta}$$

$$(G_1 + G_2) v_1^2 \cdot \beta \cdot 0.00134$$

$$3. \quad P_A = \frac{\quad}{t \cdot \eta}$$

$$P_M + P_A$$

$$4. \quad P_N = \frac{\quad}{N^+}$$

$$G \cdot v \cdot \mu_b \cdot 0.000\,02235$$

$$5. \quad P = \frac{\quad}{\eta}$$

$$6. \quad P_M = \chi F_T \cdot v_1 \cdot 0.00134 \cdot \eta$$

$$7. \quad P_A \cong P_M \cdot N^+$$

P = Potencia durante el movimiento (HP).

G = Peso total a mover (N).

v = velocidad del desplazamiento (m/min).

μ_d = Coeficiente de fricción dinámica (ver tabla No. 2.4.2.2).

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

v_1 = velocidad del desplazamiento (m/s).

P_M = Potencia para el Movimiento (HP).

G_1 = Peso de propio diseño (kg).

G_2 = Carga total a mover (kg).

μ_r = Coeficiente de fricción rodante (ver tabla No. 2.4.2.3).

P_A = Potencia para el Arranque (HP).

β = Coeficiente de masas en rotación (1.2).

g = gravedad (9.81 m/s²).

t = tiempo en alcanzar la velocidad final (s).

P_N = Potencia nominal (HP).

N^+ = Veces en que el par nominal de un motor se eleva cuando arranca (ver tabla No. 2.4.2.6).

F_T = Fuerza de tracción en cada apoyo rodante (N).

χ = Número de apoyos rodantes (ruedas).

POTENCIA DE UN MOTOR PARA GIROS

$$2. \quad P = \frac{M \cdot n \cdot 0.00014}{\eta}$$

P = Potencia mínima (HP).

M = Par de giro (N · m).

n = RPM.

$$9. \quad P = \frac{M \cdot n}{7124.3 \cdot \eta}$$

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

POTENCIA DE UN MOTOR PARA ELEVACION DE OBJETOS

$$10. \quad P = \frac{F \cdot v}{746 \cdot \eta}$$

$$10a. \quad F = m \cdot g$$

P = Potencia mínima (HP).
F = Fuerza resistente al movimiento (N).

v = velocidad deseada (m/s).
m = masa del cuerpo ('peso') (kg).
g = gravedad (9.81 m/s²).

$$11. \quad P_M = \frac{G \cdot v \cdot 0.013}{\eta}$$

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

P_M = Potencia a velocidad deseada (HP).

G = Carga total a elevar (kg).

P_N = Potencia Nominal (HP).

$$12. \quad P_N = P_M \cdot f_s$$

f_s = factor de servicio del motor (ver tabla 2.4.2.5)

POTENCIA DE UN MOTOR PARA ELEVACION DE AGUA

$$13. \quad P = \frac{Q \cdot h \cdot 13.13}{\eta}$$

P = Potencia (HP).
Q = Cantidad de agua (caudal) (m³/s).
h = Altura de la elevación (m).

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

POTENCIA DE UN MOTOR PARA ELEVACION DE SUSTANCIAS (BOMBAS PARA DIVERSAS SUSTANCIAS)

$$14. \quad P = \frac{Q \cdot d \cdot h \cdot 1.34}{\eta}$$

P = Potencia (HP).
Q = Cantidad de sustancia (caudal) (m³/s).
d = peso específico de la sustancia (N/dm³).
h = Altura de la elevación (m).

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

POTENCIA DE UN MOTOR PARA ELEVACION DE OBJETOS (MONTACARGAS Y ASCENSORES)

$$16. \quad P = \frac{F \cdot v}{746 \cdot \eta}$$

P = Potencia (HP).
F = Fuerza resistente al movimiento (N).
v = velocidad del desplazamiento (m/s).
η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

$$18. \quad P = \frac{F \cdot v \cdot 0.00134}{\eta}$$

En ascensores y montacargas, el peso de la cabina y la mitad de la carga útil queda compensado por el contrapeso.¹

POTENCIA DE UN MOTOR PARA VENTILADORES

$$17. \quad P = \frac{Q \cdot p \cdot 0.013}{\eta}$$

P = Potencia (HP).
Q = Cantidad de aire (caudal) (m³/s).
p = presión c.d.a. (columna de agua) (mm).
η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

POTENCIA DE UN MOTOR PARA BANDA TRANSPORTADORA HORIZONTAL

$$12. \quad P = M \cdot n \cdot 0.00137$$

P = Potencia mínima (HP).
M = Par de giro (kg · m).
n = número de RPM.

POTENCIA ABSORBIDA POR UN MOTOR TRIFASICO

$$19. \quad P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

P_a = Potencia absorbida por el motor (W).

U = Tensión de la línea (Voltaje) (V).*
I = Intensidad de corriente absorbida por el motor (A).**

$$20. \quad P_a' = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot 0.00134$$

P_a' = Potencia absorbida por el motor (HP).

cos φ = Factor de potencia del motor.

¹ MOTORES ELECTRICOS, APLICACION INDUSTRIAL. J. Roldán Vilorta, Ed. Paraninfo, España 1992, p. 100.

* EN MEXICO FLUCTUA DE 110 A 127 VOLTS.

** ES LA CORRIENTE QUE CONSUME EL MOTOR Y VIENE INDICADA EN LA PLACA O TABLA DE ESPECIFICACIONES DE ÉSTE.

POTENCIA ÚTIL O DESARROLLADA POR UN MOTOR TRIFÁSICO

$$21. \quad P_u = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta$$

P_u = Potencia útil o nominal del motor (W).

U = Tensión de la línea (Voltaje) (V).*

I = Intensidad de corriente absorbida por el motor (A).**

$$\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta$$

$$22. \quad P_u' = \frac{\quad}{746}$$

P_u' = Potencia útil o nominal del motor (HP).

$\cos \phi$ = Factor de potencia del motor.

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver *table No. 2.4.2.4*).

POTENCIA ABSORBIDA POR UN MOTOR MONOFÁSICO DE CA

$$23. \quad P_a = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

P_a = Potencia absorbida por el motor (W).

U = Tensión de la línea (Voltaje) (V).*

I = Intensidad de corriente absorbida (A).**

$$24. \quad P_a' = U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot 0.00134$$

P_a' = Potencia absorbida por el motor (HP).

$\cos \phi$ = Factor de potencia del motor.

POTENCIA ÚTIL O DESARROLLADA POR UN MOTOR MONOFÁSICO DE CA

$$25. \quad P_u = U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta$$

P_u = Potencia útil o nominal del motor (W).

U = Tensión de la línea (Voltaje) (V).*

I = Intensidad de corriente absorbida (A).**

$$26. \quad P_u' = U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta \cdot 0.00134$$

P_u' = Potencia útil o nominal del motor (HP).

$\cos \phi$ = Factor de potencia del motor.

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver *table No. 2.4.2.4*).

* EN MÉXICO FLUCTUA DE 110 A 127 VOLTS.

** ES LA CORRIENTE QUE CONSUME EL MOTOR Y VIENE INDICADA EN LA PLACA O TABLA DE ESPECIFICACIONES DE ÉSTE.

POTENCIA ABSORBIDA POR UN MOTOR DE CD

27. $P_a = U \cdot I$

 P_a = Potencia absorbida por el motor (W). U = Tensión de la línea (Voltaje) (V).* I = Intensidad de corriente absorbida (A).**

28. $P_a' = U \cdot I \cdot 0.00134$

 P_a' = Potencia absorbida por el motor (HP).

POTENCIA UTIL O DESARROLLADA POR UN MOTOR DE CD

29. $P_u = U \cdot I \cdot \eta$

 P_u = Potencia útil o nominal del motor (W). U = Tensión de la línea (Voltaje) (V).* I = Intensidad de corriente absorbida (A).**

30. $P_u' = U \cdot I \cdot \eta \cdot 0.00134$

 η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver

table No. 2.4.2.4).

 P_u' = Potencia útil o nominal del motor (HP).

FORMULAS PARA CALCULOS DE MOMENTOS O PARES

MOMENTO O PAR UTIL QUE SE TRANSMITE EN EL EJE DE UN MOTOR (PAR RESISTENTE QUE PUEDE VENCER)

31. $M_u = 9.55 \frac{P_u}{n}$

 M_u = Par útil o nominal del motor (N · m). M_u' = Par útil o nominal del motor (kg · m) P_u = Potencia útil del motor (W).

32. $M_u = 7123.7 \frac{P_u'}{n}$

 P_u' = Potencia útil del motor (HP). P_u'' = Potencia útil del motor (CV). n = velocidad del eje (RPM). n' = velocidad del eje (RPS).

33. $M_u = 118.73 \frac{P_u'}{n'}$

* EN MEXICO FLUCTUA DE 110 A 127 VOLTS.

** ES LA CORRIENTE QUE CONSUME EL MOTOR Y VIENE INDICADA EN LA PLACA O TABLA DE ESPECIFICACIONES DE ÉSTE.

$$34. \quad M_u = 7017 \frac{P_u''}{n}$$

$$35. \quad M_u' = 0.974 \frac{P_u}{n}$$

$$36. \quad M_u' = 716 \frac{P_u''}{n}$$

M_u = Par útil o nominal del motor (N · m).

M_u' = Par útil o nominal del motor (kg · m)

P_u = Potencia útil del motor (W).

P_u'' = Potencia útil del motor (CV).

n = velocidad del eje (RPM).

FORMULAS PARA CALCULOS DE FUERZAS

FUERZA NECESARIA PARA DESPLAZAMIENTO VERTICAL, HORIZONTAL O INCLINADO (EN GENERAL)

$$37. \quad F = m \cdot g$$

F = Fuerza sin rozamiento (N).

F_1 = Fuerza con rozamiento (N).

F_2 = Fuerza con rozamiento e inclinación (N)

$$38. \quad F_1 = \mu_e \cdot m \cdot g$$

m = masa (kg).

g = gravedad (9.81 m/s²).

$$39. \quad F_1 = m \cdot g (\mu_e \cdot \cos \phi \cdot \sin \phi)$$

μ_e = coeficiente de fricción estático.

ϕ = Angulo de inclinación.

FUERZA DE TRACCION MOTRIZ NECESARIA PARA DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL

$$40. \quad F_T = m \cdot g \left[\frac{2}{D} \left(\mu_d \cdot \frac{d}{2} + \mu_r \right) + K \right]$$

F_T = Fuerza de tracción (N).

m = masa (kg).

g = gravedad (9.81 m/s²).

D = Diámetro de las ruedas del diseño (m).

μ_d = Coeficiente de fricción dinámica.

d = Diámetro del eje de las ruedas (m).

μ_r = Coeficiente de fricción rodante (m').

K = Coeficiente de fricción dinámico (cualquier otro que exista).

FUERZA DE TRACCION MOTRIZ NECESARIA PARA VENCER LAS RESISTENCIAS A LA RODADURA Y AL DESLIZAMIENTO EN UN DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL

41. $X F_T = X (F_D + F_R)$

F_T = Fuerza de tracción en cada apoyo rodante (kgf).

$X F_T$ = Fuerza total de tracción (kgf).

42. $F_T = F_D + F_R$

X = Número de apoyos rodantes (ruedas).

F_D = Fuerza para vencer la resistencia al deslizamiento (kgf).

43.
$$F_D = \frac{\mu_e \cdot P_A \cdot r}{R}$$

F_R = Fuerza para vencer la resistencia a la rodadura (kgf).

μ_e = Coeficiente de fricción estática (ver tabla No. 2.4.2.1).

44.
$$F_R = \frac{\mu_r \cdot P_A}{R}$$

μ_r = Coeficiente de fricción rodante (ver tabla No. 2.4.2.3).

r = radio del eje de las ruedas (m).

R = Radio de las ruedas del diseño (m).

45.
$$P_A = \frac{G}{N_A}$$

P_A = Peso o carga existente encada apoyo rodante (kgf).

G = Peso total a mover (diseño y carga) (kgf).

N_A = Número de apoyos rodantes (ruedas).

FORMULA PARA CALCULO DE EFICIENCIA O RENDIMIENTO

46.
$$\eta = \frac{P_U}{P_a}$$

η = Eficiencia del motor (en decimales) (ver tabla No. 2.4.2.4).

P_U = Potencia útil o nominal (W o HP) < P_a

P_a = Potencia absorbida (W o HP) > P_U

NOTA: La potencia absorbida siempre será mayor a la nominal.

FORMULAS GENERALES DE FISICA Y USO ELECTROMECHANICO

47. $P_m = M_u \cdot \omega$

48. $P_m = G \cdot v$

49. $P_m = \frac{W}{t}$

50. $M_u = F_T \cdot r$

51. $W = F \cdot d$ 51a. $W = P_m \cdot t$

52. $\omega = \frac{v}{r}$

53. $\omega = n \cdot 2 \cdot \pi$

54. $n = \omega + 2 + \pi$

55. $n_1 \cdot r_1 = n_2 \cdot r_2$ (para relación de velocidad)

56. $n_N = n_R \cdot N^+$

57. $E_p = m \cdot g \cdot h$

58. $E_c = 0.5 \cdot m \cdot v^2$

P_m = Potencia motriz (W).

M_u = Momento útil (N · m).

ω = Velocidad angular (rad / seg).

G = Fuerza de la carga (N).

v = velocidad tangencial o lineal (m/s).

W = Par o Trabajo realizado (N · m).

t = tiempo en lograr el movimiento (s).

F_T = Fuerza necesaria (N).

r = radio del elemento que gira (m).

n = velocidad de rotación (RPS).

E_p = Energía potencial (J).

m = masa del cuerpo (kg).

g = gravedad (9.81 m/s²).

h = altura (m).

d = distancia recorrida (m).

E_c = Energía cinética (J).

n_1 = # de RPM o RPS iniciales.

n_2 = # de RPM o RPS finales.

r_1 = radio del elemento conductor.

r_2 = radio del elemento conducido.

n_N = # de RPM o RPS nominales del motor.

n_R = # de RPM o RPS requeridas del diseño.

N^+ = veces en que el motor aumenta su par al arrancar.

EQUIVALENCIAS DE MAGNITUDES Y UNIDADES PARA CONVERSIONES

- a. 1 HP = 746 W
- b. 1 HP = 1.014 CV
- c. 1 HP = 76.05 kg_f · m/s
- ch. 1 CV = 736 W
- d. 1 CV = 0.986 HP
- e. 1 CV = 75 kg_f · m/s
- f. 1 RPS · 2 · π = 1 rad/seg = 1/seg · = 1 seg⁻¹
- g. 1 rad/seg + 2 + π = 1 RPS
- h. 1 kg_f = 9.8 N = 1 kp (kilopound *)
- i. 1 kg_f · m/s = 9.8 W = 9.8 N · m/s
- j. 1 kg_f · m = 9.8 J = 1 kp · m
- k. 1 J = 1 N · m = 0.102 kg_f · m
- l. 1 N = 0.102 kg_f = 1 kg · m/s²
- m. 1 libra = 0.4536 kg
- n. 1 pie = 0.3048 m

* UNIDAD ANTIGUA USADA EN OCASIONES.

2.4.3 METODO OPERATIVO (para nuevos productos).

Este método se enfoca principalmente a la realización de modelos de pruebas físicas del nuevo producto. Los pasos planteados a seguir, son los siguientes:

1. Elaborar un **modelo funcional** del nuevo producto (obviamente sin el motor) que sea capaz de dejar mover la **carga de arranque** previamente especificada mediante los sistemas propuestos y diseñados, procurando involucrar todos los elementos que formarán parte del diseño, así como procurar aplicar los materiales, o a más, los más cercanos; o al menos, los que ofrezcan un funcionamiento seguro de las partes encargadas de mover la carga requerida. Procúrese evitar el involucrar aquellas partes o elementos que no vayan a ser movidos o que no participen en el movimiento para poder agilizar la prueba.

2. Una vez que se tiene el modelo; en el eje donde se haya decidido que irá unido el motor, se deberá aplicar una fuerza de palanca giratoria (**Par**) hasta lograr que la carga se empiece a mover. La aplicación de esta fuerza no debe ser directamente con los dedos o la mano, ya que la finalidad es que se conozca su intensidad para conocer el par y la potencia , por lo tanto, se debe de medir.

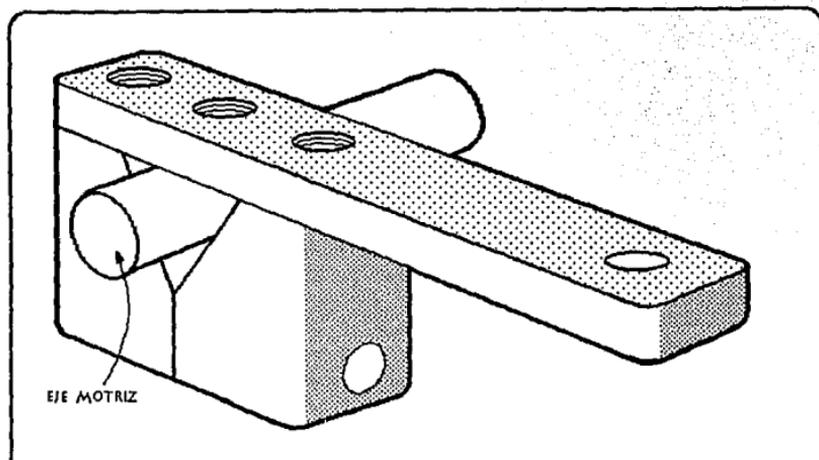
Para poder realizar la medición, deberá adaptarse un **dispositivo** de palanca exproceso sobre el eje motriz, el cual va a permitir aplicar fuerzas cuantificables que servirán como datos para los cálculos necesarios. Dicho dispositivo deberá conformarse con las siguientes características:

a) Una parte que permita adaptarse y fijarse a diversos diámetros de ejes motrices, de tal forma que se transmita directamente la fuerza al eje. Debe cuidarse especialmente que la instalación resulte rápida y la fijación del eje al dispositivo quede completamente sólida y no se "juegue", para asegurar y facilitar la medición.

b) Un brazo de palanca de longitud claramente definida. La longitud debe determinarse del centro de giro del eje motriz, al punto extremo donde se aplicará la fuerza de prueba; es recomendable que esta longitud sea establecida a base de números enteros para facilitar los cálculos.

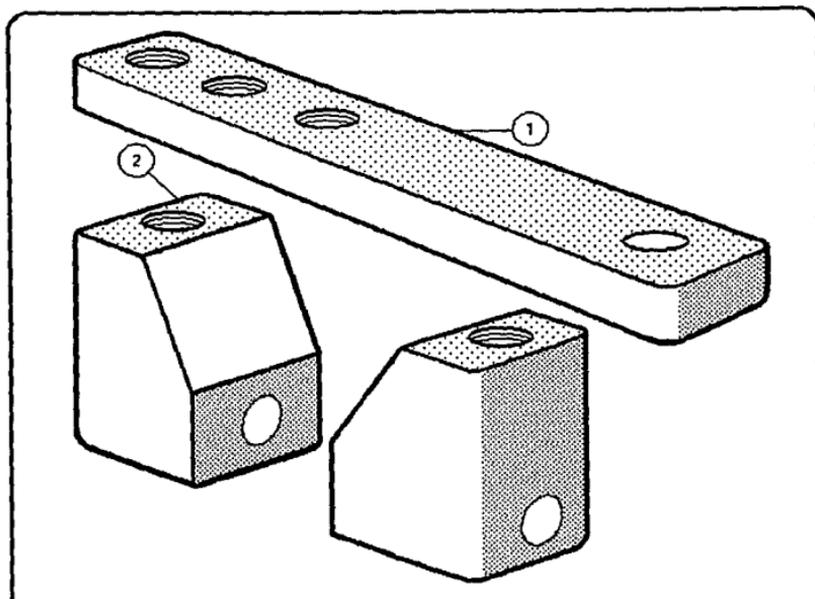
C) Al configurar el brazo de palanca, préstese atención a la forma en que se va a aplicar la fuerza en el punto extremo, pues quizá se debiera acoplar otro elemento en este punto que permita la colocación y fijación de la fuerza cuantificable, procurando con esto controlarla (evitando que se mueva, caiga o se safe), logrando así realizar las pruebas y mediciones más fácil y rápidamente. Al atender la forma en que se aplicará la fuerza, considérese que esta se puede aplicar de 2 maneras; mediante la utilización de pesas, o empleando un dinamómetro. Tómese en cuenta que el utilizar uno u otro procedimiento, condiciona la manera en que se va a resolver la parte extrema de la palanca en el punto donde se aplicará la fuerza.

A continuación, se ofrecen los dibujos finales del diseño de un dispositivo que cumple con las características antes mencionadas (Figs. No. 2.4.3.1 a 2.4.3.5):



DESCRIPCION: PERSPECTIVA		MATERIAL:	PZA. N°:	DISPOSITIVO PARA EJES MOTRICES
ACOT. S/A	OBSERVACIONES:		CANT.	
ESC. S/E	FECHA: 1993	DISEÑO: UICTOR ROCHA		
				N° PLANO:

FIG. No. 2.4.3.1 PERSPECTIVA REPRESENTATIVA DE UN DISPOSITIVO ADAPTABLE A DIVERSOS DIAMETROS DE EJES MOTRICES.



2	APOYO	2		
1	PALANCA	1		
Nº	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIONES
DESCRIPCION: DESPIECE		MATERIAL:		PZA. Nº:
A.COT. S/A	OBSERVACIONES:		CANT.	DISPOSITIVO PARA EJES MOTRICES
ESC. S/E	FECHA: 1993	DISEÑO: UICOR ROCHA		Nº PLANO:

FIG. No. 2.4.3.2 DESPIECE REPRESENTATIVO DE UN DISPOSITIVO ADAPTABLE A DIVERSOS DIAMETROS DE EJES MOTRICES.

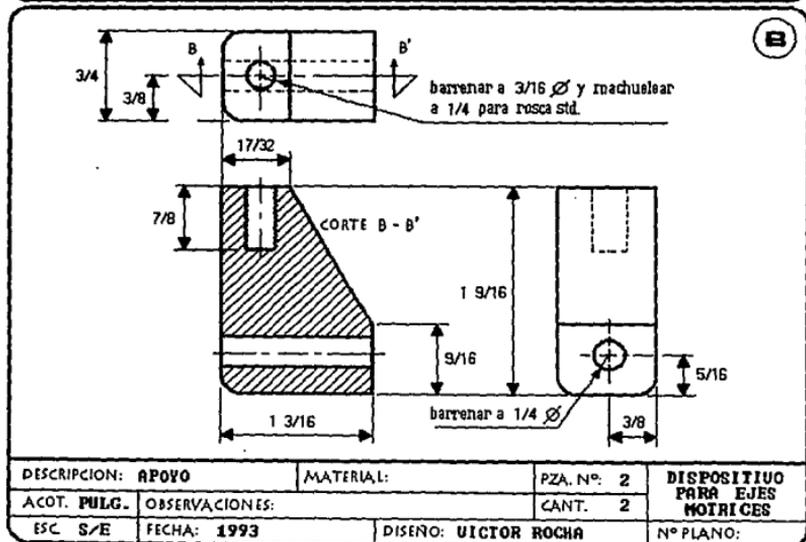
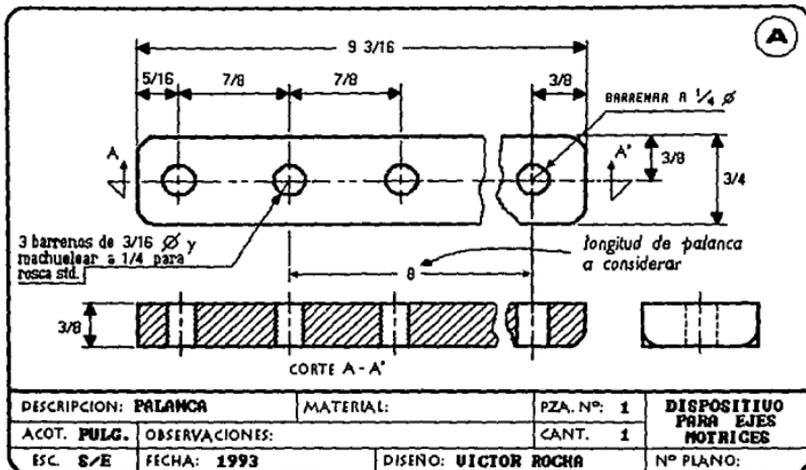
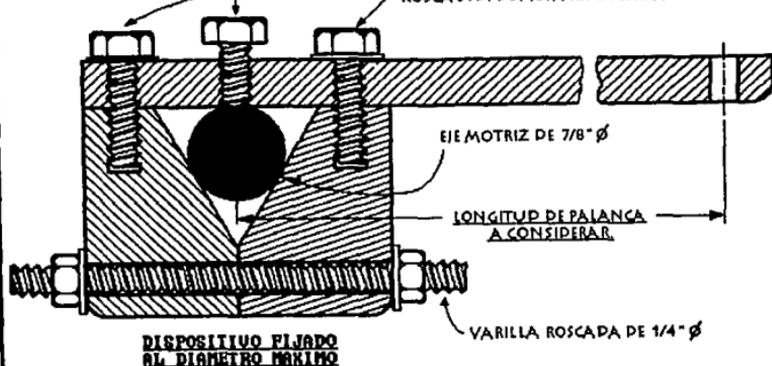


FIG. No. 2.4.3.3 DIBUJOS TECNICOS REPRESENTATIVOS DE LAS 2 PIEZAS BASICAS (A y B) QUE CONFORMAN EL DISPOSITIVO.

TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" X 1/2", ROSCA STD. DE ALTA RESISTENCIA.

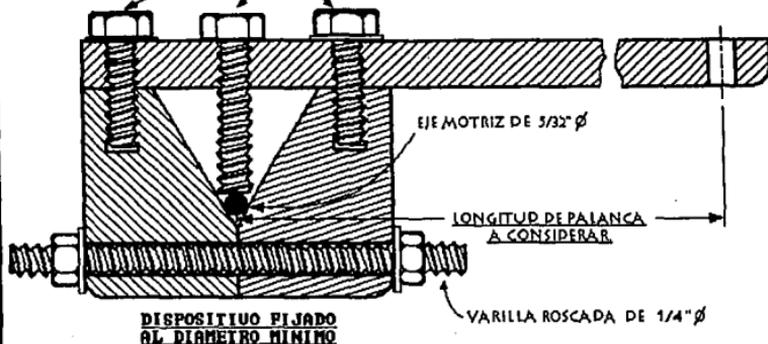
TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" X 7/8", ROSCA STD. DE ALTA RESISTENCIA.



DISPOSITIVO FIJADO AL DIAMETRO MÁXIMO

TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" X 7/8", ROSCA STD. DE ALTA RESISTENCIA.

TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" X 1 1/4", ROSCA STD. DE ALTA RESISTENCIA.



DISPOSITIVO FIJADO AL DIAMETRO MÍNIMO

DESCRIPCION:	CORTES REPRESENTATIVOS	MATERIAL:	PZA. N°:	DISPOSITIVO PARA EJES MOTRICES
ACOT. S/A	OBSERVACIONES:		CANT.	
ESC. S/E	FECHA: 1993	DISENO: VICTOR ROCHA	N° PLANO:	

FIG. No. 2.4.3.4 CORTES REPRESENTATIVOS EN DONDE SE APRECIAN TODOS LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DEL DISPOSITIVO Y COMO SE FIJA AL EJE.

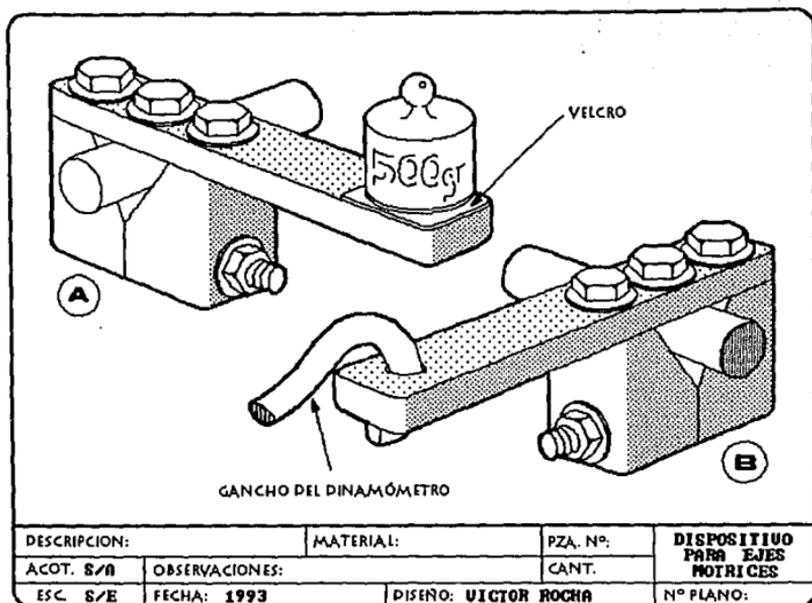


FIG. No. 2.4.3.5 INCISO (A): SOLUCION QUE PERMITE COLOCAR Y FIJAR UNA PESA EN EL PUNTO EXTREMO DE LA PALANCA DEL DISPOSITIVO; INCISO (B): SOLUCION QUE PERMITE COLOCAR Y FIJAR UN DINAMOMETRO EN EL EXTREMO DE LA PALANCA DEL DISPOSITIVO.

Una vez que el dispositivo ha sido conformado, deberá disponerse de los elementos que sirvan para determinar la **intensidad de la fuerza** que se aplicará (pesas, dinamómetro o ambos). Para el caso del **dinamómetro**, puede disponerse de él fácilmente en casas distribuidoras de aparatos de medición de cargas (básculas) o en ferreterías, procurando disponer de varios rangos, con la finalidad de que se puedan medir fuerzas con parámetros desde 1 gramo hasta 75 kg. máximo ¹ .

¹ Rango que va de acuerdo a la naturaleza de los proyectos en diseño industrial y cuya fuerza para estos raramente será revasada, pues corresponde aproximadamente a 1 hp y pues, estas potencias van correspondiendo cada vez más al terreno de la ingeniería mecánica para el diseño de maquinaria, aunque claro está, no se descarta la participación del diseñador industrial para estos tipos de diseño pero con una "menor jerarquía" sobre ellos. Por otro lado, considérese que se pueden manejar fuerzas y potencias tan grandes o pequeñas como se deseen, pues el tema se presta y puede ser manejado para cualquier tipo de proyecto que requiera un motor eléctrico.

En cuanto a las **pesas**, resulta ser quizá el procedimiento más fácil, práctico y económico; pues no se requiere de comprar las pesas comúnmente conocidas, sino que estas se pueden obtener o fabricar fácilmente de cualquier objeto o material que se disponga y con rangos de peso infinitos (un pedazo de madera cualquiera, canicas, un tubo, una lata o una bolsa o un frasco conteniendo cualquier material, tuercas, etc., etc.; servirán perfectamente como pesas a utilizar); con la única condición de que se debe disponer de una báscula con que pesar dichos objetos y alguna herramienta o elemento que permita adicionar o eliminar material de las pesas y con la intención de obtener "pesos enteros" (50 gr., 960 gr., 14.4 kg. etc.) y facilitar los cálculos. Así pues, dispóngase de las más diversas pesas, procurando en lo posible contar con múltiplos de 1, 5, 10, 50, 100 y 500 gr.; así como de múltiplos de 1, 5 y 10 kg.¹

Instálase a continuación el dispositivo en el eje motriz y procedase a realizar las **pruebas** necesarias. Considere que cuando la fuerza deba ser aplicada en **posición vertical** porque el motor vaya a estar colocado así, debe de utilizar preferentemente un **dinamómetro** y **jalar** de este **manualmente** hasta lograr que se empiece a mover la carga; en el instante en que esto suceda, léase rápidamente la indicación del dinamómetro y **registre la lectura**. Repítase la operación tantas veces hasta que haya encontrado una lectura que se esté repitiendo frecuentemente o calcule un promedio de entre todas las lecturas registradas. De esta manera, se habrá estimado cual es la **fuerza de arranque** necesaria para poner en movimiento la carga.²

Por otro lado, cuando el motor vaya a colocarse en **posición horizontal** utilice de preferencia las **pesas** para efectuar las pruebas (aunque también se puede hacer con un dinamómetro), pues estas quizá resulten más cómodas. Para llevar a cabo la prueba con las pesas, deberá tomarse en cuenta que es un procedimiento en el cual interviene la **gravedad (g)**, que es la que esencialmente ocasiona que se aplique la fuerza en la prueba (por lo que se debe involucrar su constante); así como también, no se olvide que el **peso del dispositivo** que se va a utilizar para aplicar la fuerza tendrá que ser considerado y agregado al **peso de la pesa** que servirá para la prueba, de lo contrario, se podrían obtener alteraciones y los resultados serían imprecisos.³

Para esta prueba, pueden irse colocando pesas cada vez de mayor tamaño hasta obtener movimiento y, una vez que se movió, quitar peso hasta encontrar aquel con el cual se empiece a mover la carga muy lentamente (5 cm. en 2 o 3 segundos). Si se dió el caso de que con la primera pesa se obtuvo movimiento, cheque si este se realizó rápidamente (10 cm. en 1 segundo) y entonces vaya disminuyendo el peso hasta obtener el movimiento lento anteriormente especificado.

3. Una vez registrados los valores que han generado movimiento de la carga, multiplíquense los valores por la constante **g** para obtener la **fuerza** que se aplicó expresadas en newtons, y multiplíquense finalmente por la longitud del brazo de palanca del dispositivo a la cual se aplicó la pesa, expresando esta longitud en metros. El resultado de esta última operación (**fuerza x distancia = newtons x metro**), indicará cual es el par con el cual la carga puede empezarse a mover (**par de arranque**).

¹ Es recomendable contar con: 4 pesas de 1, 10 y 100gr., 1 de 5, 50 y 500 gr., 4 de 1 y 10 kg. así como de 1 de 5 y 50 kg. Obsérvese que con solo estas 25 pesas, se podrán aplicar y probar esfuerzos de hasta 99,960 kg. que es el total en pesas con lo que se contaría y pudiéndose tener incrementos de gramo en gramo.

² Si por algún motivo no se puede proceder utilizando un dinamómetro, puede optar por colocar el diseño horizontalmente y realizar la prueba bajo el procedimiento de las pesas.

³ Las alteraciones solo se darán cuando las cargas a mover sean de solo unos cuantos gramos (de 1 a 750 gr. aproximadamente) por lo que entonces el peso del dispositivo se adicionará al de la pesa. Se debe cuidar también que el peso del dispositivo sea inferior (al menos 1gr.) al de la fuerza necesaria para mover la carga, pudiéndose emplear para esto y en lo posible, materiales y formas lo más ligero y resistente posible. Si bien es cierto que esto es difícil de determinar puesto que no se sabe de primera instancia cual es la fuerza necesaria para mover la carga, realícese primero la prueba sin pesa alguna; si no hubo movimiento, entonces adicione pesas. Si por el contrario, si se generó movimiento, elimine material que conforma el dispositivo (se pueden practicar varios orificios a lo largo de la palanca evitando que se pudiera debilitar y reduciéndose el peso), recorte dimensiones o definitivamente fabríquese éste menos largo y más ligero.

4. Para obtener, por último, la potencia con la cual se puede iniciar el movimiento (potencia de arranque), realice lo siguiente:

a) Al peso que movió lentamente la carga, tórnese el tiempo en segundos que tarda en completar $\frac{1}{4}$ de vuelta (90°). Coloque preferentemente el peso, de tal manera que los 90° se cumplan justo cuando la pesa llegue hasta abajo del ciclo (Figs. No. 2.4.3.6 Y 2.4.3.7).

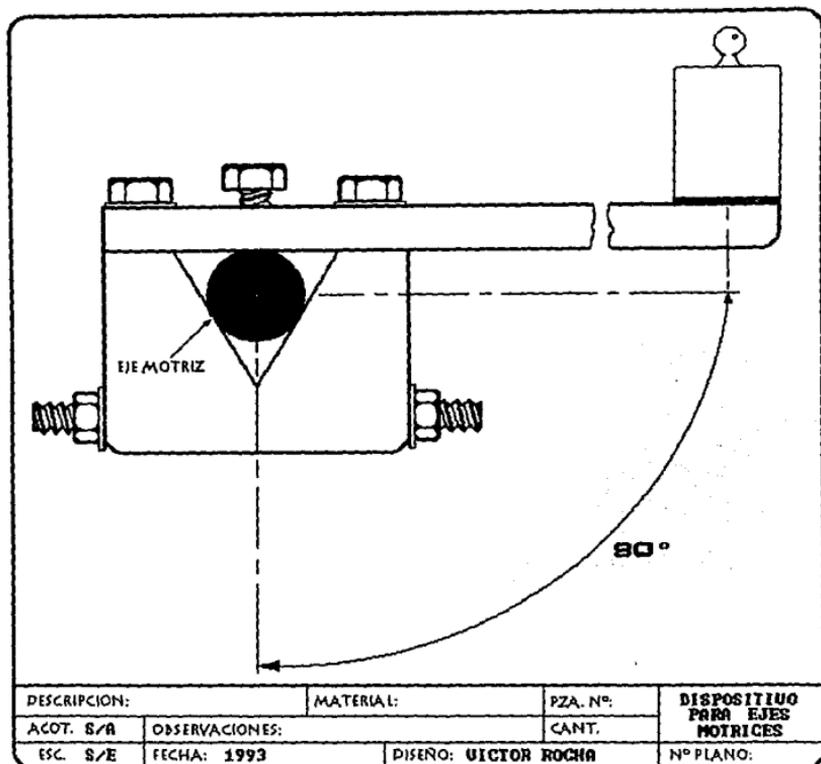


FIG. No. 2.4.3.6 GIRO DE 90° QUE SE DEBE DE CONSIDERAR. OBSERVENSE QUE LOS EJES A TOMAR EN CUENTA PARA MEDIR $\frac{1}{4}$ DE VUELTA, SON EN RELACION AL EJE MOTRIZ.

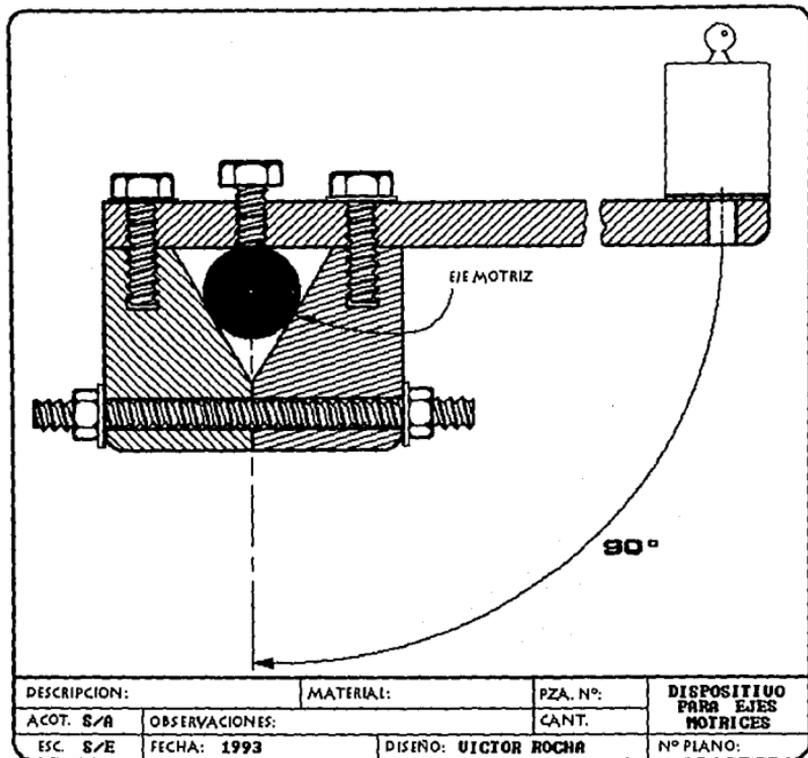


FIG. No. 2.4.3.7 CORTE REPRESENTATIVO DONDE SE OBSERVAN COMO QUEDAN DISPUESTOS INTERNAMENTE LOS ELEMENTOS DURANTE EL GIRO PARA TRANSMITIR EL MOVIMIENTO AL EJE MOTRIZ.

Registre : $90^\circ = \frac{1}{4}$ de revolución, en "X" segundos.

b) Multiplicar el tiempo obtenido por 4; el resultado indicará el tiempo en segundos en que se efectuaría una revolución completa aplicando ese peso.

Registre : 1 revolución cada: ("X" segundos) \cdot (4) = "X" segundos.

c) Efectuar la división: $\frac{1}{\text{tiempo total en que se efectuara una revolución}}$. El resultado obtenido será la **velocidad angular** del movimiento experimentado, expresada en revoluciones por segundo (RPS); dato básico para calcular la potencia inicial.

$$\text{Registre : VELOCIDAD ANGULAR} = \frac{1}{\text{"XX" segundos}} = \text{"XXX" RPS}$$

d) Multiplicar las RPS de la velocidad angular obtenida por la constante π (pi) = 3.14159 y posteriormente por 2. Con esto se obtiene la misma velocidad angular pero expresada en radianes sobre segundo o segundos⁻¹ (rad / seg = seg⁻¹ = 1 / seg).

$$\text{Registre : VELOCIDAD ANGULAR} = (\text{"XXX" RPS}) \cdot (\pi) \cdot (2) = \text{"XXXX" rad / seg}$$

e) Se realiza el cálculo definitivo para obtener el valor de la potencia con la cual se puede iniciar el movimiento. Para esto, solamente debe multiplicarse el par obtenido en la prueba con el modelo funcional, por el valor de la velocidad angular obtenida en el inciso anterior.

$$\begin{aligned} \text{Registre : Potencia} &= \text{Par} \cdot \text{velocidad angular} \\ \text{Potencia} &= (\text{Newtons} \cdot \text{metros}) \cdot \left(\frac{1}{\text{seg}} \right) \\ \text{Potencia} &= \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{seg}} = \text{Watts} \end{aligned}$$

De esta manera, queda establecida la potencia con la cual se podrá poner en movimiento la carga. Obsérvese que la potencia queda expresada en Watts; pero si se requiere expresar en caballos de potencia (HP), este valor solo debe dividirse entre 746 y el resultado ya será en HP.

El par de arranque que se obtiene es a muy baja velocidad; y para que se pueda mover la carga en menor tiempo y a más velocidad (a la nominal) se requerirá de ir aplicando mayor fuerza o más distancia y, por lo tanto, aumentar el par de arranque y por lo consiguiente la potencia de arranque. Para esto debe de ajustarse el par que se va aplicando y en especial la fuerza si esta es la que va aumentando, con la velocidad que se va obteniendo hasta lograr la velocidad a la que se desea mover la carga (*velocidad nominal*); entonces se registra el par aplicado al obtenerse dicha velocidad y con esto puede irse elaborando una gráfica de *par-velocidad* del diseño (Fig. No. 2.4.3.8), donde este último par sería el que se requeriría para arrancar la carga y hacerla girar a la velocidad nominal. Para este caso, el par de arranque es mayor al nominal, pues este último solo se aplicará para mantener la carga en movimiento a la velocidad también nominal, pues lo único que se hizo fué disminuir al mínimo el tiempo de la aceleración para poder obtener la velocidad final.

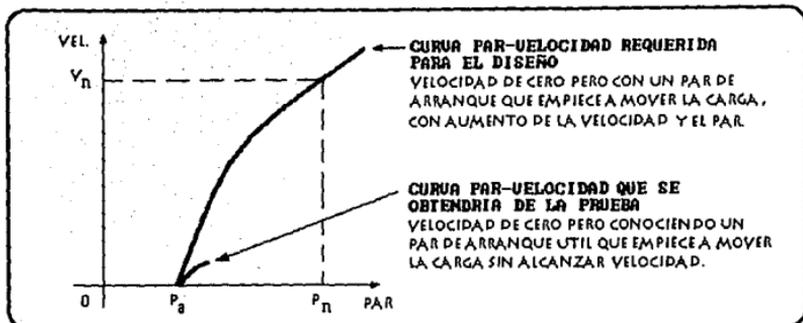


FIG. No. 2.4.3.8 GRAFICA DONDE SE APRECIAN COMO QUEDARIAN LAS CURVAS PAR-VELOCIDAD DEL DISEÑO. LA CURVA REQUERIDA ES LA CURVA UTIL PARA SELECCIONAR EL MOTOR, YA QUE CUENTA CON UN PAR DE ARRANQUE CAPAZ DE VENCER LA RESISTENCIA Y LLEVAR AL DISEÑO A LA VELOCIDAD REQUERIDA.

Lo anterior, es indicativo de que el par de arranque empezará a mover la carga lentamente y que al incrementarse el par durante el movimiento, el diseño podrá adquirir la velocidad requerida. Con esto, se debe de pensar en que como todo motor girará siempre a una velocidad mucho muy superior a la requerida y que el par que éste desarrolle será inferior al requerido tanto para el arranque como para el movimiento; se tendrá que pensar en disminuir la velocidad del motor para que aumente su par y por ende su potencia, para así lograr el movimiento a la velocidad indicada. Por lo anterior, la aplicación de un reductor de velocidad será lo adecuado para obtener, a través de éste, las revoluciones de salida necesarias, el par y la potencia adecuada; teniéndose que estar re-haciendo los cálculos del par que se obtiene con cada disminución de velocidad pretendida en los elementos del reductor de velocidad.

Queda finalmente tomar la consideración del tamaño, la potencia y velocidad del motor a seleccionar; El trabajo se traduce ahora, a sondear el mercado de los motores para empezar a formarse un criterio de selección.

3

EJEMPLO DE
APLICACION EN
DISEÑO INDUSTRIAL

3.1 CONSIDERACIONES

Las circunstancias en un diseño suelen ser muy variadas, y ésto, es motivo para poner atención en la forma en que se van a ir planteando y definiendo los diversos aspectos mecánicos; mas, sin embargo, ante cualquier situación recuérdese en todo momento que los principios son siempre los mismos.

Un aspecto importante que se debe tomar muy en cuenta para efectuar los cálculos para la selección de un motor, son las **consideraciones pre-diseño y post-diseño**. Las pre-diseño, correspondientes a los ya cotidianos requerimientos del proceso diseño; y las post-diseño, que son las características que va adquiriendo el producto resultado del diseño. Ambas consideraciones son **datos cuantificados** y solo algunos **cuantificados**, que se manejarán y surgirán cuando se diseñe, y que deberán extraerse y utilizarse para la realización de los cálculos, como se podrá apreciar en el ejemplo que posteriormente se ofrece en la sección 3.2.

De las consideraciones o datos anteriormente citados, deberá ponerse suma atención a las unidades de medición que se plantearon, plantearán o se están manejando; pues mucho dependerá de ésto, las fórmulas a utilizar y los resultados de los cálculos obtenidos. A continuación, se ofrecen la mayoría de dichos datos con sus símbolos y las unidades más comunes con que se pueden manejar, y que son suficientes para sustentar los cálculos:

DATOS A CUANTIFICAR	SÍMBOLOS*	UNIDADES
1. Distancias (Diámetros)	d D	mm. cm. m. pulg.
2. Tiempos.	t	seg. min. hrs.
3. Velocidades lineales o tangenciales.	v	m/s
4. Velocidades angulares.	ω	rad/s 1/s s ⁻¹
5. Número de revoluciones.	n	RPS RPM
6. Masas (considérense los pesos).	m	gr. kg.
7. Fuerzas (Pesos) o cargas	F G	N kg _f
8. Potencias.	P	W kW CV HP
9. Momentos torsores o Pares.	M	N·m
10. Rendimientos o Eficiencias.	η	% (o decimales)
11. Rozamientos o Fricciones.	μ	Sin unidades los estáticos y dinámicos. En m. los rodantes.

DATOS A CUALIFICAR (SOLO ESPECIFICAR CLARAMENTE)

1. Materiales (tipos generales: acero, madera, plástico, hule, fundición, piedra, etc.).
2. Tipo de corriente eléctrica a emplear (CA-Trifásica, CA-Monofásica, CD-Generada o CD-Acumulada).
3. Tipo de motor (al menos el tipo general).

* EN EL SISTEMA INTERNACIONAL (SI).

3.2 EJEMPLO DE SELECCION DE UN MOTOR ELECTRICO

ACLARACION: El ejemplo que a continuación se presenta, está resuelto mediante el *Método 2. Método Técnico* planteado en la sección 2.4.2, siguiendo cada paso establecido. Dicho ejemplo, corresponde a un diseño con **desplazamiento horizontal**; el cual, es el movimiento principal que efectuará.

PLANTEAMIENTO: Para el diseño de un coche infantil, se decidió involucrar una fuente motriz eléctrica. El problema que se presenta no será solamente el de saber la potencia que ha de tener el motor eléctrico para poder desplazar un diseño de peso conocido, sino también es el de saber qué motor eléctrico es el más apropiado, que cumpla tanto con los requerimientos establecidos con anterioridad al diseño, así como considerar los aspectos surgidos por el diseño del propio producto.

Se obtiene entonces y de acuerdo al *Método Técnico*, lo siguiente:

1. El diseño del vehículo debe de haberse definido completamente, quedando solo pendientes los mecanismos de transmisión de movimiento y el motriz; pero entiéndase que se han contemplado sus ubicación y se cuenta con espacios para su instalación. Así entonces, se definen los movimientos que tendrá el diseño y que serán efectuados con el motor eléctrico:

1. Movimiento de **translación** (de todo el vehículo con el usuario).

2. Movimiento de **rotación** (en los ejes y ruedas del vehículo).

2. La velocidad final máxima a la que se requiere se desplace el vehículo será de 15 cm cada segundo; o sea una velocidad de 0.15 m/s .

3. La carga que se requiere mover será la conformada por el peso de un usuario infantil no mayor de 4 años de edad; la cual, de acuerdo a un promedio obtenido de datos ergonómicos y considerando los mayores pesos de niños de esta talla, se considerará un peso máximo de usuario a mover de 20 kg. Se tomará en cuenta que el peso del propio diseño también debe de ser puesto en movimiento en su totalidad, por lo que de acuerdo al tipo de usuario que es el que menor esfuerzo puede desarrollar para mover al menos el vehículo (pues un adulto lo podrá hasta cargar) y de acuerdo a la configuración que va adquiriendo el mismo diseño en cuanto al tipo de materiales y cantidades que se están especificando; el peso del vehículo no excederá de 8 kg.; peso suficiente que el usuario directo puede al menos arrastrar con la ayuda de 2 o 4 apoyos (correspondientes a las ruedas, aunque no giren libremente).

No se tomará en cuenta sobrecarga alguna que se le pudiera adisionar (otro usuario, animales u objetos extras); por lo que se deberá de hacer la indicación al consumidor en los medios adecuados (instructivo y empaque) de cuidar no sobrepase dicha carga.

4. Las fricciones que se producirán en el diseño se generarán principalmente entre las ruedas y el piso, y en menor medida influirán las producidas entre los ejes de las ruedas y los elementos donde se fijan a la suspensión; así como entre los elementos que conformarán el mecanismo de transmisión de movimiento (engranes, poleas y bandas, cadenas, etc.). Se determinó que existirá fricción rodante entre las ruedas y el piso. Las ruedas serán de plástico y se considerará que rodarán sobre un piso de cemento, considerado como uno en los que más comúnmente se efectuará el movimiento del vehículo. Para los demás elementos, se determinó que existirá fricción deslizante; especificándose que los elementos (bujes) que fijarán y permitirán girar el eje de acero de las ruedas, serán también de plástico.

Al respecto, se obtienen de las *tablas* No. 2.4.2.1, 2.4.2.2 y 2.4.2.3 respectivamente, los coeficientes de fricción que se considerarán para los cálculos. Tómense los coeficientes mayores, correspondientes a las peores condiciones de rozamiento que es **en seco**. Para el caso, éstos son:

De fricción estática entre Acero y Plástico: $\mu_s = 0.20$ *

De fricción dinámica entre Acero y Plástico: $\mu_d = 0.18$ **

Plástico con Hormigón: $\mu_f = 0.005$ m.

5. Como el diseño es del ramo del juguete, no se pretendrá utilizar CA ni CD-Generada por seguridad del usuario; por lo que se pensará utilizar un motor de CD-Acumulada (con batería). Por otro lado, ya que y de acuerdo a que los espacios con que se cuentan en el diseño para instalar los mecanismos de transmisión de movimiento y motriz son y deben ser mínimos; de acuerdo a las características de los motores presentadas en la sección 1.2.2, un motor de CD del tipo de imán permanente es de los que emplean menor espacio por su configuración; además, utilizando como guía la *tabla* No. 2.3.1 de la pág. 91, los '*JUGUETES EN GENERAL*' emplean este tipo de motor, por lo que podría empezar a considerarse éste.

De esta manera y de acuerdo a la *tabla* No. 2.4.2.4, se toma el dato de la **eficiencia** (η) de los motores de CD en general que es del **83 % (0.83)**.

6. El **factor de servicio** (FS) para el motor de CD de imán permanente sería máximo de **4** (de acuerdo a la *tabla* No. 2.4.2.5).

* SE TOMARÁ EL VALOR MÍNIMO EN SECO DE ACERO CON PLÁSTICO, YA QUE SE TRATA DE NYLON AUTOLUBRICADO Y ESTE OFRECE UNA DE LAS MENORES FRICCIONES ESTÁTICAS DE ENTRE LOS PLÁSTICOS.

** SE TOMARÁ EL VALOR MÍNIMO EN ACEITE DE ACERO CON PLÁSTICO, YA QUE SE TRATA DE NYLON AUTOLUBRICADO Y ESTE OFRECE UNA DE LAS MENORES FRICCIONES DINÁMICAS DE ENTRE LOS PLÁSTICOS.

7. Finalmente, como el diseño realizará movimientos de desplazamiento horizontal, los datos complementarios para los cálculos serán:

① $N^* = 3$ (veces en que el par nominal del motor de CD de imán permanente se eleva cuando arranca, y de acuerdo a la tabla No. 2.4.2.6, se consideró el número promedio del rango indicado)

② A) $\mu_o = 0.20$ $\mu_r = 0.005 \text{ m.}$

B) **Peso o carga total a mover:** $G = 20 \text{ kg.} + 8 \text{ kg.} = 28 \text{ kg.}$ Como se tendrán 4 ruedas (apoyos rodantes), se divide entre 4; por lo que de acuerdo a la fórmula # 45, el peso o carga máxima en cada apoyo rodante será de:

$$P_A = \frac{28 \text{ kg.}}{4} = 7 \text{ kg.}$$

C) **Diámetros de los elementos rodantes (D , d).**

Ruedas: $D = 6''$ (0.1524 m.). Las 4 ruedas serán del mismo tamaño.

Diámetro de salida del reductor y entrada a las ruedas: $d = 1 \frac{1}{2}''$ (0.0381 m.).

8. Se efectúa entonces el cálculo de la potencia.

En primer lugar se calcula la fuerza de tracción máxima normal y mínima en cada apoyo rodante (F_T) que, de acuerdo a la fórmula # 40 se obtiene:

$$F_T = m \cdot g \left[\frac{2}{D} \left(\mu_o \cdot \frac{d}{2} + \mu_r \right) + K \right]$$

$$F_T = 28 \text{ kg} (9.81 \text{ m/s}^2) \left[\frac{2}{0.1524 \text{ m}} \left(0.18 \cdot \frac{0.0381 \text{ m}}{2} + 0.005 \right) \right]$$

$$F_T = 274.68 \text{ N} (0.11) = 30.38 \text{ N} = 3.1 \text{ kg} \text{ (en cada rueda)}$$

Lo que significa que con un esfuerzo ("empujón") de 3.1 kg en una rueda se mueven los 7 kg máximos que se apoyan en ésta; y entonces:

$$\times F_T = 4 (30.38 \text{ N}) = 121.52 \text{ N} = 12.4 \text{ kg} \text{ (para las 4 ruedas)}$$

lo cual indica que aplicando una fuerza máxima de 12.4 kg se podrán mover los 28 kg máximos. Y para el esfuerzo mínimo (mover solo el peso del vehículo):

$$F_T = 8 \text{ kg} (9.81 \text{ m/s}^2) \left[\frac{2}{0.1524 \text{ m}} \left(0.18 \cdot \frac{0.0381 \text{ m}}{2} + 0.005 \right) \right]$$

$$F_T = 78.48 \text{ N} (0.11) = 8.63 \text{ N} = 0.88 \text{ kg} \text{ (en cada rueda)}$$

Lo que significa que con un esfuerzo ("empujón") de 880 g. en una rueda se mueven los 2 kg que se apoyan en ésta y;

$$\chi F_T = 4 (8.63 \text{ N}) = 34.52 \text{ N} = 3.5 \text{ kg} \text{ (para las 4ruedas)}$$

lo que indica que aplicando una fuerzamáxima de 3,5kg se podrán mover los 8 kg que pesa el diseño solo.

Con lo anterior, se efectúa en 2º lugar el cálculo del par máximo normal resistente necesario que se aplicarian en las ruedas (con la fórmula # 50) siendo de:

$$M_u = F_T \cdot r_R$$

$$M_u = 121.52 \text{ N} \cdot 0.0762 \text{ m} = 9.28 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Y se calcula entonces la potencia:

De la fórmula 6:

$$P_M = 121.52 \text{ N} (0.15 \text{ m/s}) (0.00134) (0.83)$$

$$P_M = 0.02 \text{ HP} \approx 1/50 \text{ HP}$$

De la fórmula 7:

$$P_A \approx 0.02 \text{ HP} (3)$$

$$P_A \approx 0.06 \text{ HP} \approx 1/16 \text{ HP}$$

De la fórmula 4:

$$P_N = \frac{0.02 \text{ HP} + 0.06 \text{ HP}}{3}$$

$$P_N = 0.026 \text{ HP} \approx 1/40 \text{ HP}$$

y consultando la tabla No.1.1.1 de las principales potencias de motores en el mercado, puede encontrarse un MPSP de 1/40 de HP.

Lo anterior solo orienta a seleccionar tentativamente un motor de 1/40 de HP, pues lo siguiente a considerar es que éste ofrezca un par adecuado que permita moverlo requerido. Hay que tomar en cuenta la velocidad que tendrá el motor por ser de potencia fraccionaria (ver Tabla No. 1.1.1 en la pág. 9, y la velocidad de estos tipos de motores en la pág. 8 inciso 10) y, que el sistema de transmisión de movimiento al reducir la velocidad a la deseada incrementará el par obtenido del motor; por lo que se tendrá que ir checando estos datos (par y velocidad del motor) e ir seleccionando un motor cada vez más rápido y/o menos potente que junto con el sistema de transmisión ofrezca el par y la velocidad requerida (lo que representará el re-efectuar algunos cálculos).

Así entonces, si se desea que la velocidad normal del vehículo sea de 0.15 m/s y el diámetro (\varnothing) de las ruedas es de $6''$ (0.1524 m); la velocidad en RPM o RPS que se deberá tener en el eje de las ruedas impulsoras del vehículo (que será la velocidad de salida que deberá ofrecer el sistema de transmisión) será de:

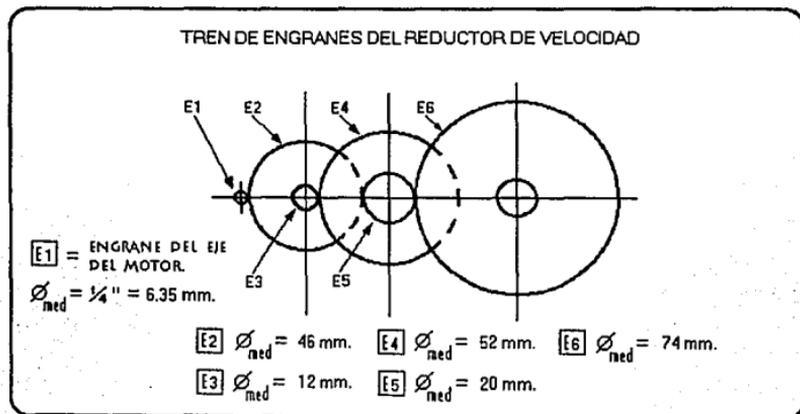
$$P (\text{perímetro}) = \pi \cdot \varnothing = \pi (0.1524 \text{ m}) = 0.478 \text{ m} (\text{perímetro de una rueda})$$

∴ por regla de 3, deberá girar con carga máxima a **0.313 RPS ó 18.8 RPM**. Pero como un motor siempre disminuye su velocidad mientras más carga tenga, se deberá conocer la velocidad sin carga o con carga mínima (la del propio diseño al menos) para poder saber la velocidad nominal del motor. Para ésto, se deberá multiplicar el número de revoluciones requeridas por el número de veces (N^*) que aumenta el par del motor al arrancar. Para este caso se tiene conforme a la fórmula # 56:

$$n_N = n_R \cdot N^*$$

$$n_N = 0.313 \text{ RPS} (3) = \mathbf{0.94 \text{ RPS}}$$

Lo anterior indica que se debe de trabajar ahora en el reductor de velocidad; sin embargo, como éste puede que no sea aún el definitivo, se debe realizar una propuesta inicial poniéndose atención en las dimensiones y definiendo la relación de velocidad de entrada y salida, que existirá en el reductor, para registrarla y trabajar con ella cuando se especifique una velocidad. Posteriormente, con las dimensiones del reductor, se efectuarán los cálculos para saber como varió el par. Para el presente caso, se propone un reductor de velocidad mediante engranes como se representa y dimensiona:



A continuación se efectúan los cálculos para saber como reduce este sistema la velocidad y poder conocer así el valor de la relación de velocidad (i) que se manejará. Como prueba, se efectuarán cálculos con una velocidad inicial de 1000 RPM. Para ello, se empleará la fórmula # 55:

Del engrane 1 al 2-3:

$$n_{2-3} = \frac{n_1 \cdot r_1}{r_2} = \frac{1000 \text{ RPM (3.175 mm)}}{23 \text{ mm}} = 138.04 \text{ RPM}$$

Del engrane 3 al 4-5:

$$n_{4-5} = \frac{n_{2-3} \cdot r_3}{r_4} = \frac{138.04 \text{ RPM (6 mm)}}{28 \text{ mm}} = 31.85 \text{ RPM}$$

Del engrane 5 al 6:

$$n_6 = \frac{n_{4-5} \cdot r_5}{r_6} = \frac{31.85 \text{ RPM (10 mm)}}{37 \text{ mm}} = 8.6 \text{ RPM}$$

∴ y por regla de 3, se tiene entonces una relación de velocidad de 116 a 1 ($i = 116 : 1$). Por lo que cualquier velocidad de entrada que se vaya a tener, se deberá de dividir entre 116 para saber que velocidad de salida se obtendrá.

Con este valor, se puede saber entonces cual puede ser la velocidad nominal del motor sin carga; pues si se requiere una velocidad de 0.94 RPS, por regla de 3 y con la relación de velocidad se podrá calcular dicha velocidad. Así, multiplicando solo las 0.94 RPS por la relación de velocidad de 116, se obtiene un valor de $n_M = 109.04 \text{ RPS}$ o $6\ 542.4 \text{ RPM}$; lo cual indica que el motor a seleccionar podrá girar, redondeando, a 110 RPS o a $6\ 600 \text{ RPM}$.

Se seleccionará ahora y para el caso, un motor de $\frac{1}{40}$ HP que corresponde a un MPSF y con una velocidad de $6\ 600 \text{ RPM}$ (110 RPS)* que, conforme a la fórmula # 32, ofrecería un par nominal M_u de**:

$$M_u = 7\ 123.7 \frac{\frac{1}{40} = 0.025}{6\ 600} = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Y a continuación, se efectúan los cálculos para conocer como aumenta el par con el sistema reductor de velocidad y conocer así el par de salida y las fuerzas generadas. Para ello, se empleará la fórmula # 50:

1°. Se enlistan los datos del motor:

$$M_1 = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$r_1 = 3.175 \text{ mm} = 0.003175 \text{ m.}$$

$$n_1 = 6\ 600 \text{ RPM.}$$

2°. Se obtiene la fuerza que proporciona el motor del engrane 1 (del de su eje) al engrane 2.

$$F_{1-2} = \frac{M_1}{r_1} = \frac{0.027 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.003175 \text{ m}} = 8.5 \text{ N}$$

3°. Se calcula el par en el engrane 2.

$$r_2 = 23 \text{ mm} = 0,023 \text{ m.}$$

$$M_2 = F_{1-2} \cdot r_2 = 8,5 \text{ N} (0,023 \text{ m}) = \mathbf{0,195 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

4°. Se calcula la fuerza existente en el engrane 3 y que se comunicará al engrane 4.

$$r_3 = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m.}$$

$$F_{3-4} = \frac{M_2}{r_3} = \frac{0,195 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,006 \text{ m}} = \mathbf{32,5 \text{ N}}$$

5°. Se calcula el par en el engrane 4.

$$r_4 = 26 \text{ mm} = 0,026 \text{ m.}$$

$$M_4 = F_{3-4} \cdot r_4 = 32,5 \text{ N} (0,026 \text{ m}) = \mathbf{0,845 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

6°. Se calcula la fuerza existente en el engrane 5 y que se comunicará al engrane 6.

$$r_5 = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m.}$$

$$F_{5-6} = \frac{M_4}{r_5} = \frac{0,845 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,01 \text{ m}} = \mathbf{84,5 \text{ N}}$$

7°. Se calcula el par en el engrane 6.

$$r_6 = 37 \text{ mm} = 0,037 \text{ m.}$$

$$M_6 = F_{5-6} \cdot r_6 = 84,5 \text{ N} (0,037 \text{ m}) = \mathbf{3,12 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

8°. Se calcula la fuerza existente en el radio de salida del reductor y en las ruedas.

$$r_{\text{SAL}} = 19,05 \text{ mm} = 0,01 \text{ m.}$$

$$r_R = 76,2 \text{ mm} = 0,0762 \text{ m.}$$

$$F_{\text{SAL}} = \frac{M_6}{r_{\text{SAL}}} = \frac{3,12 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,019 \text{ m}} = \mathbf{164,2 \text{ N}}$$

$$F_{\text{SAL}} = \mathbf{16,7 \text{ kg}}$$

$$F_R = \frac{M_6}{r_R} = \frac{3,12 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,0762 \text{ m}} = \mathbf{40,9 \text{ N}}$$

$$F_R = \mathbf{4,1 \text{ kg}}$$

* Se llegó a esta selección después de re-hacer 4 veces los cálculos de la velocidad y 5 veces los del par, por lo que deberá tomarse en cuenta que el re-hacer los cálculos 2 o 3 veces no será siempre suficiente.

** En ocasiones no se cuenta o se ofrece el dato del par del motor, por lo que es necesario calcularlo.

Por lo que finalmente, todo indica que:

1. Se obtendrá un par de $3.12 \text{ N} \cdot \text{m}$ y que como en el arranque el motor eleva su par 3 veces; entonces podrá vencer al par de arranque máximo resistente que se tiene que es de $9.26 \text{ N} \cdot \text{m}$, ya que desarrollará un par de arranque de $3.12 \text{ N} \cdot \text{m} (3) = 9.36 \text{ N} \cdot \text{m}$, suficientemente mayor al existente.
2. Se podrá mover una carga máxima de 16.7 kg , también mayor a los 12.4 kg máximos existentes.
3. El esfuerzo máximo desarrollado en cada rueda será de 4.1 kg ; suficientemente mayor al requerido para efectuar el movimiento que era de 3.1 kg .
4. Las revoluciones de salida máximas a plena carga serán de 0.313 RPS y la velocidad máxima de desplazamiento que se logrará con esto también a plena carga será de 0.15 m/s . Así mismo, las revoluciones del motor sin carga serán de 110 RPS y el reductor de velocidad disminuirá estas revoluciones a 0.94 RPS .
5. La potencia mínima que podrá tener el motor (re-haciéndose los cálculos para comprobar) podrá ser de $1/50 \text{ HP}$; por lo que el de $1/40 \text{ HP}$ que se obtuvo podría ser suficiente, chéquese siempre la existencia en el mercado, ya que igual pudiera no conseguirse uno con ésta potencia y uno de mayor capacidad deberá de ser el seleccionado.

Considérese siempre que se deberán de hacer ajustes tomando en cuenta las diferentes variables como son:

1. Conservar la potencia y aumentar la velocidad.
2. Conservar la potencia y disminuir la velocidad.
3. Disminuir la potencia y conservar la velocidad.
4. Disminuir la potencia y disminuir la velocidad.
5. Disminuir la potencia y aumentar la velocidad.
6. Aumentar la potencia y conservar la velocidad.
7. Aumentar la potencia y disminuir la velocidad.
8. Aumentar la potencia y aumentar la velocidad.

Por lo que cualquier opción será siempre válida y representa volver a efectuar otra selección y re-hacer los cálculos.

Finalmente se presenta a continuación y en resumen, los 36 aspectos a considerar (planteados en la sección 2.3) para complementar el criterio de selección del motor del diseño del ejemplo anterior.

ASPECTO	CONSIDERACION	DATO	EVAL.
1. Carga de arranque (CA): (pág. 55)		28 kg.	
2. Par de arranque resistente (PAR): (pág. 55)	$PAR_{m\acute{a}x} = 121.52 N \cdot 0.0762 m =$ $PAR_{m\acute{i}n} = 34.52 N \cdot 0.0762 m =$	9.26 N · m 2.63 N · m	
3. Par de arranque (PA): (pág. 55 y 56)	Arranque promedio del 125 % del par nominal. Por lo que: $PAD = 9.26 N \cdot m$ $PAM = 0.027 N \cdot m (3) =$ PAM CON REDUCTOR: $PAM^{C/R} = 3.12 N \cdot m (3) =$ deberá ser de: $PAM^{C/R} = 9.26 N \cdot m (1.25) =$	0.081 N · m 9.36 N · m 11.575 N · m	X
	NOTA: El par de arranque del motor seleccionado es de 9.26, pues se eleva su par en 3 veces cuando arranca; pero deberá ser entonces de 11.575 N · m, ya que es un valor 25% mayor al PAR. Por lo que el PAM ^{C/R} deberá de reelegirse.		
4. Tipo de arranque (TA): (pág. 56, 57 y 58)	Se considerará como:	A plena carga.	
5. Potencia de arranque (PoA): (pág. 56)	$PoA-D = 0.02 HP (3) =$	0.06 HP $\approx 1/18$ HP	
6. Par mínimo de aceleración (PAC): (pág. 58 y 59)	No menor del 70% del par de arranque del motor; o sea, no menor a: $PAC = 9.36 N \cdot m (0.7) =$ y si mayor del 25% del par de arranque resistente nominal; o sea mayor a: $PAR = 9.26 N \cdot m (1.25) =$	6.55 N · m 11.5 N · m	X
	NOTA: Por lo que el PAM ^{C/R} deberá ser igual o ligeramente mayor a 11.5 N · m; por lo que se debe de reelegirse a un motor de más par de arranque.		
7. Carga nominal (CN): (pág. 60)		< 28 kg y > 8 kg	

8. Par nominal (PN): (pág. 60)

DEL MOTOR:

$$PNM = 7\,123.7 \frac{0.025 \text{ HP}}{6\,600 \text{ RPM}} = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m}$$

DEL MOTOR CON REDUCTOR:

$$PNM \text{ } ^\circ\text{/R} = 3.12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

DEL DISEÑO:

$$PND = \text{al PAR} < 9.26 \text{ y } > 2.63 \text{ N} \cdot \text{m}$$

9. Velocidad nominal (VN): (pág. 60 y 61)

DEL DISEÑO:

En las ruedas (en el eje de salida):

$$VND \text{ con carga máxima} = 0.313 \text{ RPS o } 0.15 \text{ m/s}$$

$$VND \text{ con carga mínima} = 0.94 \text{ RPS o } 0.45 \text{ m/s}$$

DEL MOTOR: se considera el

final; pero tentativamente:

$$VNM \text{ con carga máxima} = 36.3 \text{ RPS o } 2\,178 \text{ RPM}$$

$$VNM \text{ con carga mínima} = 110 \text{ RPS o } 6\,600 \text{ RPM}$$

10. Potencia nominal (PoN): (pág. 61)

DEL DISEÑO:

$$PoN-D = 121.52 \text{ N } (0.15 \text{ m/s})$$

$$(0.00134) (0.83) = 0.02 \text{ HP } \approx 1/60 \text{ HP}$$

DEL MOTOR:

$$0.02 \text{ HP} + 0.06 \text{ HP}$$

$$PoN-M = \frac{\quad}{3} = 0.026 \text{ HP } \approx 1/40 \text{ HP}$$

11. Carga máxima (CM): (pág. 61)

Igual a la de arranque:

28 kg**12. Par máximo resistente (PMR): (pág. 62)**

Inferior en un 25% al par máximo del motor; o sea, menor a:

$$PMM \text{ } ^\circ\text{/R} = 3.12 \text{ N} \cdot \text{m } (4) = 12.5$$

$$PMR < 12.5 \text{ N} \cdot \text{m } (0.75)$$

NOTA: El PMR es igual al PAR (6.26 N · m)

y éste es menor al PMM [°]/R; por lo que en este caso, el PMM [°]/R es suficiente, pero aumentará porque se requiere cambiar el PAM [°]/R.

$$< 9.375 \text{ N} \cdot \text{m}$$

13. Par máximo del motor (PMM): (pág. 63)

DEL MOTOR:

Si el par nominal es:

$$PN = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m}$$

y el factor de servicio (FS) del motor según la tabla No. 2.4.2.5 es de 4; entonces el par máximo del motor sólo, será de:

$$PMM = 0.027 \text{ N} \cdot \text{m } (4) = 0.108 \text{ N} \cdot \text{m}$$

DEL MOTOR CON REDUCTOR:
 $PMM \cdot \omega / R = 3.12 N \cdot m (4) = 12.5 N \cdot m$

NOTA: Suficiente para soportar alguna sobrecarga, aunque se especificó que no debería existir.

14. Potencia máxima (PM): (pág. 63 y 64)

DEL DISEÑO:
 $PMD = PND \cdot \omega$
 $PMD = 9.29 N \cdot m (0.313) (2\pi)$
 $PMD = 18.2 W = 0.024 HP \approx 1/40 HP$

DEL MOTOR (con carga):
 $PMM = PNM \cdot \omega$
 $PMM = 12.5 N \cdot m (0.313) (2\pi)$
 $PMM = 25.4 W = 0.033 HP \approx 1/30 HP$

15. Tipo de velocidad obtenida (TVO):
 (pág. 64 y 65)

Se considerará como:

CONSTANTE	()
SEMICONSTANTE	()
VARIABLE	(✓)
SEMIVARIABLE	()

16. Tipo de par obtenido (TPO):
 (pág. 65 a 68)

Se considerará como:

CONSTANTE: ω / vel. variable y τ / carga constante.	()
VARIABLE (con arranque débil): ω / vel. variable y τ / carga variable.	()
VARIABLE (con arranque fuerte): ω / vel. variable y τ / carga variable.	()
VARIABLE: ω / vel. constante y τ / carga variable.	()
VARIABLE: ω / vel. semiconstante y τ / carga variable.	(✓)
VARIABLE: ω / vel. variable y τ / carga variable.	()

17. Control de velocidad (CV): (pág. 69)

Se considerará como:

(CV-U) UNICA	(✓)
(CV-D) DESLIZABLE	()
(CV-P) POR PASOS	()
(CV-C) COMBINADO	()

18. Sentido del movimiento (SM):
 (pág. 70)

¿Cambiará el sentido de rotación?

SI	(✓)
NO	()

Cambiará la rotación:
DEL EJE DEL MOTOR (✓)
DE MANERA MECANICA ()

19. Cambio del sentido del movimiento (CSM): (pág. 70)

Manera de efectuar el cambio del sentido de rotación:

a) CSM-R (en Reposo) (✓)
b) CSM-F (en Funcionamiento) ()

20. Transmisión del movimiento (TM): (pág. 70 y 71)

El movimiento se transmitirá de forma:

DIRECTA ()
INDIRECTA (✓)

21. Tipo de corriente eléctrica (TCE): (pág. 71 a 74)

Durante el funcionamiento se usará:

CA-Monofásica ()
CA-Trifásica ()
CD-Acumulada (✓)
CD-Generada ()

Otra aplicación: indicar: (recarga de la batería)

CA-Monofásica (✓)
CA-Trifásica ()
CD-Acumulada ()
CD-Generada (✓)

22. Voltaje de la corriente (VC): (pág. 74)

Para el funcionamiento:

CA-Monofásica (V)
CA-Trifásica (V)
CD-Acumulada (6 V)
CD-Generada (V)

Otra aplicación: indicar: (recarga de la batería)

CA-Monofásica (110 - 127 V)
CA-Trifásica (V)
CD-Acumulada (V)
CD-Generada (6 V)

23. Ciclaje de la corriente (CCL): (pág. 74)

Para el funcionamiento: (50 Hz) ()
(60 Hz) ()
(OTRO) ()

Otra aplicación: indicar: (recarga de la batería)

(50 Hz) ()
(60 Hz) (✓)
(OTRO) ()

24. Tipo de servicio (TS): (pág. 74 a 76)

Se considerará como: (S1) ()
(S2) ()
(S3) (✓)
(S4) ()
(S5) ()
(S6) ()
(S7) ()
(S8) ()

26. Tipo de ventilación (TV): (pág. 76 a 80)

Se considerará como:

1. (VN) NATURAL (✓)
2. (VP) PROPIA ()
(VP-I) INTERNA ()
(VP-E) EXTERNA ()
(VP-CA) POR CAMISA DE AIRE ()
3. (VI) INDEPENDIENTE ()

26. Tipo de protección (TP): (pág. 80 a 83)

Se considerará como (VER TABLA 2.3.1):

- | 1ª CIFRA | 2ª CIFRA |
|----------|----------|
| 0 () | 0 (✓) |
| 1 () | 1 () |
| 2 (✓) | 2 () |
| 3 () | 3 () |
| 4 () | 4 () |
| 5 () | 5 () |
| 6 () | 6 () |
| | 7 () |
| | 8 () |

27. Frecuencia del mantenimiento (FM): (pág. 83 y 84)

MAYOR (✓)
MENOR ()

28. Dimensionamientos (D): (pág. 84)

Se considera al final.

Ø = ()
LONG. = ()

29. Posición del motor (PMo): (pág. 84)

Se colocará:

(PV) VERTICAL ()
(PH) HORIZONTAL (✓)
(PI) INCLINADO ()

30. Extremos del eje útiles (EEU):
(pág. 84 y 85)

Se considerará utilizar:

UNO (✓)
DOS ()

31. Elementos para la fijación (EF):
(pág. 85)

Se considera de la configuración
del motor para su fijación al final.

TORNILLOS (✓)
PREGION ()
REMACHES ()

32. Facilidad de adquisición (FA):
(pág. 86 y 87)

Se consulta el mercado al final.

ES COMERCIAL: SI () NO ()
ES ESTANDAR () ES ESPECIAL ()
EN EXISTENCIA: SI () NO ()
CONSEGUIBLE SI () NO ()
NACIONAL () IMPORTADO ()

33. Costo de adquisición (CAD): (pág. 87)	Se consulta el mercado al final.	(N \$) (\$ USD)
34. Peso del motor (PeM): (pág. 88)	Se consideró dentro del peso del propio diseño, no mayor a:	(kg) (gr) (lb)
	Peso real:	(kg) (gr) (lb)
35. Ruido del motor (RM): (pág. 89)	Se considera al final.	REQUERIDO (db) REAL (db)
36. Vibración del motor (VM): (pág. 90)	Se considera al final.	ACEPTABLE () MOLESTO ()

4

APOYOS

ANEXO A: FUENTES CONSULTADAS Y RECOMENDADAS

1. **APARATOS DE ELEVACION Y TRANSPORTE.** Tomo 1. Principios y elementos constructivos. Hellmut Ernest. Ed. Blume. Barcelona 1970. 338 pp. (Cap XI, pp. 219 a 274).
2. **BIBLIOTECA PRACTICA DE MOTORES ELCTRICOS.** Vol. 1 y 2. Robert J. Lawrie. Ed. Oceano/Centrum. Barcelona, España. 1990.
3. **CATALOGO YUASA-EXIDE, INC.** NP SERIES MAINTENANCE FREE RECHARGEABLE BATTERY. 1993.
4. **CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS: Teoría y aplicaciones.** Manuales Delmar de electricidad y electrónica. Walter N. Alerich. Ed. Diana. México 1977. 223 pp.
5. **DC MOTORS, SPEED CONTROLS, SERVO SYSTEMS: an engineering handbook.** Prepared by Electro Craft Co. Pergamon Press. Oxford, USA 1977.
6. **DELINEACION INDUSTRIAL. Tecnología 2-1.** Primer curso de formación profesional de segundo grado. T. Vidondo. Ed. Bruño. Barcelona 1978. 320 pp.
7. **DELINEACION INDUSTRIAL. Tecnología 2-3.** Tercer curso de formación profesional de segundo grado. T. Vidondo. Ediciones Don Bosco. Ed. Bruño. Barcelona, España. 1979. 280 pp.
8. **DODGE. Engineering Catalog.** D70. Division of Reliance Electric Co. Dodge Manufacturing Corporation. 1st. edition. USA 1970. (pp. 98-25 a 98-34).
9. **ELECTRIC MOTORS AND THEIR APPLICATIONS.** Thomas Cox Lloyd. New York; Wiley. USA 1969. 332 pp.
10. **ELECTRICIDAD.** J. Martín Romero. Biblioteca Hispania. Ed. Ramón Sopena S. A. Barcelona, España 1975. 622 pp. (Cap. 8, Cap. 10, Cap. 17).
11. **ELECTRICIDAD.** Tomo III. Información relacionada. Manuales Delmar de Electricidad y Electrónica. Ed. Diana. México. 1971. 239 pp.
12. **ELECTRICIDAD.** Tomo IV. Información relacionada. Manuales Delmar de Electricidad y Electrónica. Centro Regional de Ayuda Técnica. Ed. Diana. México. 1971. 223 pp.
13. **ENGINES: the search for power.** John Day, 1918. St. Martin's Press. New York 1980. 258 pp.

14. **FUERZA MOTRIZ Y TRACCION ELECTRICA.** La escuela del técnico electricista. Enciclopedia práctica de electricidad aplicada. Tomo XI. Hans Teucher. Ed. Labor, S. A. 5ª reimpresión. Barcelona, España. 1972.
15. **FUNDAMENTOS DE INGENIERIA ELECTRICA.** A. E. Fitzgerald. Ed. Mc Graw-Hill. 4ª ed. México 1992.
16. **GENERADOR-MOTOR: fundamentos físicos y formas mecánicas básicas.** Walter Seifert. Dossat. Madrid, España. 1975. 95 pp.
17. **HOW IT WORKS... HOW TO FIX IT APPLIANCES.** Rand Mc.Nally & Company.
18. **HOW TO REPAIR SMALL APPLIANCES,** Jack Dart. Foulsham-Sams. Technical books. Published and distributed by W. Foulsham & Co. Ltd. England. 1967. (CAP. 4).
19. **INGENIERIA MECANICA. Estática.** Irving H. Shames. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. editores. 3ª ed. México. 1973. 308 pp.
20. **INGENIERIA MECANICA. Dinámica.** Irving H. Shames. Ed. Prentice/Hall Internacional. España. 1979. 790 pp.
21. **INTRODUCCION A LA INGENIERIA ELECTRICA VOL.3. MAQUINAS ELECTRICAS.** Paul, Nasar, Unnewehr. Ed. Mc Graw-Hill. México 1991. 865 pp.
22. **LINEAR MOTION ELECTRIC MACHINES.** Naser S. Boldea. New York. 1976.
23. **LOS ELECTROMOTORES EN LA PRACTICA.** Elección-Puesta en servicio- Mantenimiento. Rudolph Wessel. Ed. Gustavo Gili. 4ª ed. Barcelona, España. 1975. 196 pp.
24. **LOS MOTORES.** Georges Lehr. Ed. Eudeba. Buenos Aires. 1965. 83 pp.
25. **MACHINE DESIGN.** Electrical & Electronics Reference Issue. Mayo 17, 1979.
26. **MANUAL DE FORMULAS TECNICAS.** Kurt Gleck. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A. México. 1977.
27. **MANUAL DE REGULACION DE VELOCIDAD DE MOTORES DE CC.** Francisco Ruíz Vassallo. CEAC. Barcelona, España. 1980. 183 pp.
28. **MANUAL DEL INGENIERO.** Hütte 1. Academia Hütte de Berlín. Fundamentos teóricos. Ed. Gustavo Gili. 3ª tirada de la 28va. ed. Barcelona, España. 1980. 1563 pp.

29. **MANUAL DEL INSTALADOR DE MOTORES ELCTRICOS.** José María Parés Peraire. CEAC. Barcelona, España. 1980. 222 pp.
30. **MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA.** Michael Liwshitz-Garik, Clyde C. Whipple. Ed. CECSA. 4ª impresión. México. 1988. 374 pp.
31. **MAQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA.** Michael Liwshitz-Garik, Clyde C. Whipple. Ed. CECSA. 13va. Impresión. México. 1987.
32. **MAQUINAS ELECTRICAS.** A. E. Fitzgerald. Ed. Mc Graw-Hill. 5ª ed. México. 1992. 670 pp.
33. **MAQUINAS ELECTRICAS.** Stephen J. Chapman. Ed. Mc Graw-Hill. 2ª ed. Colombia. 1987. 740 pp.
34. **MAQUINAS ELECTRICAS. Estado dinámico y permanente.** George J. Thaler, Milton L. Wilcox. Ed. Limusa. México. 1974. 675 pp.
35. **MAQUINAS ELECTRICAS. Tecnología 2-1.** Primer curso de formación profesional de segundo grado. Ricardo Casado Valero. Ediciones Don Bosco. Ed. Bruño. Barcelona, España. 1978. 362 pp.
36. **MAQUINAS ELECTRICAS.** Vol.1. M. Kostenko, L. Piotrovski. Ed. Montañer y Simon. 2a. ed. Barcelona, España. 1979. 522 pp.
37. **MAQUINAS ELECTRICAS.** Vol.2. M. Kostenko, L. Piotrovski. Ed. Montañer y Simon. 2a. ed. Barcelona, España. 1979. 714 pp.
38. **MAQUINAS ELECTROMECANICAS Y ELECTROMAGNETICAS.** Leander W. Matsch. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID).1990. México 1974. 524 pp.
39. **MAQUINAS MOTRICES: generadores de energía eléctrica.** Enciclopedia CEAC de electricidad. Vol. 4. José Ramírez Vázquez. CEAC. Barcelona, España 1974. 827 pp.
40. **MECANICA.** D. Titherington, J. G. Rimmer. Ed. Mc. Graw-Hill. México 1973. 253 pp. (Cap. 10, Cap. 11).
41. **MOTOR APPLICATION AND MAINTENANCE HANDBOOK.** Robert W. Sweaton editor. Ed. Mc Graw-Hill. New York, USA 1969.
42. **MOTORES DE C.A. : rebobinado, reparación de averías, modificaciones.** José Manuel Puchol Vivas. Ed. Limusa. México 1978. 343 pp.
43. **MOTORES ELECTRICOS. APLICACION INDUSTRIAL.** J. Roldán Vitoria. Ed. Paraninfo S. A. Madrid, España. 1992. 268 pp.

44. **MOTORES ELECTRICOS DE POTENCIA FRACCIONARIA Y SUBFRACCIONARIA.** Cyril G. Veinott. Marcombo Bolxareu Editores. Barcelona, España 1978. 532 pp.
45. **MOTORES Y MAQUINAS.** Enciclopedia CEAC del delineante. Dibujo Técnico. CEAC. Barcelona, España 1978. 197 pp.
46. **NORMA. EQUIPO MEDICO. Incubadoras para recién nacido, uso normal y cuidados intensivos.** Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). claves 530.497.0103 y 531.497.2034. Junio 1985.
47. **PEQUEÑOS MOTORES ELECTRICOS: Motores para aparatos electrodomésticos y para pequeñas máquinas.** Cálculo, construcción, reparación. Biblioteca del electricista. Marcelo Barrau. Síntes. 3ª ed. Barcelona, España 1978. 131 pp.
48. **PROBLEMAS DE ELECTRICIDAD.** H. Vieweger. Ed. Gustavo Gili. 9ª ed. Barcelona, España 1971. 430 pp.
49. **PRONTUARIO DE METALES.** Tablas para la industria metalúrgica. Jütz, Scharkus y Lobert. Ediciones REPLA, S.A. Ed. Reverté, S.A. Barcelona, España 1987. (pp. 72 a 90).
50. **REPARACION DE MOTORES ELECTRICOS.** Parte I. R Rosenberg. Ed. Gustavo Gili. 7ª ed. México 1990. 419 pp.
51. **REPARACION DE MOTORES ELECTRICOS.** Parte II. R Rosenberg. Ed. Gustavo Gili. 7ª ed. México 1990. 400 pp.
52. **TECNOLOGIA DEL METAL 1-2. Profesión: Mecánica.** Segundo curso de formación profesional de primer grado. T. Vidondo, C. Alvarez. Ediciones Don Bosco. Barcelona, España 1979. 328 pp.
53. **TEORIA DE TECNICAS DE EXPRESION GRAFICA 1-2. Rama de delineación.** Segundo curso de formación profesional de primer grado. J. Mala, C. Alvarez y T. Vidondo. Ediciones Don Bosco. Barcelona, España 1977. 264 pp.
54. **THEORY AND APPLICATIONS OF STEP MOTORS.** ed. by Benjamin C-Kuo. St. Paul West Pub. Co. 1974.
55. **TEORIA Y ANALISIS DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS.** Kingley, Kusko y Fitzgerald. Edita Mexicana. Ed. Hispano Europea. 2ª ed. Barcelona, España 1984. 587 pp.
56. **TRATADO DE ELECTRICIDAD. 1 corriente continua.** Chester L. Dawes. Ed. Gustavo Gili. México 1986. 805 pp.
57. **TRATADO DE ELECTRICIDAD. 2 corriente alterna.** Chester L. Dawes. Ed. Gustavo Gili. 13va. ed. México 1991. 805 pp.

ANEXO B: DIRECTORIO DE FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES

CD. DE MEXICO.

ZONA : NORTE

DISTRIBUIDOR	FABRICANTE	MPCF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (S)
X			X	X	POWER ELECTRIC	CALZ. DE GUADALUPE 2181. COL. GUADALUPE TEPEYAC.	5374470 5371012
X			X		KOBLÉNZ	AV. CIENCIA 28. CUAUTITLAN, IZCALLI. EDO. MEX.	5657122 (con 5 líneas) 8721055 (con 12 líneas)

ZONA : SUR

DISTRIBUIDOR	FABRICANTE	MPCF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (S)
X		X	X	X	INGENIERIA Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO S.A. DE C.V.	ALFREDO CHAVERO 127. COL. OBRERA.	5780602
X			X	X	POWER ELECTRIC	CLAVIJERO 40. COL. TRANSITO.	5422671 5423700
X		X			BALDOR	XOLA 114. COL. ALAMOS.	5780980 5780988 5792108
	X	X	X		FRACCIMOTORES	POPOCATEPETL 118 y 79. COL. PORTALES. (ofmas)	

ZONA : ESTE

DISTRIBUIDOR	FABRICANTE	MPCF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (S)
	X	X	X		FRACCIMOTORES	AV. CHIMALHUACAN 702. EDO. MEX. (fábrica).	

ZONA : OESTE

DISTRIBUIDOR	FABRICA	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (8)

ZONA : NORESTE

DISTRIBUIDOR	FABRICA	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (8)
X		X	X	X	POWER ELECTRIC	VALLE DEL SOLIMOES 360. COL. VALLE DE ARAGON 3a SECC. ECATEPEC, EDO. MEX.	7801784

ZONA : SURESTE

DISTRIBUIDOR	FABRICA	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (8)
	X	X	X		MOTORES SUBFRACCIONARIOS S.A.	AV. SUR 8 No. 25-A. COL. AGRICOLA ORIENTAL.	7581155 7633209 7633633

ZONA : SUROESTE

DISTRIBUIDOR	FABRICA	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (8)
X			X	X	TECN-ON S.A.	DIEGO BECERRA 65. COL. SAN JOSE INSURGENTES.	6515813 5832888

ZONA : NOROESTE

DISTRIBUIDOR	FABRICA	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (8)
X					RELIANCE ELECTRIC & ENGINEERING CO. DE MEXICO SA DE CV	INGENIEROS MILITARES 85. 3er. PISO.	5766666 3588444 3800028

ZONA: CENTRO

DISTRIBUIDOR	FABRICANTE	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL. (8)
X			X		HEM S.A. DE C.V. HIDRAULICA ELECTRICA Y MECANICA	VICTORIA 70 ESQ. LUIS MOYA. COL. CENTRO.	5106674 5219802 5124430 5126121 5125580
X		X	X	X	MAQUINARIA ELECTRICA "SAM" S.A.	VICTORIA 73-A. COL. CENTRO.	5212881 5215427 5102805
X			X	X	POWER ELECTRIC	VICTORIA 87-C. COL. CENTRO.	5219816 5100929

GUADALAJARA, JAL.

DISTRIBUIDOR	FABRICANTE	MPSF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL. (8)
X		X	X	X	DREY, S.A. DISTRIBUCIONES REYES S.A. DE C.V.	AV. ALEMANIA 1328.	105873 105263 Telefax. 103865
X		X	X	X	IMESA, IMPORTADORA DE MAQUINARIA ELECTROMECHANICA S.A. DE C.V.	LORENA 811 ESQ. ALEMANIA. COL. MODERNA. CP. 44100.	(91-36) 114723 101988 Fax. (91-36) 478411 Telex. 682750 Texpume
X			X	X	INDUSTRIAS CONFAD S.A. DE C.V.	CALLE 18 No. 2511 y 2519. ZONA INDUSTRIAL. SECTOR JUAREZ.	106444 106498 Fax. 105402
X			X		KOBLENZ DIVISION INDUSTRIAL	CINCINNATI 125. SECTOR REFORMA. CP. 44440. (ventas)	180571 180572 503536
X	X		X	X	MOTORES ELECTRICOS WEG. MOTORS US.	HEROES FERROCARRILEROS 283.	116547 con 10 líneas Fax. (36) 122236 Telex. 683248
X			X	X	REDUCTORES Y MAQUINARIA ELECTROMECHANICA S.A. DE C.V.	MONTE PARNASO 1102.	370907 Fax. 512831

MONTERREY, N.L.

DISTRIBUIDOR	FABRICANTE	MPGF	MPF	MPM	NOMBRE	DIRECCION	TEL (S)
X			X	X	INDUSTRIAS CONFAD S.A. DE C.V.	CARRETERA M. ALEMAN Km. 5. CD. GUADALUPE N. L. 67130.	799303 788955 777500

ANEXO C: GLOSARIO

- ASINCRONO.** Que no genera o mantiene un ritmo de movimiento, sino que siempre tiene variaciones.
- BIFÁSICO.** Dícese de aquellos motores que requieren que la corriente eléctrica entre a su sistema mediante 2 líneas de conducción o 2 fases (de ahí su nombre de bifásico). La instalación bifásica requiere de una tercera línea con conexión a tierra además de las dos eléctricas.
- CA.** Abreviación de ' *Corriente Alterna* '. Tipo de corriente que cambia constantemente y con determinada frecuencia su sentido de desplazamiento (de positivo a negativo y viceversa). Este tipo de corriente se encuentra instalada en cualquier inmueble (casa, oficina, edificio, taller, escuela, fábrica, etc.) vía monofásica, bifásica o trifásica. La corriente alterna que se distribuye en México es de 110 a 127 volts con una frecuencia o ciclo de 60 hertz; en los E.U.A. es de 220 volts a 60 hertz y en Europa de 220 volts a 50 hertz.
- CARGA.** Peso de los cuerpos que están interviniendo e incidiendo en un determinado sitio.
- CC.** Abreviación de ' *Corriente Continua* '. Se le denomina a aquella corriente que se obtiene como resultado de la transformación de la corriente alterna en corriente directa con la ayuda de un transformador.
- CD.** Abreviación de ' *Corriente Directa* '. Tipo de corriente que fluye en una sola dirección. Este tipo de corriente se encuentra en las pilas o baterías y con frecuencia se le llama indistintamente "Corriente Continua" (abreviándose como CC.).
- COEFICIENTE DE FRICCIÓN o ROZAMIENTO** = Es un valor constante que poseen todos los materiales al entrar en contacto con otros, generando fuerzas que impiden el movimiento entre las superficies de los materiales en contacto (fricción o rozamiento). Estos valores constantes o coeficientes, varían de acuerdo a los materiales que están en contacto; pues se entiende que las superficies de los materiales en rozamiento, generan fuerzas de oposición diferentes al friccionarse entre sí. Por lo anterior, se dice comúnmente que dos cuerpos se resbalan, deslizan o patinan más, o menos que otros.
- COLECTOR** = Parte extrema del rotor de un motor eléctrico, en donde rozan carbones o escobillas. Está conformado por barras metálicas horizontales llamadas delgas, que se conectan a cada polo del rotor.
- COMPOUND** = Término inglés que significa " *compuesto* " o " *combinado* ". Se emplea entonces para designar a un tipo de motor de CD, el cual, sus elementos (rotor y estator) están conectados eléctricamente tanto en serie como en paralelo.
- CORRIENTE ALTERNA** = Ver CA.
- CORRIENTE CONTINUA** = Ver CC.
- CORRIENTE DIRECTA** = Ver CD.
- CV** = Abreviación de ' *Caballo de Vapor* '. Unidad de medida métrica de la potencia mecánica equivalente a 735.75 Watts, a 0.986 HP o a 75 Kgf · m/s.
- DERIVACION** = Se emplea para designar a un tipo de motor de CD, el cual, sus elementos (rotor y estator) están conectados eléctricamente en paralelo. Sinónimo: *Shunt* o *Paralelo*.
- DESPLAZAMIENTO** = Llámesele al porcentaje de velocidad síncrona perdida en un motor por la inducción. Éste, es motivo por el cual, se obtienen velocidades asíncronas y no síncronas, en los motores de inducción.
- EFICIENCIA** = Porcentaje de potencia o trabajo real obtenido, de una fuente matriz hacia el exterior. Se basa en la potencia o trabajo ofrecido, y en el que se suministra a la fuente matriz para funcionar. Símbolo: η .
- ESTATOR** = Parte del motor eléctrico que permanece fija o estática (de aquí su nombre), y que es donde se generan principalmente los campos magnéticos que ayudarán a producir el movimiento.
- FACTOR DE SERVICIO** = Índice que representa la cantidad de sobrecarga que un motor puede soportar sin que se detenga. Se basa principalmente en indicar el par o la potencia extra que el motor puede suministrar sin problema alguno en el funcionamiento. Símbolo: *FS* o *fs*.
- FRICCIÓN DINÁMICA** = Es el total de las fuerzas de fricción que existen en un diseño, cuando este se encuentra en movimiento. La fricción dinámica es menor a la estática. Símbolo: μ_d ó μ .

- FRICCIÓN ESTÁTICA** = Es el total de las fuerzas de fricción que existen en un diseño, cuando este se encuentra en reposo o estático. La fricción estática es mayor a la dinámica. Símbolo: μ_s ó μ_0 .
- FRICCIÓN RODANTE** = Es el total de las fuerzas de fricción que existen en los elementos que se encuentran en movimiento de rotación en un diseño. La fricción rodante es menor a las demás, por lo que se toma en cuenta la longitud de apoyo que fricciona una superficie de un material, contra la otra que rueda, por lo que su coeficiente se ofrece en unidades de longitud. Símbolo: μ_r . Sinónimo: *resistencia al rodamiento*.
- HP** = Abreviación de 'Horse Power' (Caballo de Potencia). Unidad de medida inglesa de la potencia mecánica equivalente a 746 Watts o a 1.013 CV.
- MOMENTO** = *Par, Trabajo, Energía*. Ver:
- MONOFÁSICO** = Dícese de aquellos motores que requieren que la corriente eléctrica entre a su sistema mediante una línea de conducción o una fase (de ahí su nombre de monofásico). La instalación monofásica requiere de una segunda línea con conexión a tierra además de la otra eléctrica.
- MOTOR** = Todo aquello capaz de generar un movimiento.
- MOTOR UNIVERSAL** = Denominación del motor eléctrico capaz de funcionar con corriente alterna o corriente directa a un mismo voltaje.
- MPF** = Abreviación de 'Motores de Potencia Fraccionaria'. Motores de entre $1/20$ y 1HP.
- MPM** = Abreviación de 'Motores de Potencia Mayor'. Motores mayores de 1HP.
- MPSF** = Abreviación de 'Motores de Potencia Sub-Fraccionaria'. Motores de $1/2000$ de HP y menores a $1/20$ de HP.
- PAR** = Esfuerzo que se genera cuando se aplica una fuerza en un punto que se encuentra separado cierta distancia (radio) de un centro de giro; resultando un Par de fuerzas en sentidos opuestos, o simplemente un Par. Un Par aumenta, si una misma fuerza se aplica a una distancia del centro cada vez mayor o, si a una misma distancia del centro, la fuerza que se aplica se incrementa. Se abrevia como T (de Trabajo), W (del inglés Work = Trabajo) o M (de Momento); pues dichas magnitudes son equivalentes y se expresan en Joules (J), en Newtons por metro ($N \cdot m$) o en Kilogramos-fuerza por metro ($kg \cdot m$). Sinónimo: *Momento, Trabajo, Energía*.
- PARALELO** = Ver *Derivación*. Sinón. *Shunt* (*término inglés*).
- PAR DE ARRANQUE** = Es el par que hace posible o permite iniciar un movimiento. Este par es siempre el mayor de todos los demás, pues en su magnitud quedan consideradas todas las fuerzas (cargas y fricciones) que se vencerán para poder iniciar un movimiento.
- PAR NORMAL** = Es el par que se genera o requiere durante el movimiento del cuerpo. Este par es de menor magnitud que el de arranque; pues una vez que se ha movido el cuerpo y ha alcanzado una velocidad constante, el par que se requiere para mantener el movimiento es menor.
- POTENCIA** = Rapidez con la que se puede realizar un trabajo. Trabajo realizado en cierto tiempo. La potencia mecánica se puede equiparar con la eléctrica; ya que sus unidades de medición son respectivamente: $\frac{\text{Joule}}{\text{seg.}} = \text{Watts}$ ($\frac{J}{s} = W$).
- RAPIDEZ** = Magnitud con la que se ejecuta una acción en determinado tiempo. La rapidez aumenta si el tiempo de ejecución disminuye y viceversa.
- RESISTENCIA AL RODAMIENTO** = *Fricción rodante*.
- RODAMIENTO** = Que rueda con una correspondencia de avance en sentido inverso por la acción y la reacción.
- ROTOR** = Parte del motor eléctrico que permanece girando o rotando (de aquí su nombre), y que es donde se generan principalmente las fuerzas de reacción con los campos magnéticos y que producirán el movimiento giratorio.
- SERIE** = Se emplea para designar a un tipo de motor de CD, el cual, sus elementos (rotor y estator) están conectados eléctricamente uno seguido del otro.
- SHUNT** = Ver *Derivación*. Sinón *Paralelo*.
- SINCRONISMO o SINCRONO** = Que genera o mantiene un ritmo de movimiento sin que tenga variaciones. Dícese de lo que se mueve en el momento en que se debe de mover sin que existan perturbaciones, modificaciones, patinaje o deslizamiento alguno.
- TRABAJO** = Es el resultado de la aplicación de una fuerza sobre un cuerpo, ocasionando que este se desplace cierta distancia. Se dice que un trabajo es mayor cuando una misma fuerza es aplicada sobre un cuerpo de masa cada vez menor y viceversa; ya que la aplicación de una misma fuerza

sobre objetos de diferente masa, ocasiona que las distancias desplazadas sean diferentes. En otro sentido, se dice que un trabajo es tambien mayor, cuando a un cuerpo con una misma masa se le aplica una fuerza cada vez mayor y viceversa. El trabajo es el resultado de multiplicar la fuerza aplicada al cuerpo, por la distancia que recorrió dicho cuerpo $T = F \cdot d$, teniendo como unidad el Joule (J), Joule = Newton por metro ($J = N \cdot m$).

TRIFASICO = Dícese de aquellos motores que requieren que la corriente eléctrica entre a su sistema mediante 3 líneas de conducción o 3 fases (de aquí su nombre de trifásico). La instalación trifásica requiere de una cuarta línea con conexión a tierra además de las tres eléctricas.

VELOCIDAD NORMAL = Velocidad a la que se estará moviendo la mayor parte del tiempo un cuerpo.
Sinónimo: *Velocidad Nominal*.