Máquinas Rotativas CA

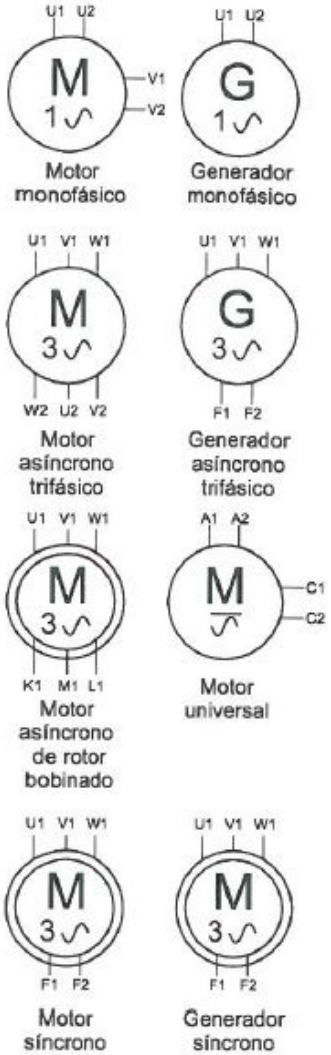
IES POLITÉCNICO DE VIGO
Miguel C. Garcia Allegue

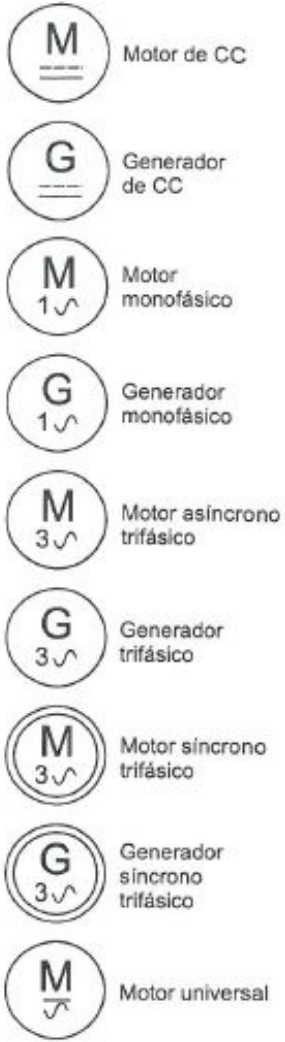
MÁQUINAS ELÉCTRICAS CA

1. Constitución das máquinas - Clasificación;
2. Balance de potencias;
3. Velocidades de xiro;
4. Placa de características;
5. Conexionado de motores;
6. Mantemento do motor;
7. Normas internas de reparación de motores;
8. Mantemento do motor;
9. Infografía.

Máquinas Rotativas CA

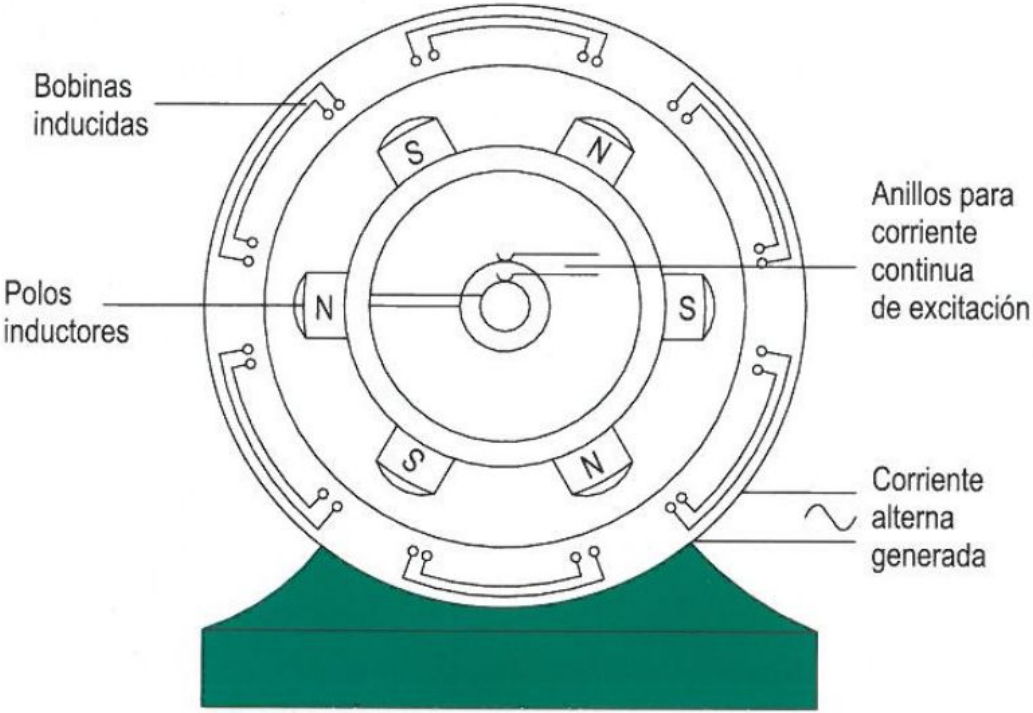
Máquina eléctrica \ Tipo de corriente	Corriente continua	Corriente alterna
Generadores	Dinamo (con excitación): Independiente; Serie; Shunt o derivación; Compound	Alternador: Monofásico; Trifásico; Polos lisos; Polos salientes
Motores	Motor (con excitación): Independiente; Serie; Shunt o derivación; Compound	Monofásicos: Inducción: Jaula: Fase partida; Condensador; Espira de sombra. Rotor devanado: Repulsión; Repulsión en arranque; Repulsión-inducción. Síncrono: Histéresis; Reluctancia; Imán permanente. Polifásicos: Inducción: Jaula de ardilla; Rotor devanado. Síncronos. Universales





1.1. Alternador

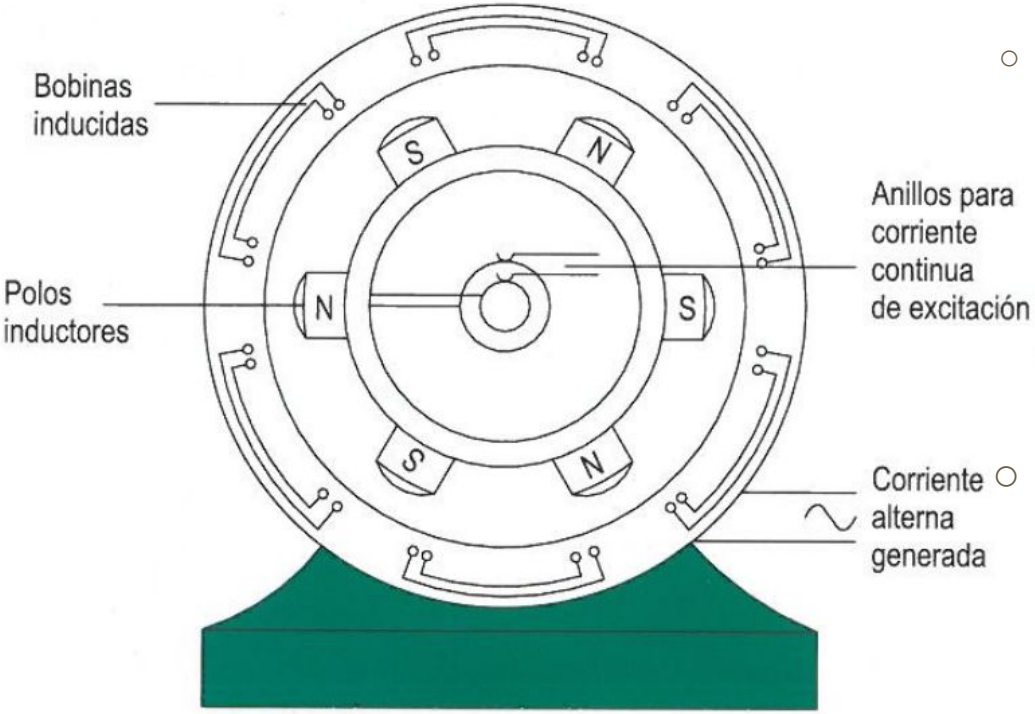
- *Produce unha diferencia de potencial;*



Elementos constructivos:

- *Rótor:*
  - *móvese a velocidade constante no interior do inducido*
  - *alternadores importantes,* ***inductores acostuman a ser de polos saíntes (Centrais Hidroelécticas;***
  - *velocidade de xiro: 75- 1000 rpm*

1.1. Alternador

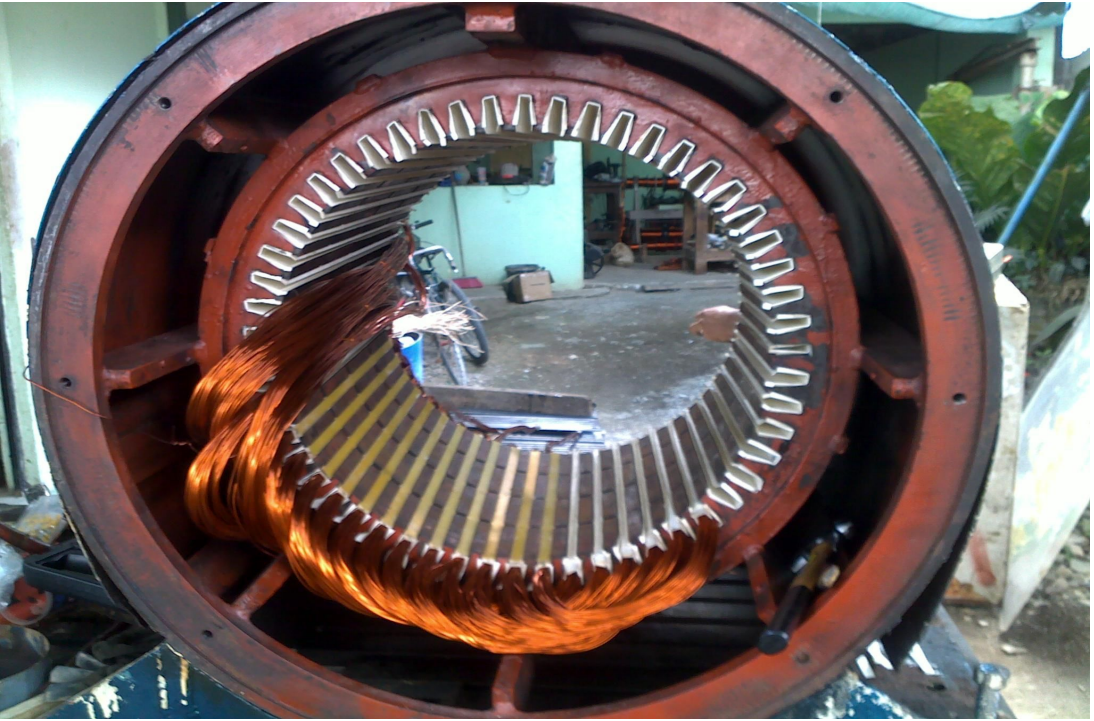


Elementos constructivos:

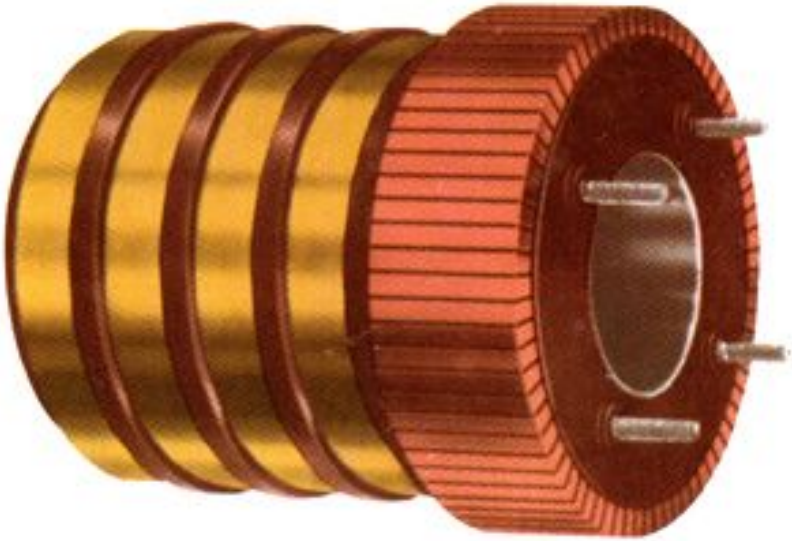
- *Estátor:*
  - *Chapas apiladas e troqueladas formando ranuras*
  - *Arrollamentos unidos entre sí,* ***circuito inducido*** *(monofásico ou trifásico);*

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

  - *f: frecuencia en Hz;*
  - *n: Velocidade en r.p.m.*
  - *p: Pares de polos*
- *Colector de anillos:*
  - *dous aneis sobre os que frotan as escobillas, por onde se suministra a CC de excitación ao bobinado inductor.*



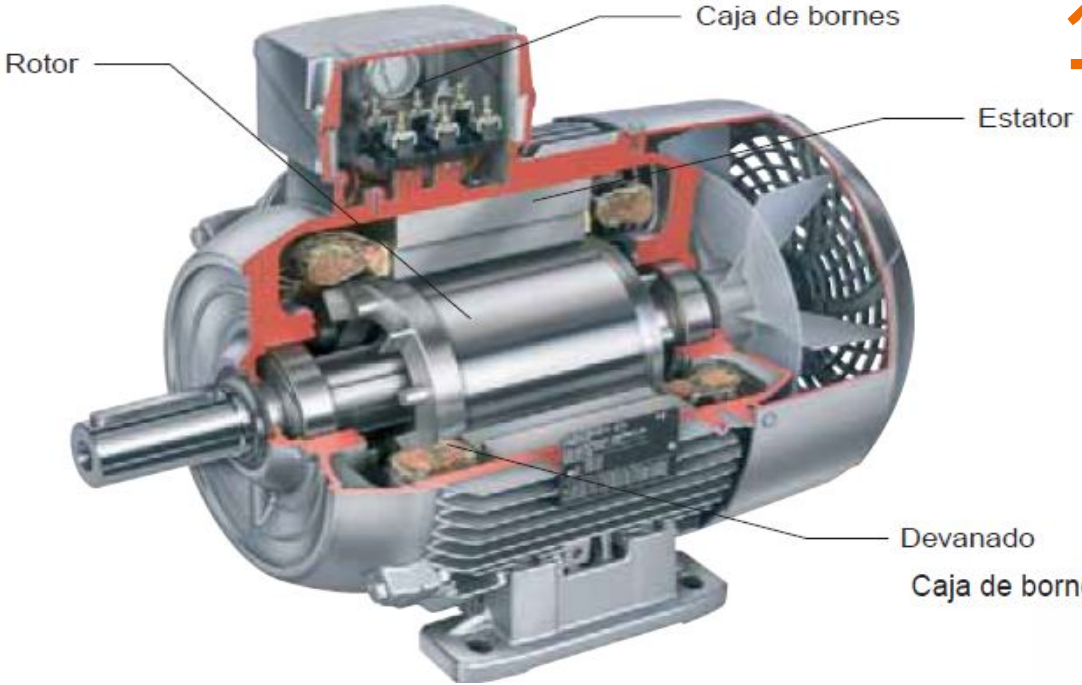
Rotor dun xerador de 35kVA



Colector de anillos

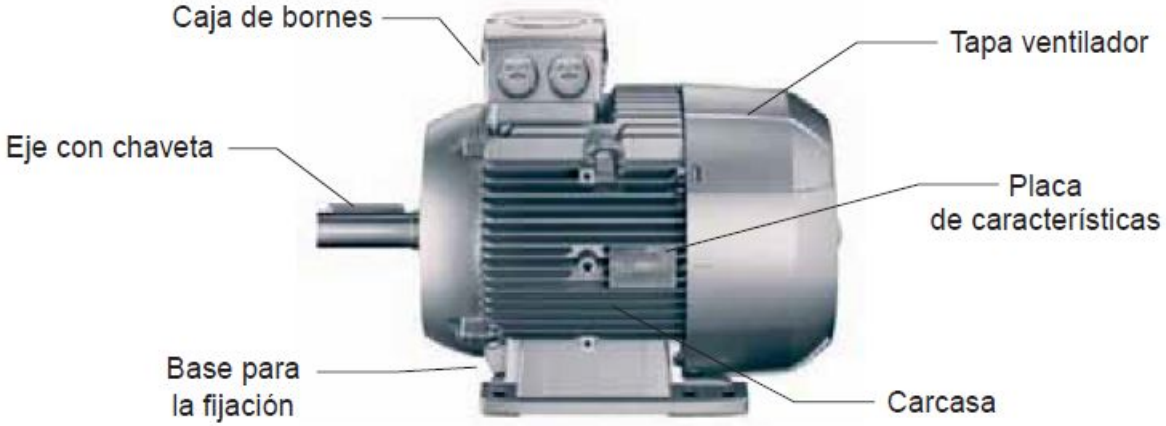
1.2. Motor

Elementos constructivas:



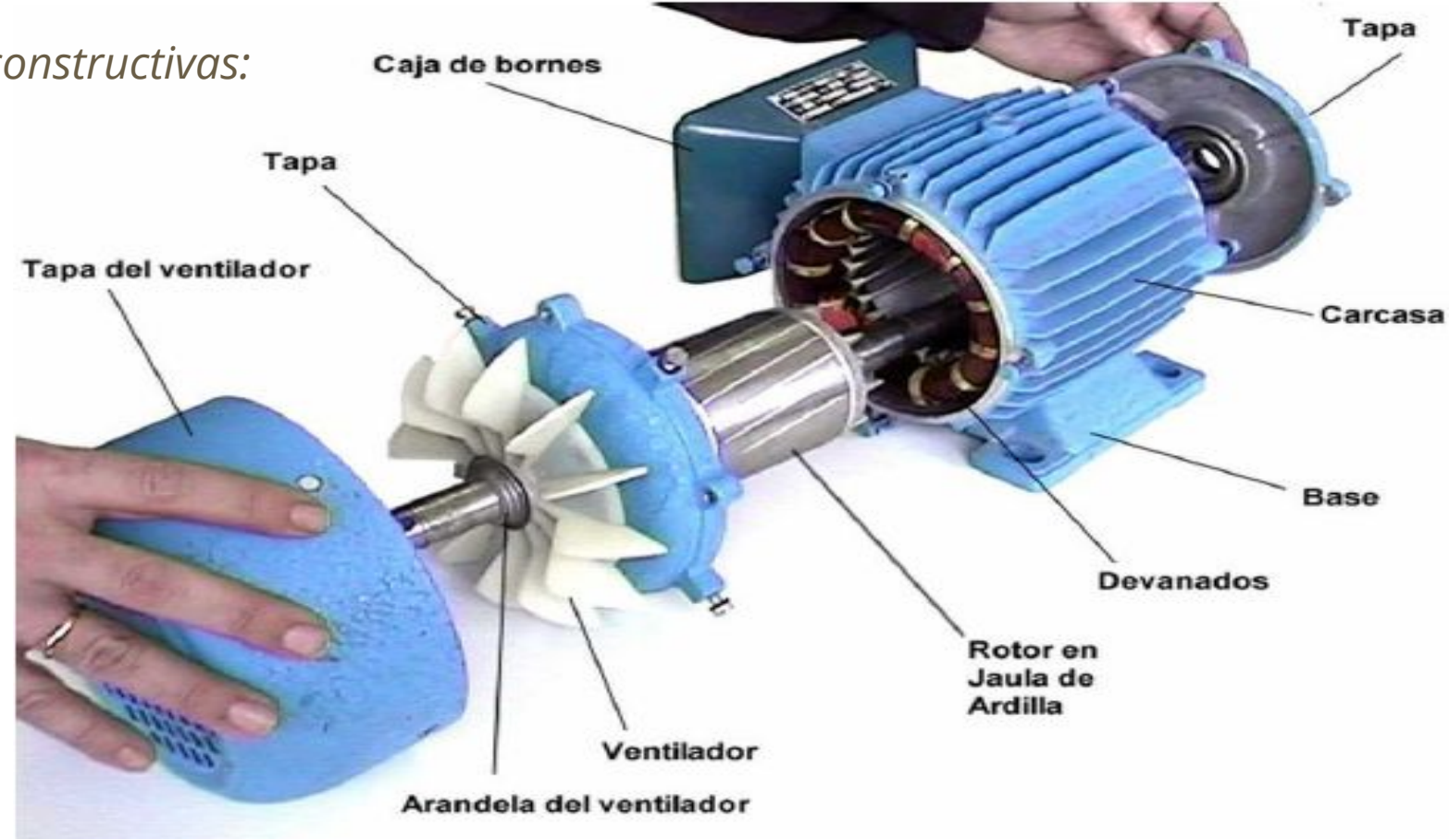
Funcionamento

Partes Video



1.2. Motor

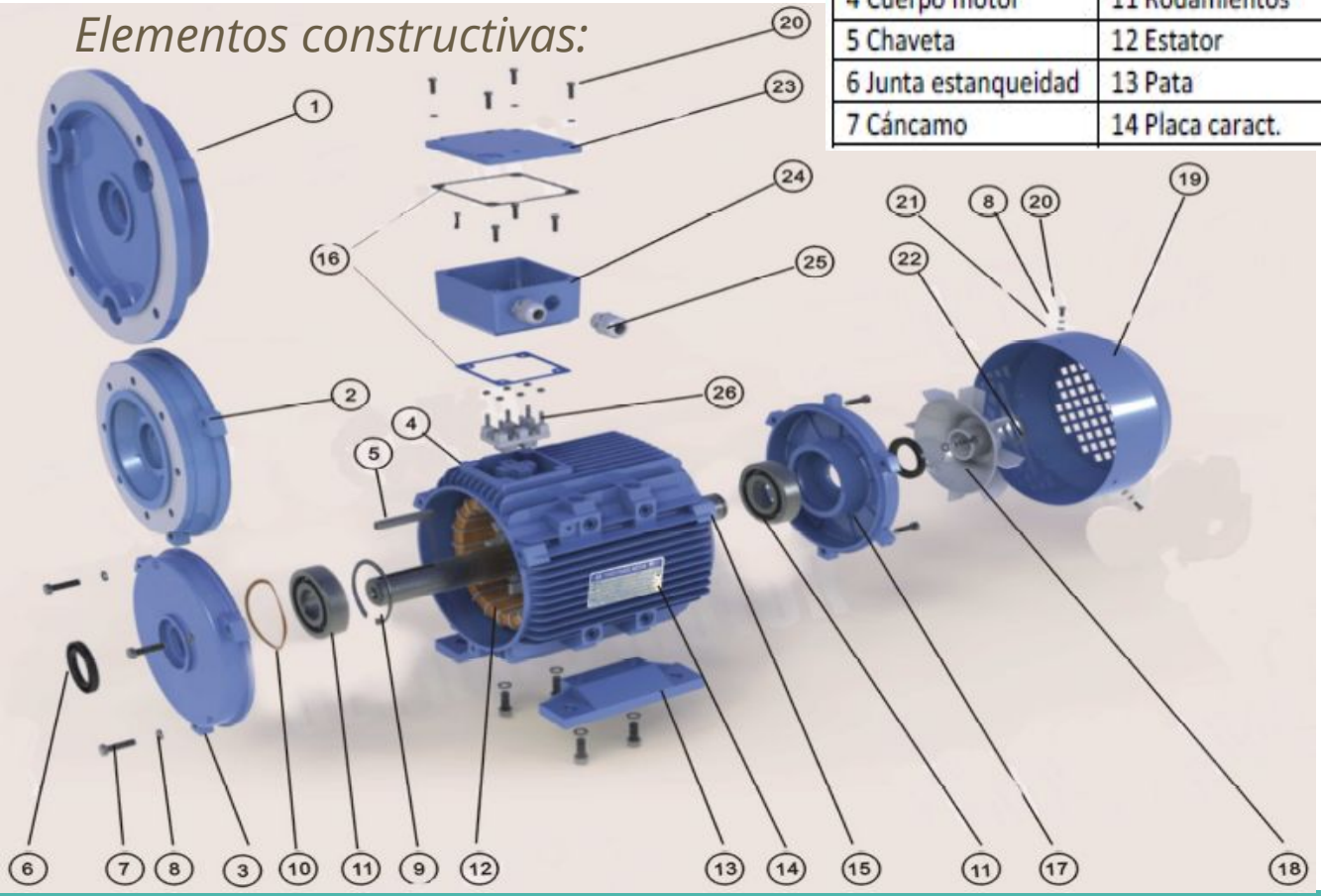
Elementos constructivas:



1.2. Motor

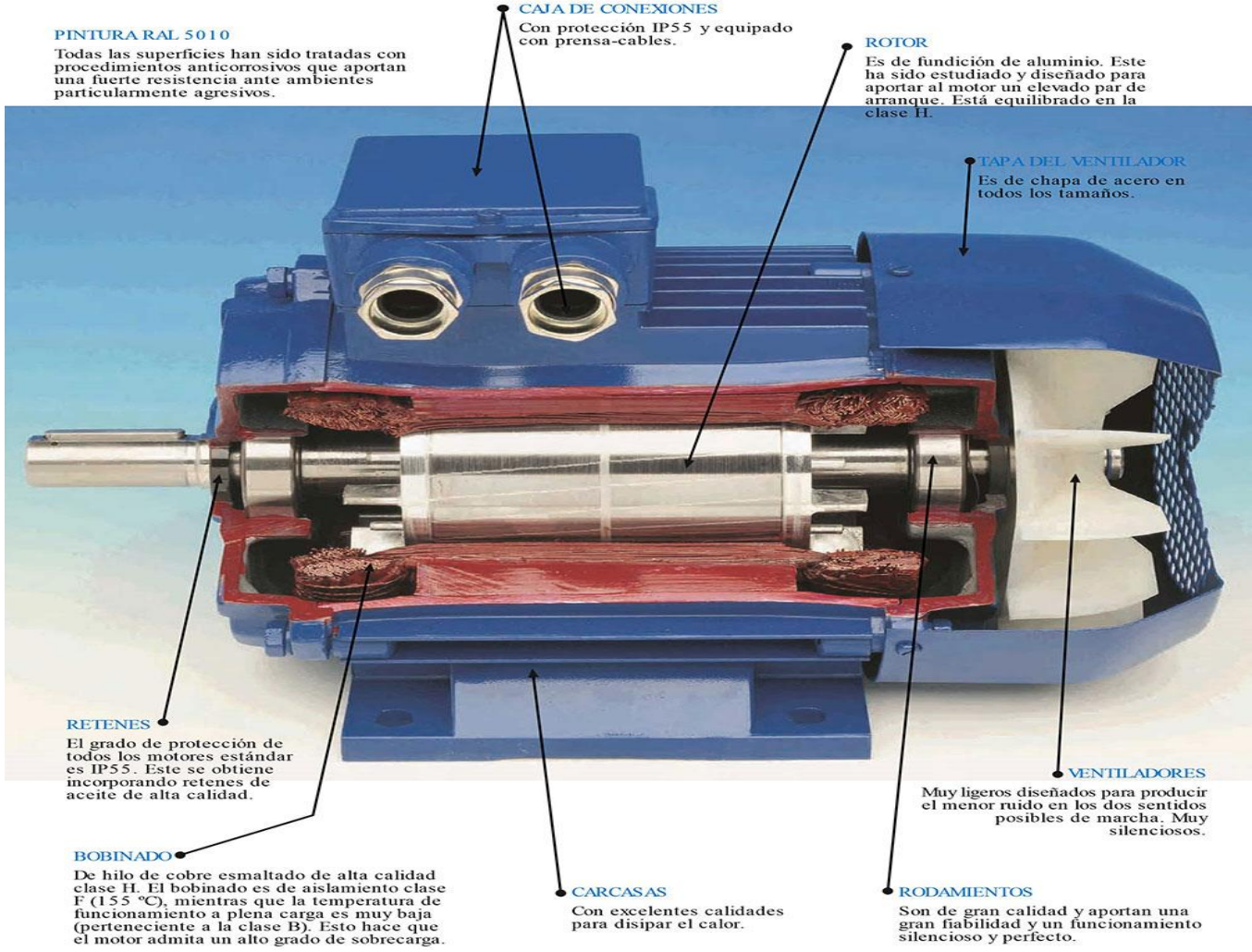
1 Brida B5	8 Arandela de fijación	15 Rotor	22 Fijación ventilador
2 Brida B14	9 Circlip	16 Junta	23 Tapa caja bornas
3 Escudo del.	10 Arandela comp..	17 Escudo trasero	24 Base caja bornas
4 Cuerpo motor	11 Rodamientos	18 Ventilador	25 Prensa-estopas
5 Chaveta	12 Estator	19 Protección vent.	26 Placa bornas
6 Junta estanqueidad	13 Pata	20 Tornillo	
7 Cáncamo	14 Placa caract.	21 Arandela	

Elementos constructivas:



1.2. Motor

Elementos constructivas:

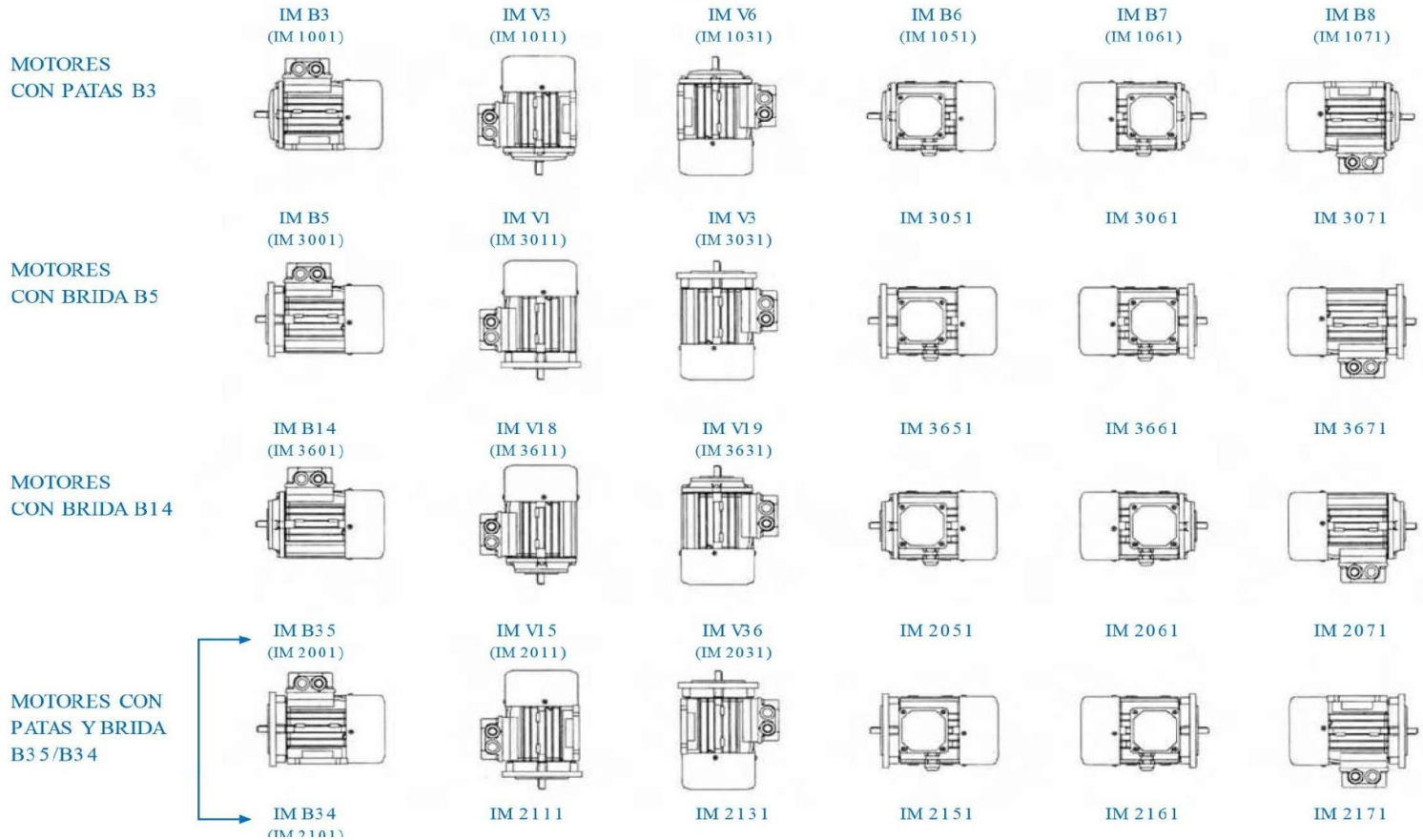


1.2. Motor

Formas constructivas:

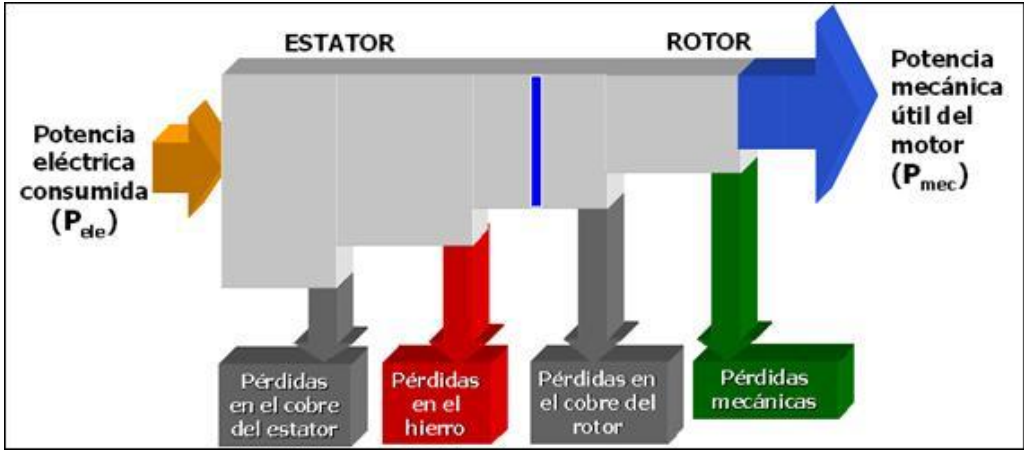
Formas Constructivas

Acorde con la norma IEC 34-7 los motores eléctricos presentan las siguientes posiciones de montaje:



2. Balance de potencias

$$\eta\,(\%) = \frac{P_U}{P_A}\,100$$



- Potencia útil ou nominal (P_U,P_{mec})
- Potencia absorbida (P_A,P_{ele}).
- Pérdidas por efecto Joule no estátor ($P_{JS} = 3\,R_S\,I_S^2$)
- Pérdidas por efecto Joule no rotor ($P_{JR} = 3\,R_R\,I_R^2$)
- Perdas mecánicas (P_{ME})
- Perdas no ferro magnético (P_{FE})
- Perdas Illadas. (Non representadas en la figura)
- Resultando o seguinte balance de potencias.
- $P_U = P_A - (P_{JS} + P_{JR} + P_{ME} + P_{FE} + Pas)$
- $P_A = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$

As perdas representan entre o 2 e o 20 % da potencia absorbida polo motor.

Video

2. Balance de potencias

Perdas no Cobre (Estátor+Rotor) no motor asíncrono.

Son as perdas máis importantes do motor representan aproximadamente un 50 % do total das perdas, máis do 65 % concentradas nos devanados do estátor. Poden reducirse co fío de cobre de mellor conductividade ou menor resistencia eléctrica, reducindo as perdas por efecto Joule.

Perdas magnéticas.

Son as perdas que se producen ao crear os campos magnéticos no aceiro laminado, débense aos efectos de Histérese e a saturación magnética. A histérese é o magnetismo remanente que permanece no aceiro despois de retirar a corrente de imantación, e a saturación é o límite de imantación do material, na que ainda que aumentemos a corrente de imantación non conseguimos aumentar o magnetismo do material.

2. Balance de potencias

Perdas mecánicas.

Estas perdas prodúcense polo **rozamento** nos rodamentos do motor e polo traballo de canalizar o ar a través do motor para refrixera-lo.

Perdas illadas

Estas pérdidas prodúcense principalmente polas **correntes armónicas** no motor e son máis importantes cuanto máis lonxe da carga nominal funcione el motor.

As perdas no cobre e as perdas illadas aumentan considerablemente cando el motor traballa por baixo do 50 % da sua carga nominal.

2. Balance de potencias

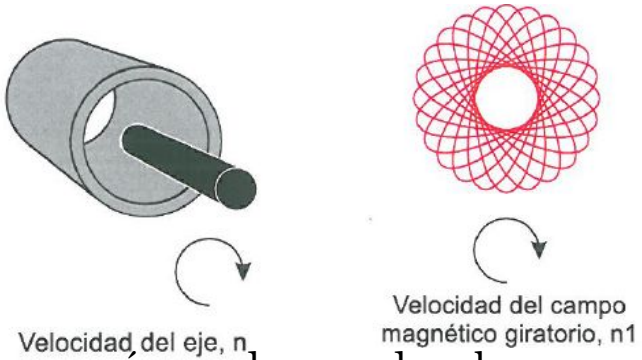
	EFICIENCIA (η)			
Tipo de motor	**Eficiencia Mejorada**	**Alta Eficiencia**	**Ahorro de energía**	**Salida Aumentada**
Carcasa de aluminio	0,09 a 45 kW	0,09 a 37 kW	0,12 a 50 kW	0,14 a 43 kW
	56% a 93,6%	68% a 94%	70% a 92,4%	62% a 91,7%
Carcasa de fierro fundido	1,1 a 1000 kW	37 kW a 160 kW		
	77% a 97,1%	77% a 97,1%		

3. Velocidades de xiro

Principalmente as máquinas rotativas de corriente alterna divídense en dous grandes grupos, máquinas síncronas y máquinas asíncronas. As súas características e funcionamiento diferéncianse principalmente pola súa forma constructiva.

Ainda que ambos tipos basean o seu funcionamiento no campo magnético xiratorio, a diferencia principal entre ambas é a velocidade de xiro do eixo do motor con respeito a dito campo magnético. Así, nas máquinas asíncronas o eixo do rotor xira máis lentamente que o campo magnético xiratorio, dícese que o xiro do rotor é asíncrono e existe un deslizamiento.

Máquina síncrona	Máquina asíncrona	
$n = n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$	$n < n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$	$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$



p número de pares de polos
n velocidad del rotor
n_s velocidad de sincronismo

3. Velocidades de xiro

1. Tenemos un motor con 4 polos cuya velocidad hemos medido con un tacómetro que indica 1485rpm. Calcula el deslizamiento absoluto y relativo.
2. Tenemos un motor con 2 pares polos y un deslizamiento de 1%. Calcula la velocidad del rotor.
3. Tenemos un motor con un deslizamiento de 1% y la velocidad medida en el rotor con un tacómetro es de 1485rpm. Calcula el número de polos del motor

Máquina síncrona

$$n = n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

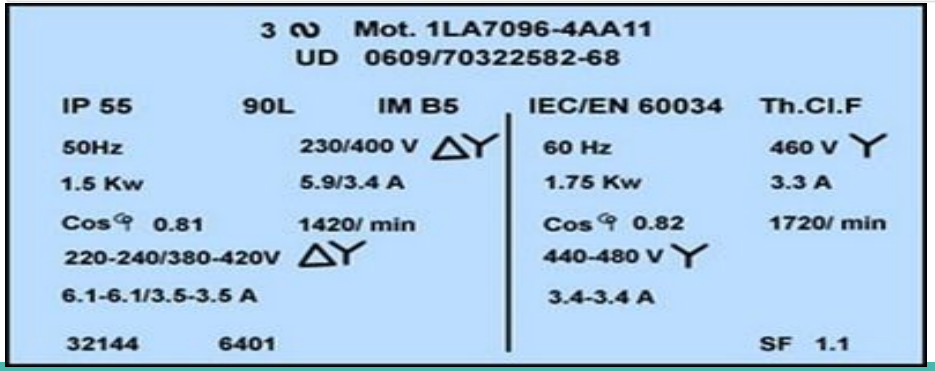
Máquina asíncrona

$$n < n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

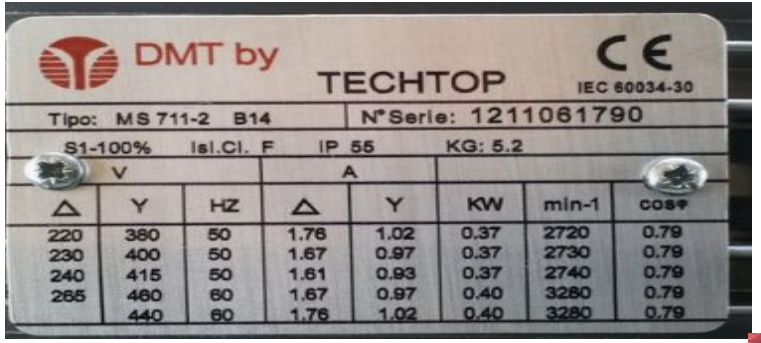
$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

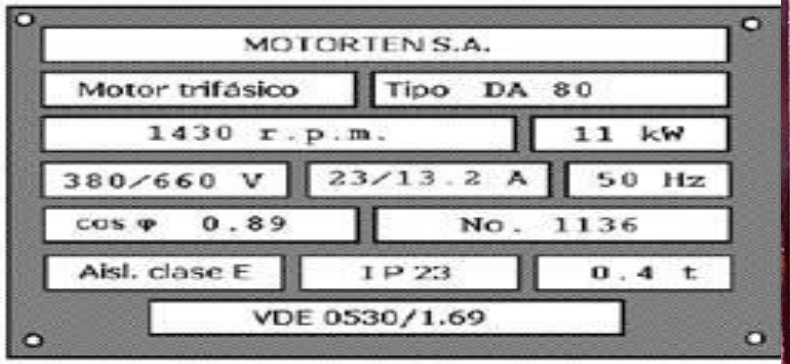
4. Placa de características

	Placa de características de un motor		Placa de características de un motor
1	Nombre del fabricante.	11	Régimen de funcionamiento nominal
2	Tamaño o forma de construcción.	12	Factor de potencia.
3	Clase de máquina, motor generador,etc	13	Sentido de giro. (Bombas)
4	Clase de corriente.	14	Velocidad nominal en r.p.m
5	Número de fabricación.	15	Frecuencia nominal.
6	Identificación del tipo de conexión	16	Clase de aislamiento.
7	Tensión nominal	17	Clase de protección.
8	Intensidad nominal	18	Peso en KG.
9	Potencia nominal. Pútil en el eje.	19	Número y año de fabricación.
10	Unidad de potencia. KW o CV.	20	

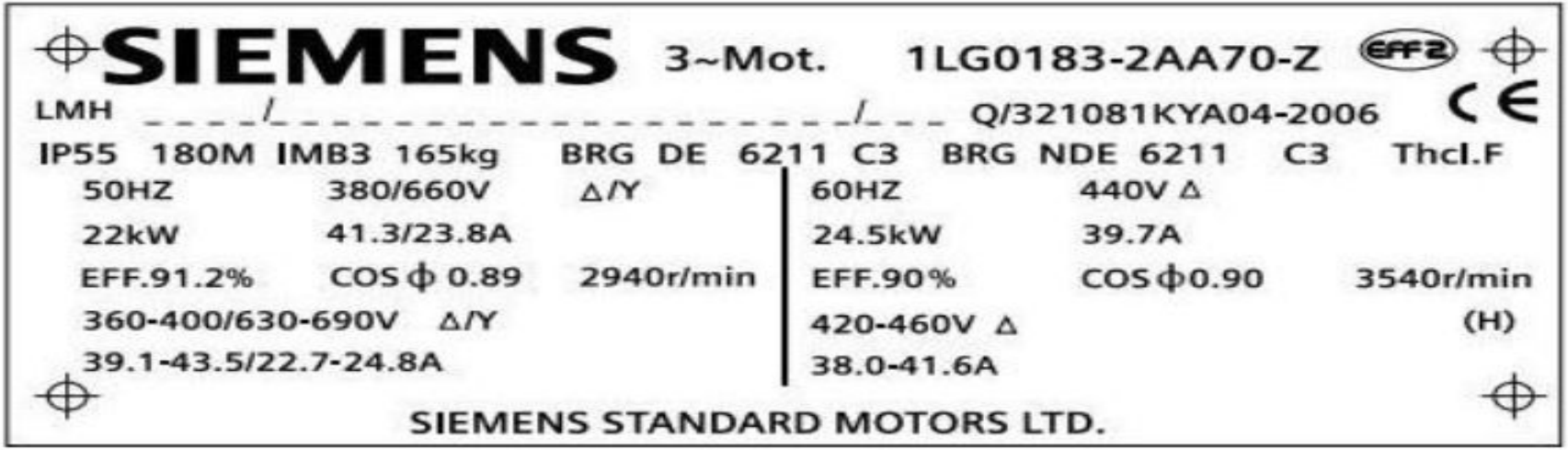


4. Placa de características



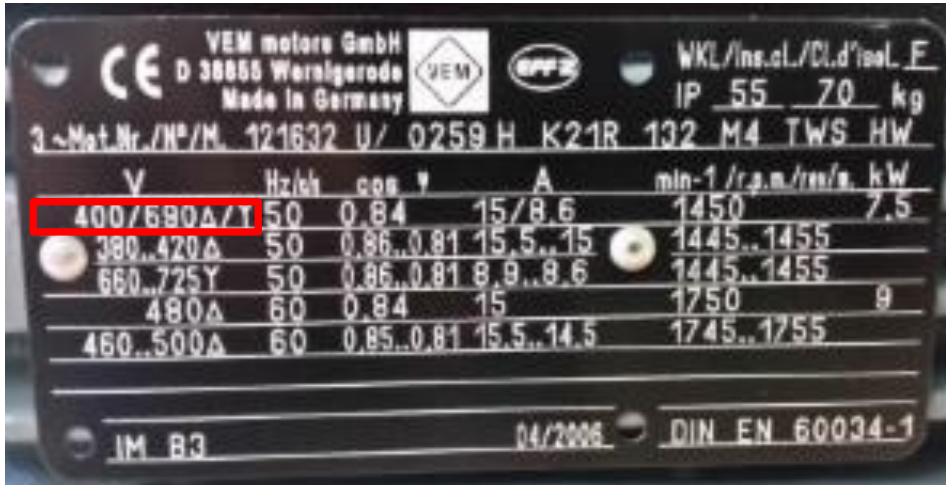


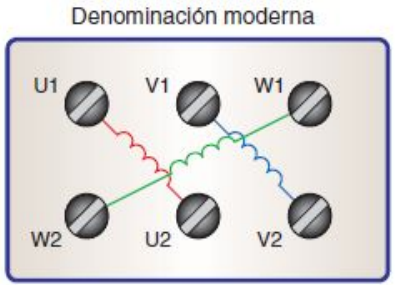
4. Placa de características



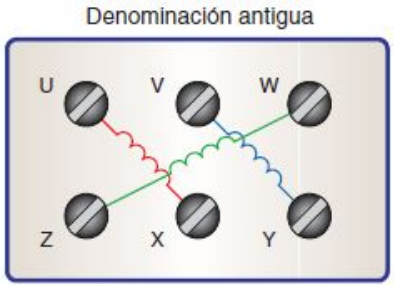
5. Conexionado de motores

Conexión interna de los devanados de un motor trifásico

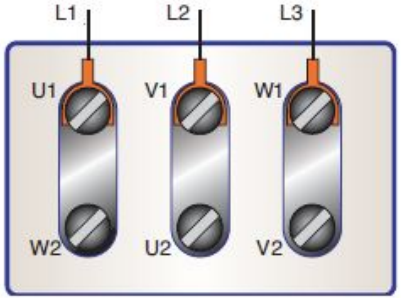


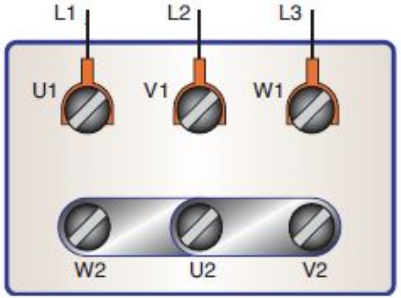


TRIÁNGULO
(Menor tensión)



ESTRELLA





Motor 400/690
(400 para triángulo y 690 en estrella)

Motor 230/400
(230 para triángulo y 400 en estrella)

5. Conexionado de motores

Para el motor de la placa de características, sabiendo que tiene 4 polos, calcula:

a) **Potencia útil**
b) **Potencia absorbida**
c) **Deslizamiento absoluto y relativo**
d) **Velocidad del rotor**
e) **Velocidad de sincronismo**
f) **¿Se puede conectar en estrella-triángulo con una red de 400V?**
g) **Rendimiento**

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$

5. Conexionado de motores

a) **Potencia útil ☐ Potencia indicada na placa ☐ $P_{útil}$= 3 kW**

b) **Potencia absorbida**

$$P_a=\sqrt{3}\cdot U_L\cdot I_L\cdot\cos\varphi=\sqrt{3}\cdot 380\cdot 7.5\cdot 0.8=3949.08\text{W}$$

c) **Deslizamento absoluto e relativo**

$s=n_s-n$ ☐ Faltan datos

d) **Velocidade do rotor ☐ da placa ☐ n=1690 rpm**

e) **Velocidade de sincronismo**

$$n_s=\frac{60\cdot f}{p}=\frac{60\cdot 60}{2}=1800\text{r.p.m.}$$

$$s=n_s-n=1800-1690=110\,\text{r.p.m.}$$

$$s(\%)=\frac{n_s-n}{n_s}\cdot 100=\frac{110}{1800}\cdot 100=6.11\,\%$$

f) **¿Pódense conectar en estrela-triángulo a unha rede de 400V?**

Non, porque cando o conectamos en triángulo as bobinas estan a 400V e só soportan 220V

g) **Rendemento.**

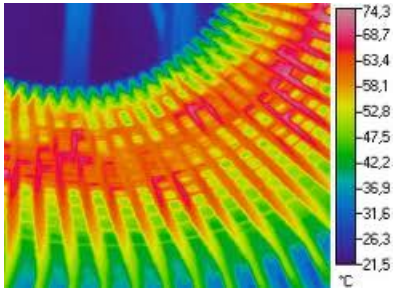
$$\eta=\frac{P_{útil}}{P_a}\cdot 100=\frac{3000}{3949.08}\cdot 100=76.55\%$$

8. Mantemento do motor

✔ **Análises de Termografía.** Unha análise termográfica por infravermellos descubrirá:

- Rodamientos defectuosos.
- Termografía estator motor asíncrono
- Conexións eléctricas defectuosas.
- Fallos de illamentos no bobinado, amósase como puntos de alta temperatura no estátor.
- Erros de alineación amósanse como puntos de alta temperatura.

Termografía estator



Os **motores inactivos** durante longo tempo deben poñerse en marcha periódicamente para engrasar os rodamientos.

Averías

6. Valoración do consumo enerxético na industria

Na industria aproximadamente o **60 % do consumo enerxético** prodúcese nos motores eléctricos. Por outra parte o **custo** global de **funcionamento** dun motor ao longo da súa vida é **10 veces maior ao seu custo de adquisición**. Polo que o estudo dos motores eléctricos son unha fonte importante de aforros enerxéticos.

Os pasos a dar no estudo dos motores dunha industria serían os seguintes:

- ❑Identificar os motores principais polo consumo enerxético, estes acostuman ser: Bombas, Ventiladores, Compresores, Manexo de materiais pesados,
- ❑Dividir os motores polo tamaño e horas de funcionamento.
- ❑Tempo de funcionamiento a plena carga.

7. Normas internas de reparación de motores

É importante definir unhas pautas que optimicen as decisións cando un motor se avería, estas varían en función do país e a industria, pero como base común para todo tipo de industrias podríamos citar as siguientes normas:

- ✔ Cambiar o motor por outro mellor dimensionado.
- ✔ Si se rebobina un motor comprobar que sigue tendo o mismo rendimiento.
- ✔ Motores de máis de 30 kW e máis de 10 años deben ser sustituidos por motores tecnolóxicamente máis avanzadas e con mellor rendimento.
- ✔ Cambiar os motores averiados de menos de 10 kW en lugar de rebobinar.
- ✔ Si o custo de rebobinar excede do 50 % do custo dun novo motor, é preferible comprar un nuevo motor.

8. Mantemento do motor

Un bo mantemento evitará paradas de producción non programadas. Co mantemento predictivo o motor avisará antes dun fallo, podendo programar unha parada da líña para a súa reparación. Os diferentes ensaios ou tests de mantemento preventivo serían:

- ✔**Medición de illamento**. Debe ser da orde de Megaohmios. Realizarase o test con inxeción de corrente continua de 1.000 voltios en motores nuevos ou 500 voltios en motores usados. Seguir recomendacións do fabricante para evitar dañar el equipo.
- ✔**Equilibrado.** É importante manter o equilibrado do motor e da carga. Por exemplo un ventilador ou unha bomba, as paletas van degradándose provocando un desequilibrado do motor que producirá vibracións e ruidos nos rodamentos.
- ✔**Alineamiento.** Fallo no fundamento, da base ou dos pernos poden provocar fallos de alineamentos no motor, provocando ruidos e vibracións nos rodamentos, eixos e tapas dos motores.
- ✔**Deslizamento de correas.** Retensionar correas y revisar alineamiento, un destensionado das correas produce deslizamento que desgasta las correas.
- ✔**Análise de vibracións de rodamiento.** Revisar periódicamente, por exemplo mensualmente, e gardar un histórico dos datos.

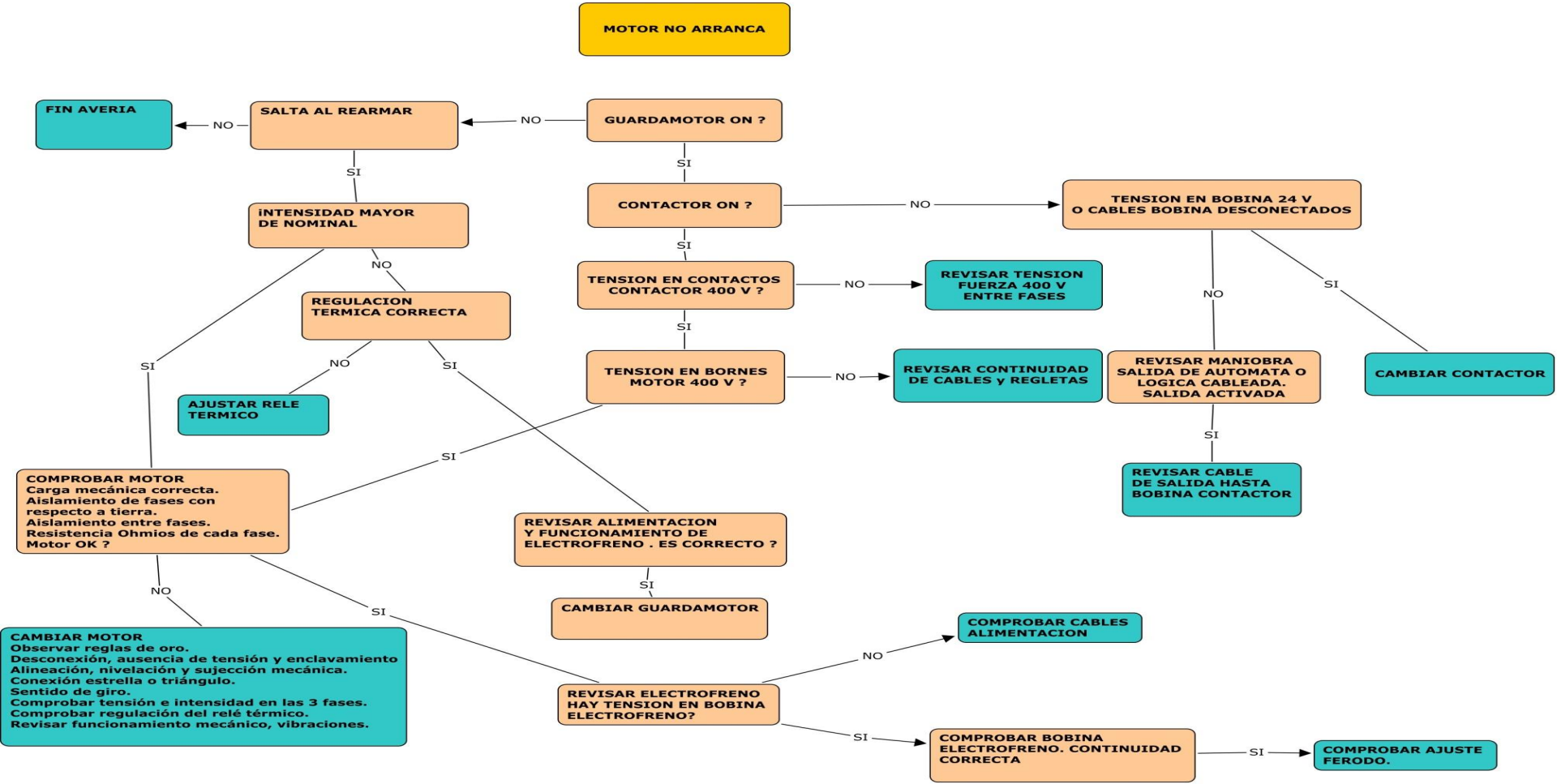
8. Mantemento do motor

Síntomas	Causas posibles	Verificación y soluciones
1.- O motor non arranca	- Non lle chega corriente ao motor - Si o motor ronca e non chega a arrancar, fáltalle unha fase - Tensión insuficiente ou carga excesiva - Si o motor é de anei e o ruido é normal e non arranca, o circuito rotórico esta mal. Circuito exterior ou devanado cortado - Devanado a masa	- Verificar tensións na rede, fusibles, contactos, conexións do motor - Verificar a correcta conexión, estrela ou triángulo, na sua placa de bornes e a carga do motor - Verificar tensións rotóricas, contacto das escobillas e circuito das resistencias de arranque (conductores e resistencias) - Verificar illamentos dos devanados
2.- O motor arranca, pero non acada a velocidade nominal	- Tensión insuficiente ou caída de tensión excesiva - Fase do estator cortada - Si do motor é de aneis, quedaron resistencias intercaladas - Si el motor é de aneis ruptura do circuito de arranque rotórico - Cortocircuito ou devanado a masa	- Verificar tensión de rede e sección de liña - Verificar tensión e devanado - Verificar circuitos de arranque - Verificar conexións, resistencias, escobelas e devanado - Verificar devanados e reparar
3.- A corrente absorbida en funcionamiento é excesiva	- Maquina accionada agarrotada ou carga excesiva - Si o motor ronca e as intensidades das tres fases son desiguais, cortocircuito no estator - Si o motor é de aneis, cortocircuito no circuito rotórico	- Verificar carga e sustituir motor si este é pequeno - Verificar illamentos e reparar ou rebobinar o motor - Verificar aneis, escobelas e circuito de resistencias. Verificar devanado rotórico e reparar
4.- A corrente absorbida no arranque é excesiva	- Par resistente moi grande - Si o motor é de aneis, resistencias rotóricas mal calculadas ou cortocircuitadas	- Verificar la carga del motor - Verificar resistencias y posibles cortocircuitos en resistencias y devanado rotórico

8. Mantemento do motor

Síntomas	Causas posibles	Verificación y soluciones
5.- O motor quéntase exaxeradamente	- Motor sobrecargado - Ventilación incorrecta - Si o motor se quenta en valeíro, conexión defectuosa - Cortocircuito no estator - Tensión de rede excesiva	- Verificar carga - Verificar e limpiar rexa e ranuras de ventilación - Verificar as conexións da placa de bornes - Verificar devanado estatórico - Verificar tensión e correxir
6.- O motor fumea e queimase	- Cortocircuito directo ou dun número excesivo de espiras en calquiera dos seus devanados - Mala ventilación do motor	- Verificar devanados e reparar ou rebobinar - Manter sempre limpos os circuitos de ventilación
7.- O motor produce demasiado ruido	- Vibracións de certos órganos - Si o ruido é só en repouso e non en marcha, cortocircuito no rotor - Si o ruido cesa ao cortar a corriente	- Lanzar e desconectar el motor e si o ruido persiste, verificar fixacións e cojinetes - Verificar devanado rotórico e reparar - Verificar cojinetes e rotor

8. Mantemento do motor



9. Infografía

- *“Máquinas Eléctricas”. Juan Carlos Martín Castillo. Editex.*
- *“Mantenimiento de Máquinas Eléctricas”. Juan José Manzano Orrego. Paraninfo.*
- *https://www.youtube.com/watch?v=OlTDyL6ZPOY*
- *https://www.youtube.com/watch?v=x6_iN4Pj1-A*
- *https://www.youtube.com/watch?v=0CN4SuMxedo&feature=youtu.be*
- https://automatismoindustrial.files.wordpress.com/2014/04/averia-motor.jpg
- https://electricidad-viatger.blogspot.com/2009/04/averias-en-motores-trifasicos-de.html
-