

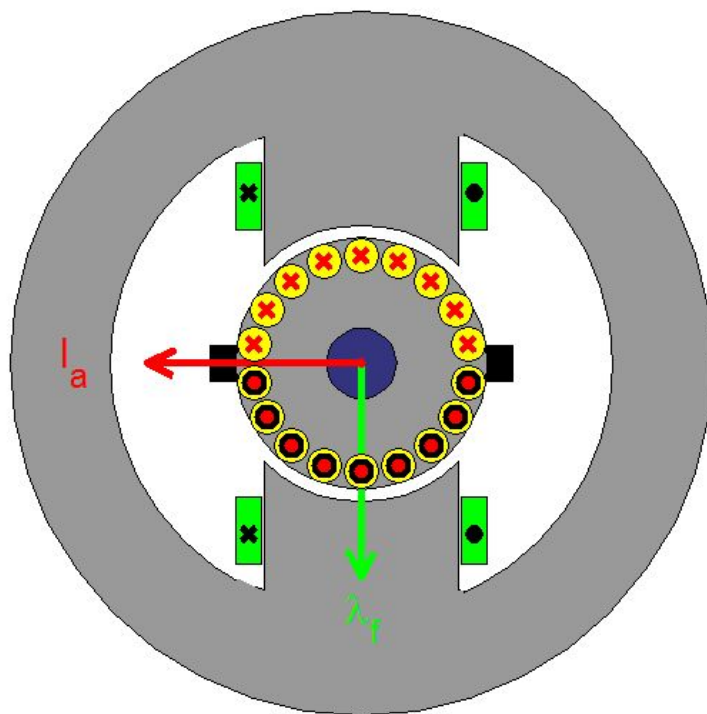


# MÁQUINAS ELÉCTRICAS 1

COMENZAMOS 10:10AM

Profesor: MSc. Joaquin Gonzalez Villarreal

# MÁQUINA DC



## 1. EMPLEO DE LAS MAQUINAS DC

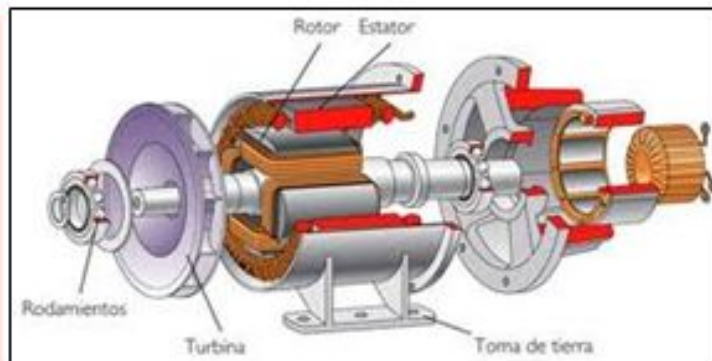
- Se emplean principalmente debido a que se pueden alimentar desde baterías.
- Cuando se requiere alto grado de control de velocidad y torque.



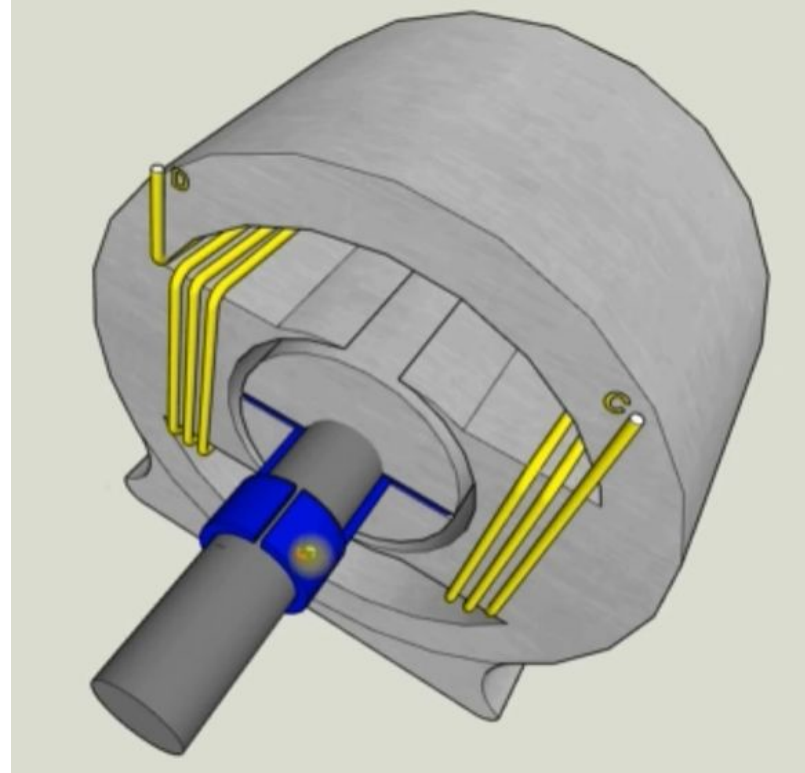
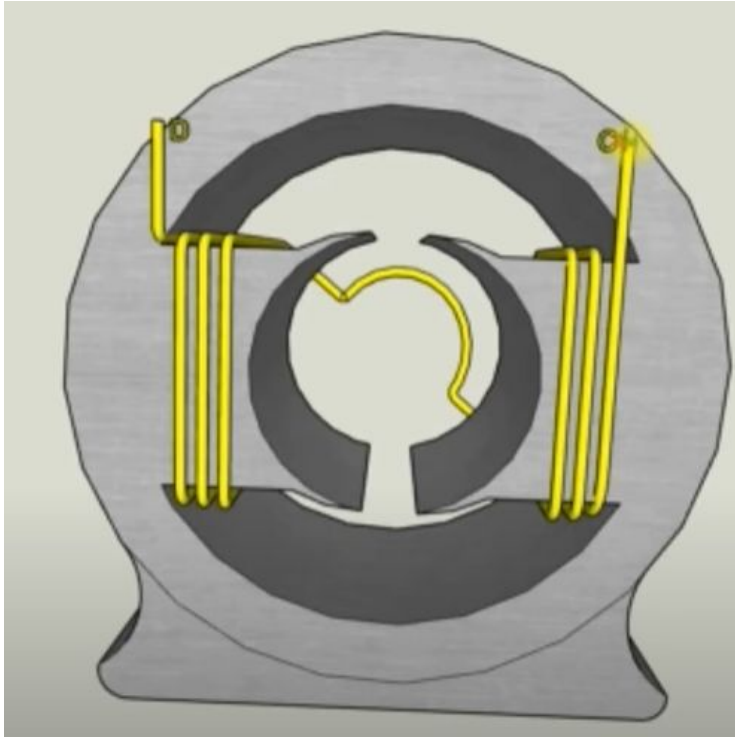
# MÁQUINA DC

## ¿Por que no se emplean los motores DC?

- Son más costosos que las máquinas de CA. tanto en mantenimiento como en construcción.
- Especialmente respecto a los motores “rotor tipo jaula de ardilla”

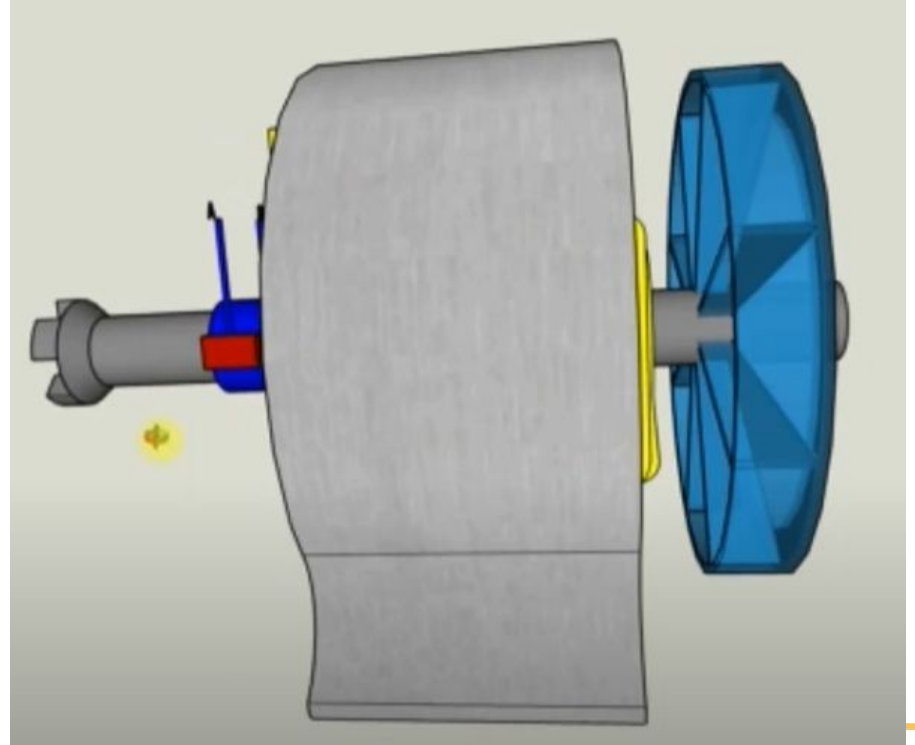
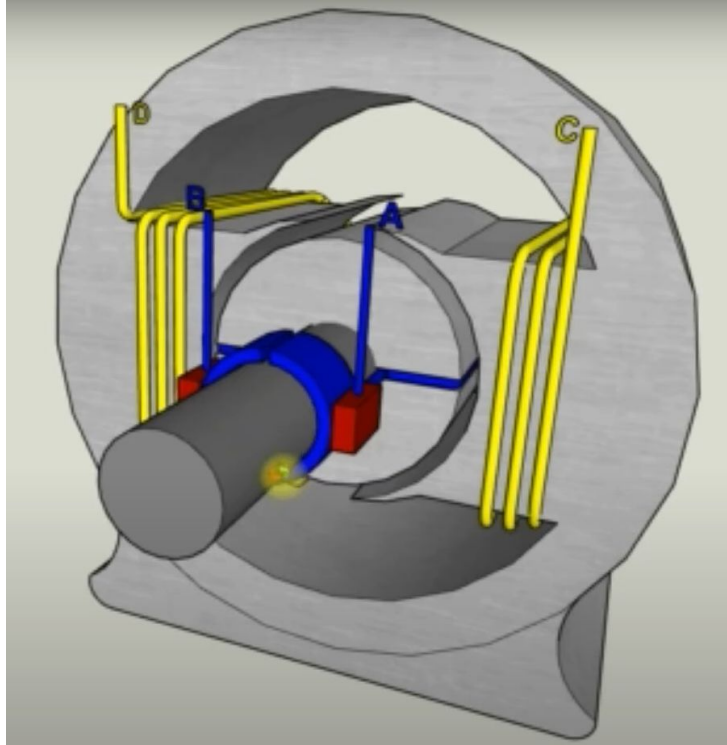


## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

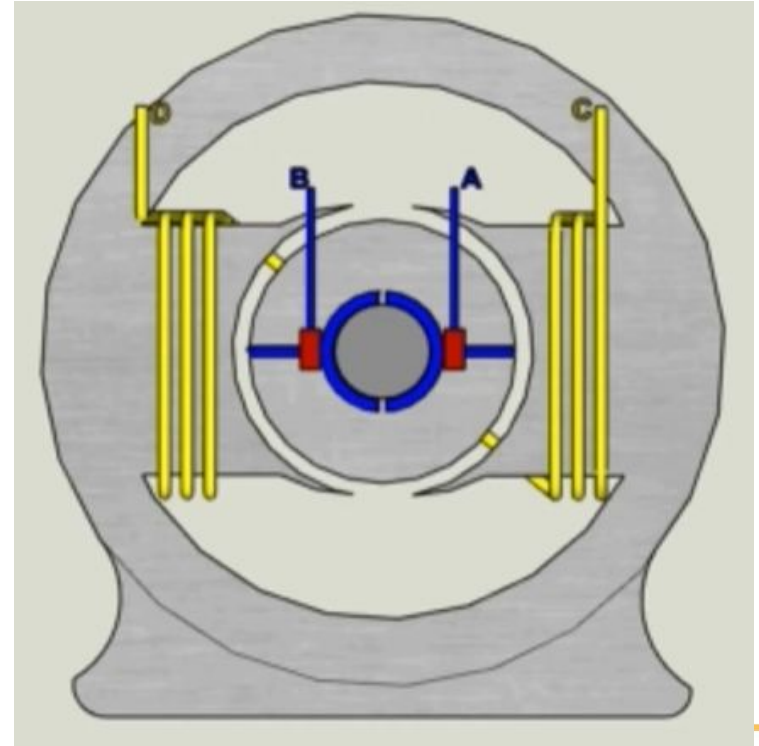
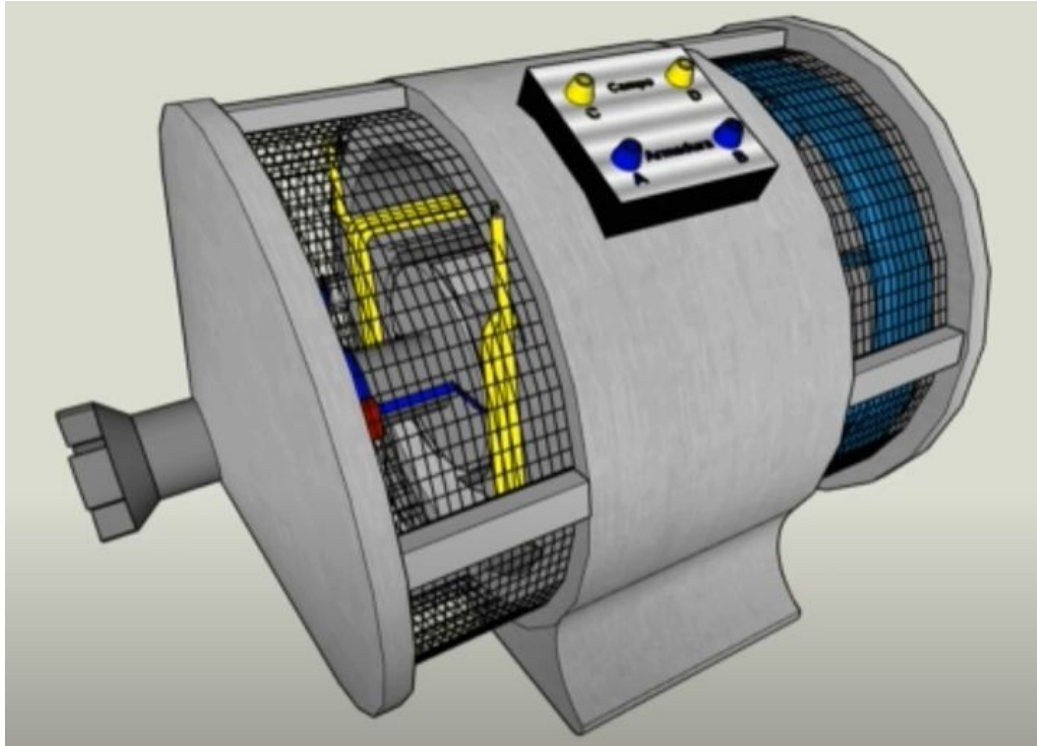


<https://www.youtube.com/watch?v=xbj-e1MgFVY&list=PLaACpLKadqIC7Ote5hbblzh9SROZYE-p4&index=4>

## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS



## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

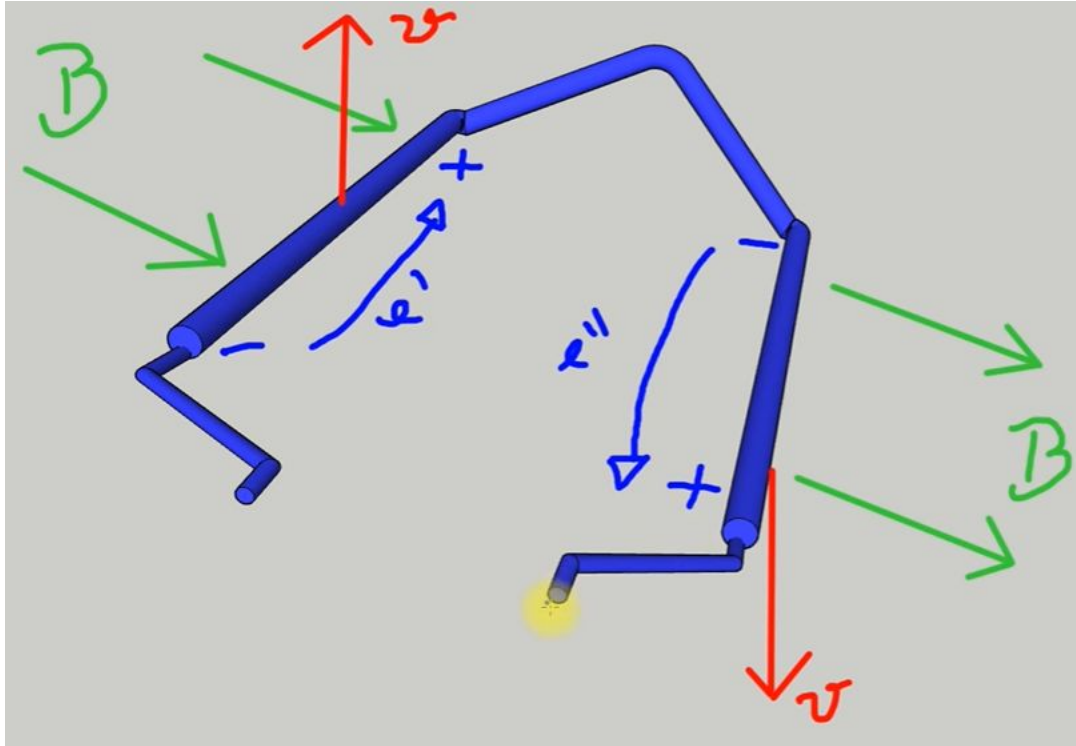




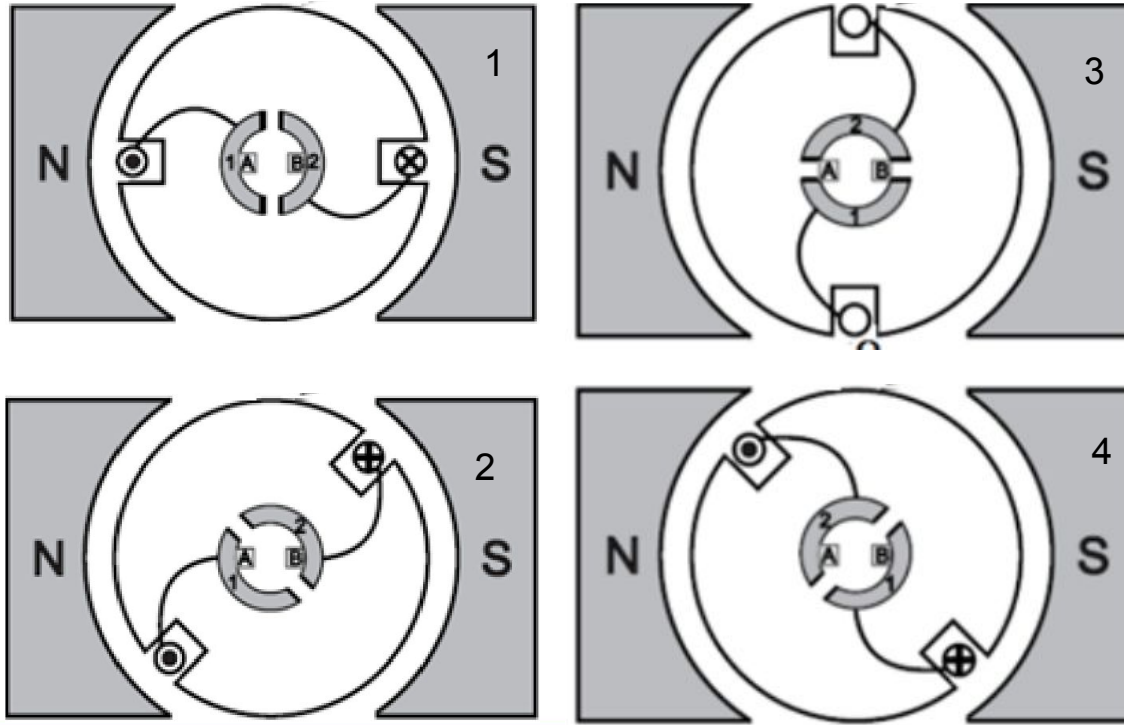
GENERADOR



## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS



## RECTIFICACIÓN MECÁNICA DE LA TENSION INDUCIDA

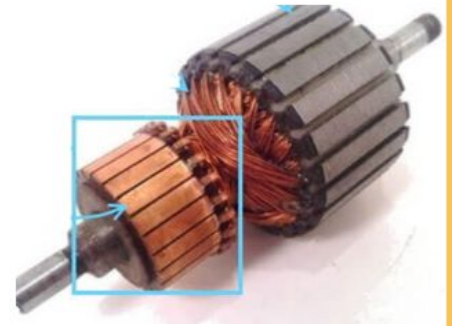
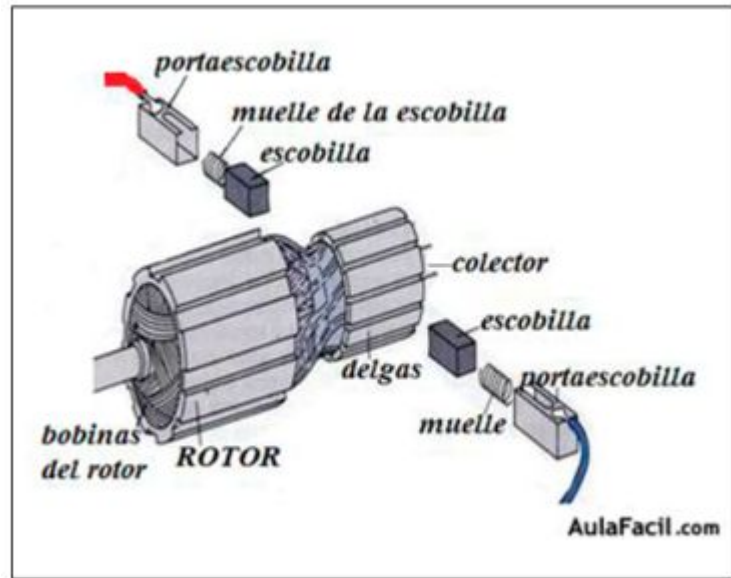
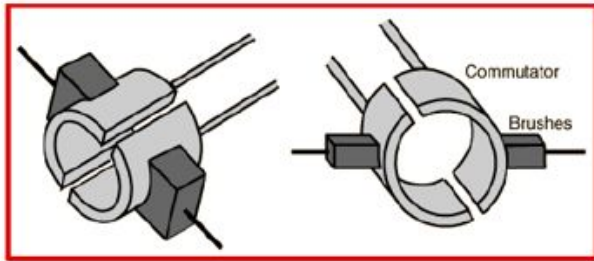


La polaridad de la tensión inducida en la bobina se invierte, pero la polaridad del voltaje entre escobillas se mantiene.

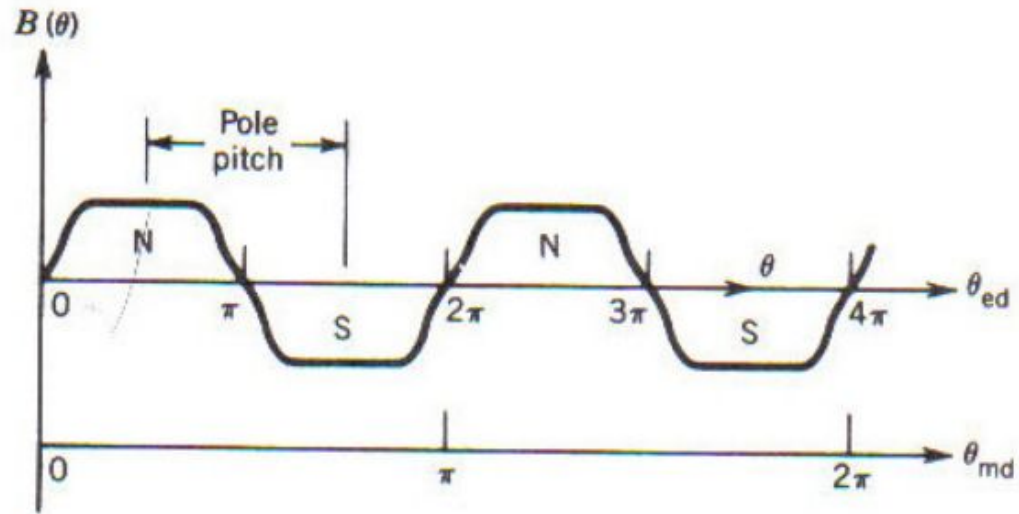
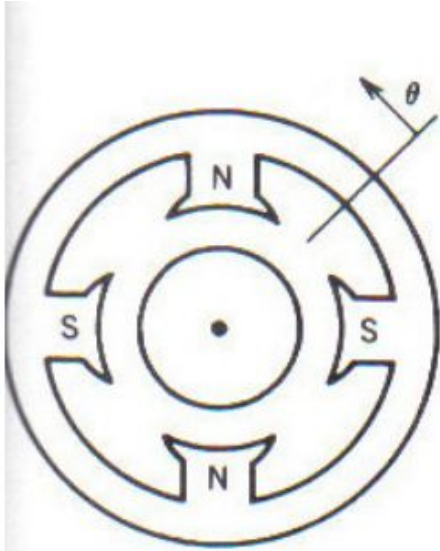
Se genera chispas en la conmutación( sistema de escobillas +colector).

Causa erosión y desgaste de la superficie del conmutador.

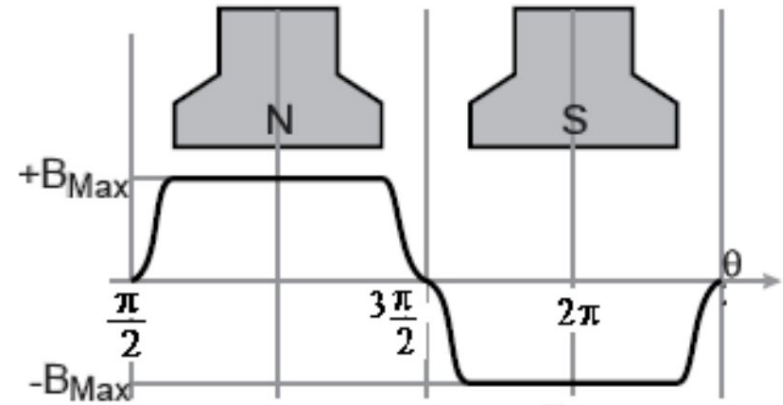
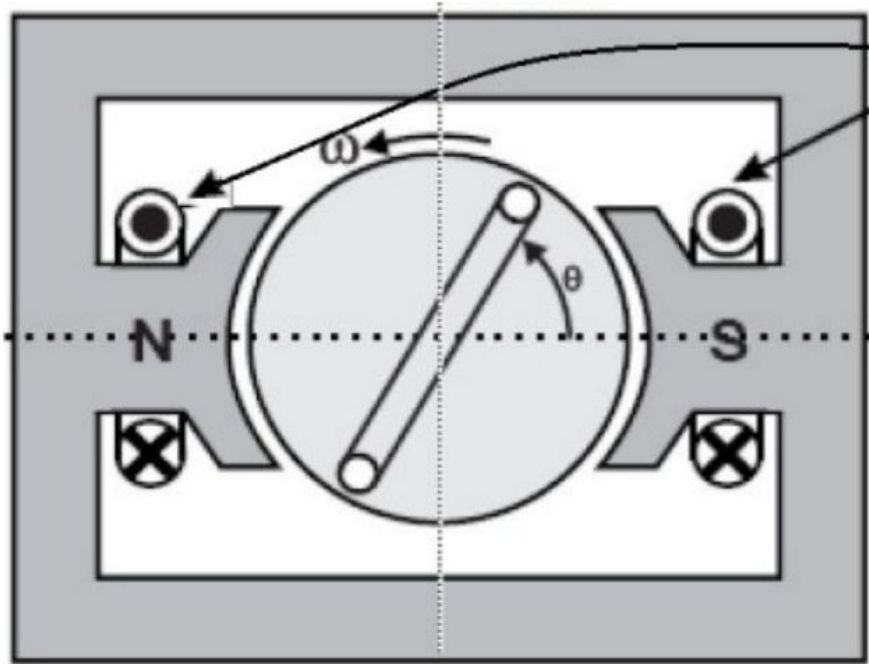
# RECTIFICACIÓN MECÁNICA DE LA Tensión INDUCIDA



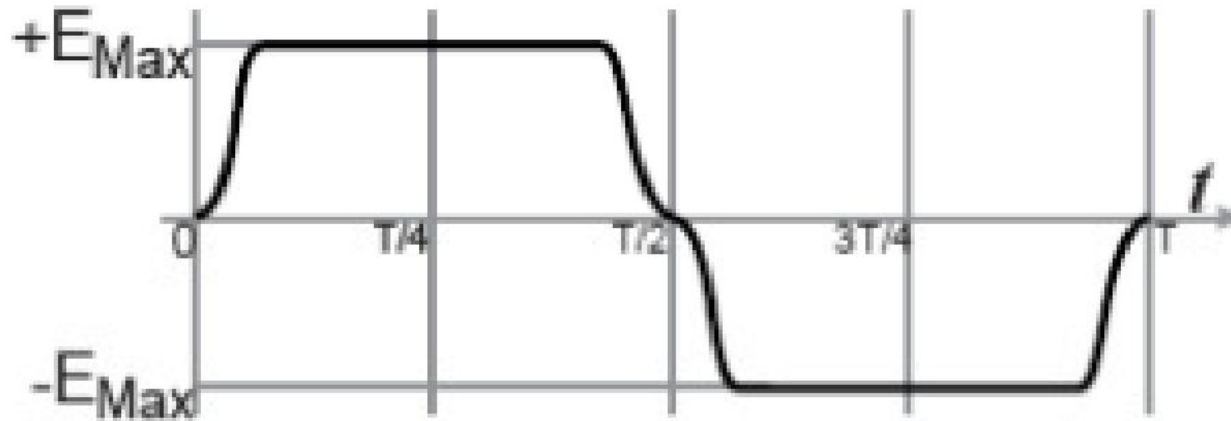
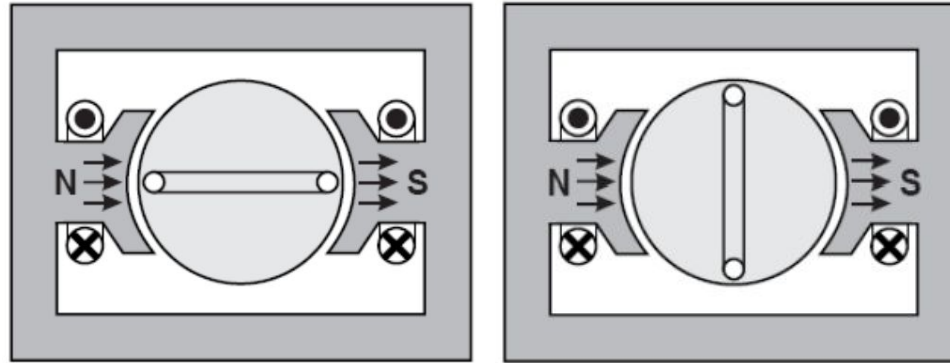
## NÚMERO DE POLOS EN LA MÁQUINA DC



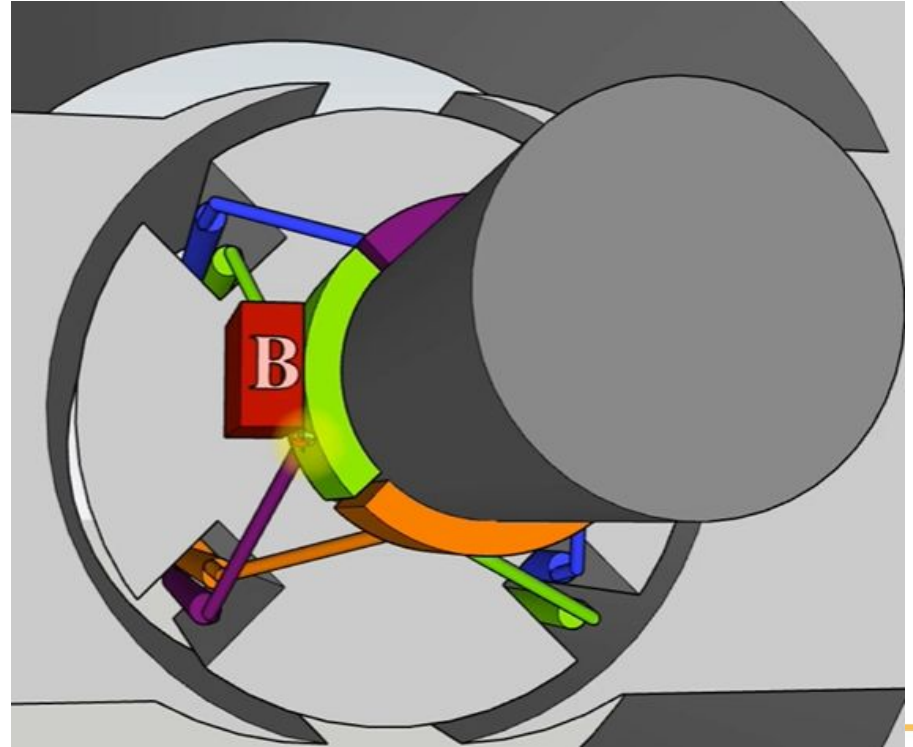
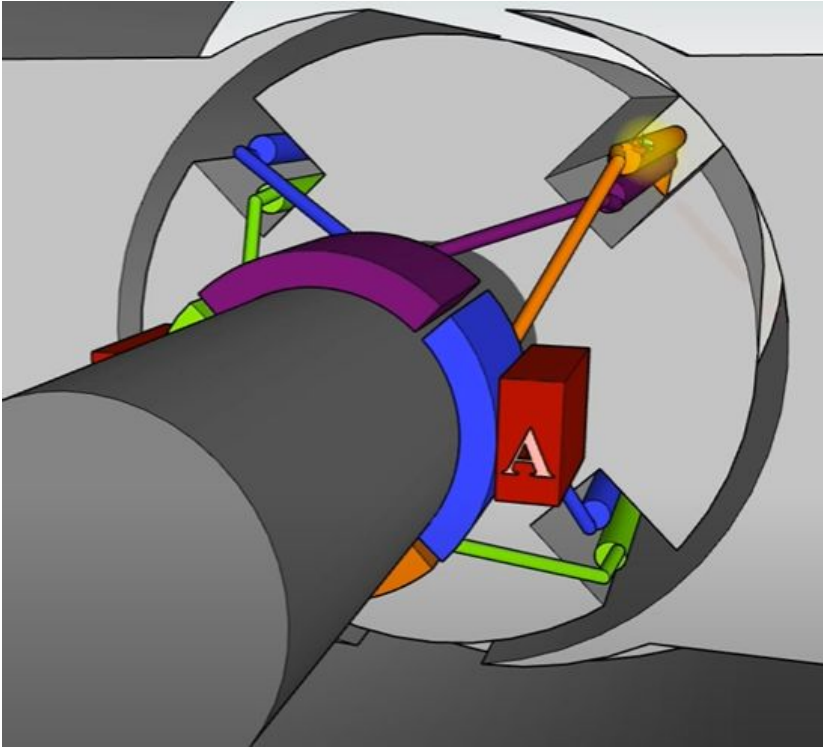
## BOBINA DENTRO DE UN CAMPO MAGNÉTICO



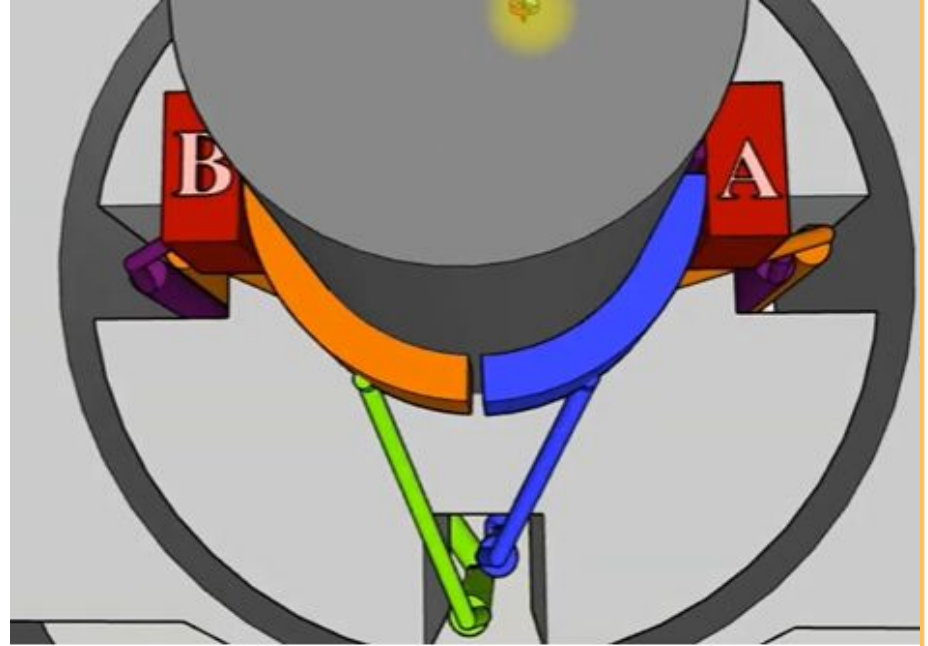
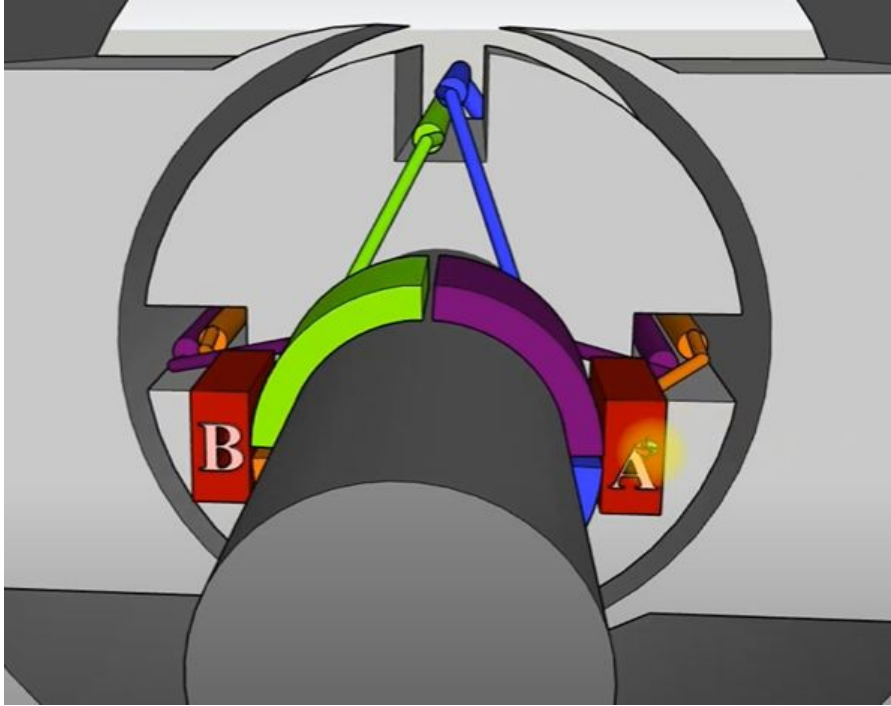
## TENSIÓN INDUCIDA



## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

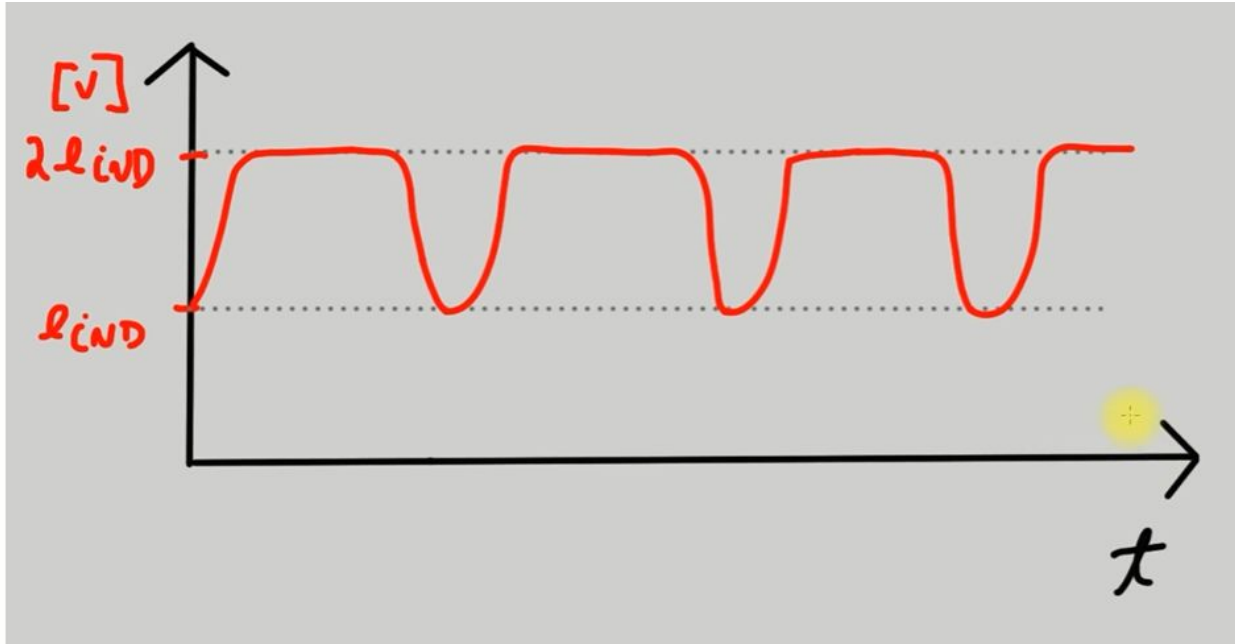


## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

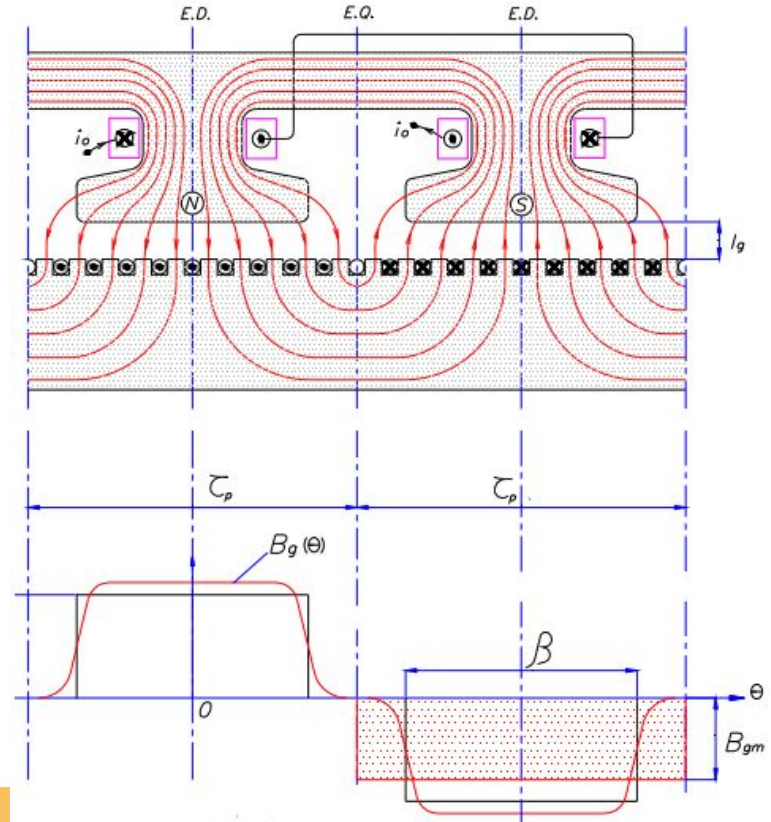
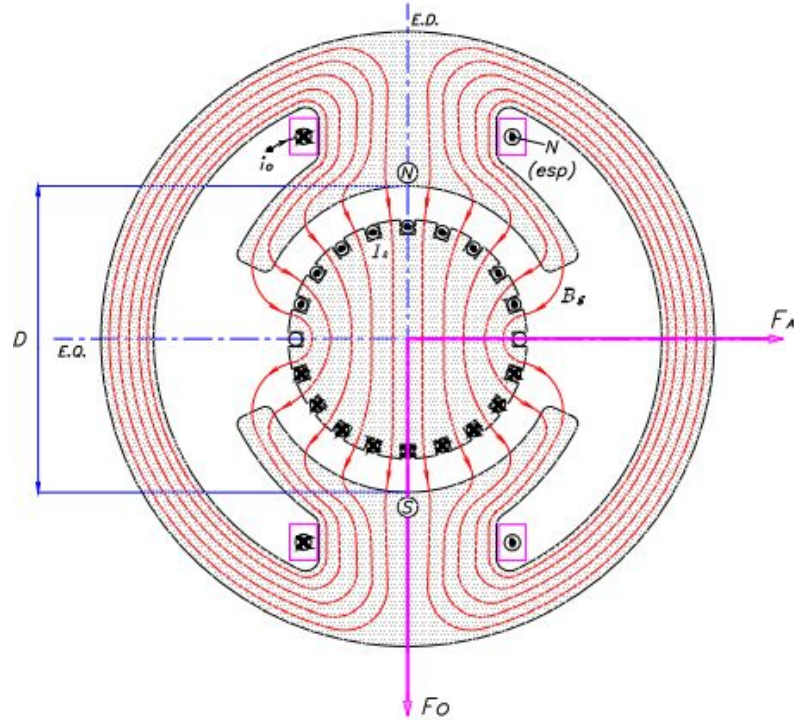




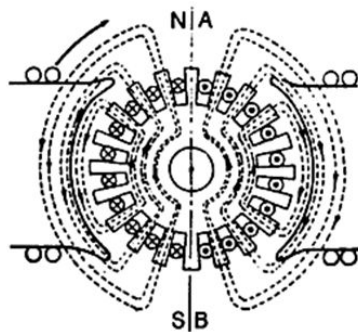
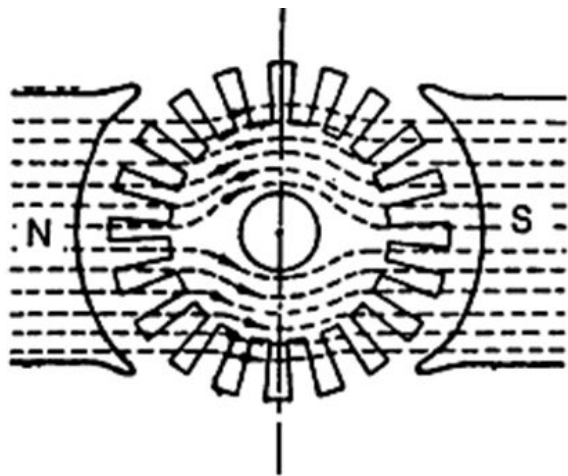
## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS



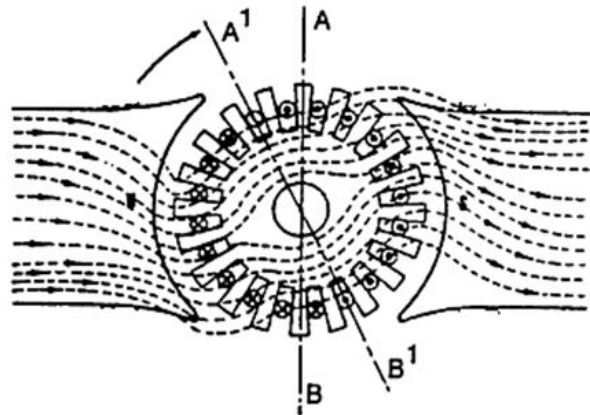
# INTERACCION ELECTROMAGNETICA ENTRE EL ROTOR Y ESTATOR



## REACCIÓN DE ARMADURA

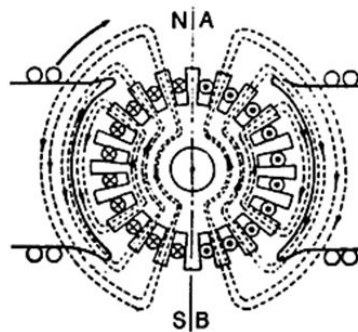
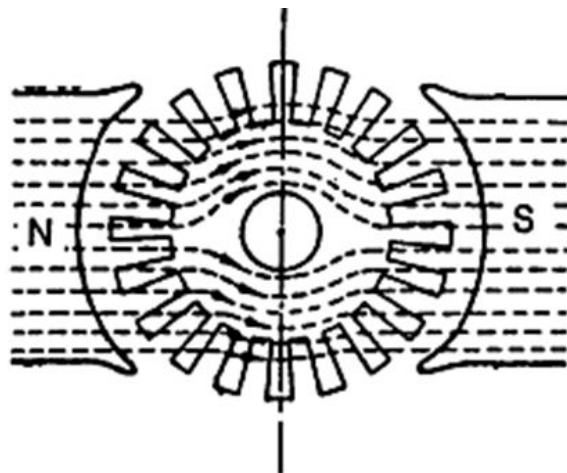


FLUJO DE ARMADURA

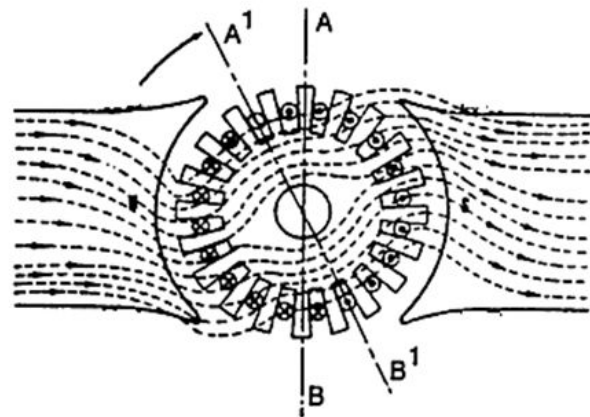


FLUJO RESULTANTE EN UNA MDC

## REACCIÓN DE ARMADURA

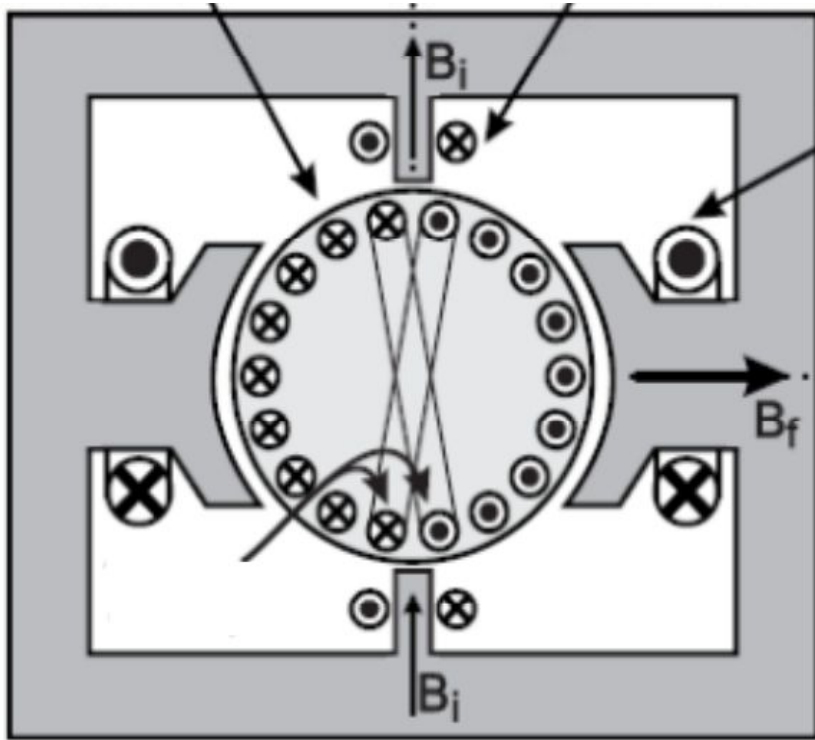


FLUJO DE ARMADURA



FLUJO RESULTANTE EN UNA MDC

## MÁQUINA DC CON BOBINA INTERPOLAR

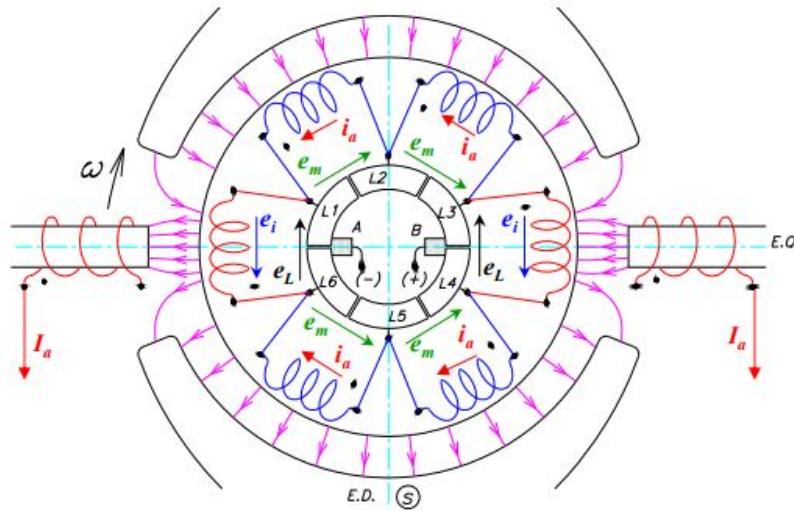


La bobina de interpolo se dimensiona para amortiguar el efecto de las chispas(en la conmutación) y ruidos electromagnéticos.

Las escobas de carbón se encuentran en el circuito de potencia.

Las chispas se generan debido a que se cortocircuitan las bobinas al momento del cambio del sentido de corriente.

## MÁQUINA DC CON BOBINA INTERPOLAR



$$e_i = B_{int} \cdot L \cdot v$$

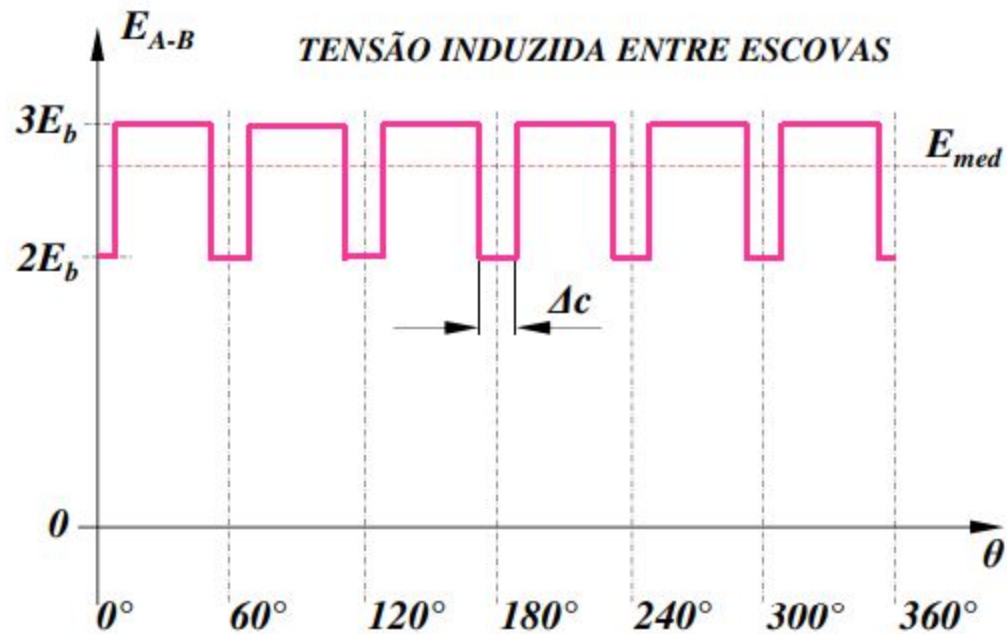
La bobina de interpolo se dimensiona para amortiguar el efecto de las chispas(en la conmutación) y ruidos electromagnéticos.

Las escobas de carbón se encuentran en el circuito de potencia.

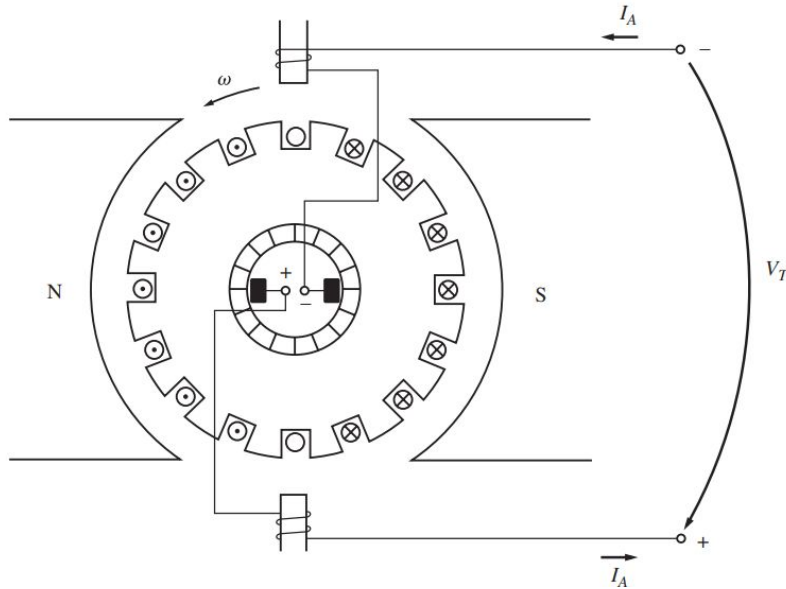
Las chispas se generan debido a que se cortocircuitan las bobinas al momento del cambio del sentido de corriente.



## OBSERVAÇÃO



## MÁQUINA DC CON BOBINA INTERPOLAR



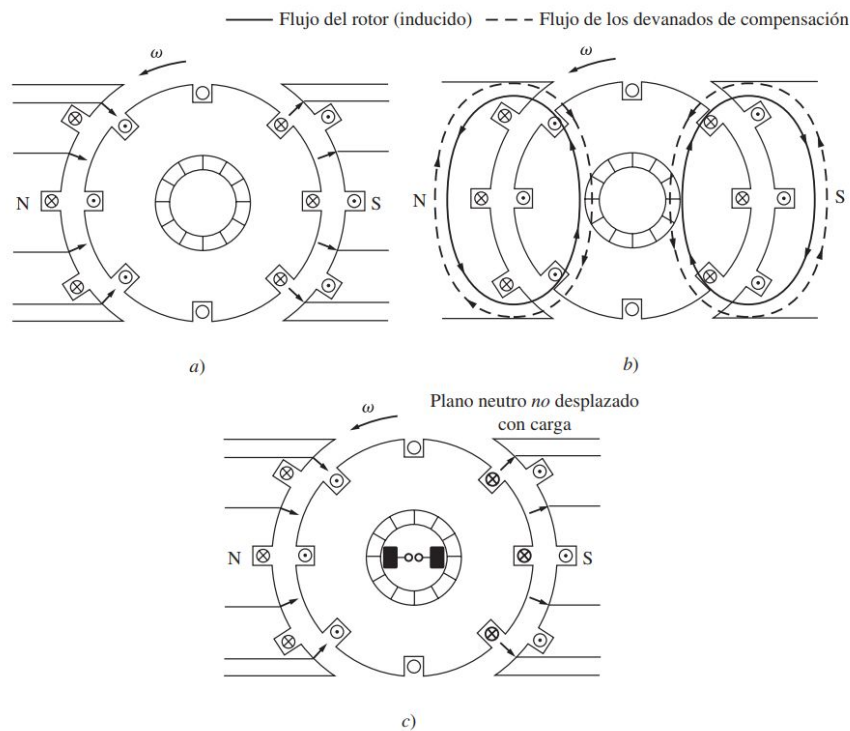
La bobina de interpolo se dimensiona para amortiguar el efecto de las chispas(en la conmutación) y ruidos electromagnéticos.

Las escobas de carbón se encuentran en el circuito de potencia.

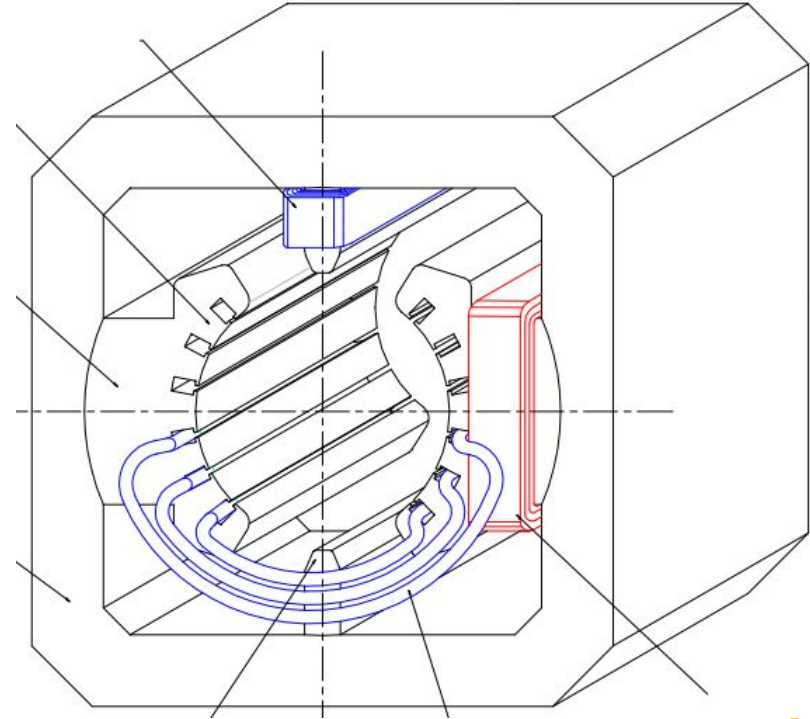
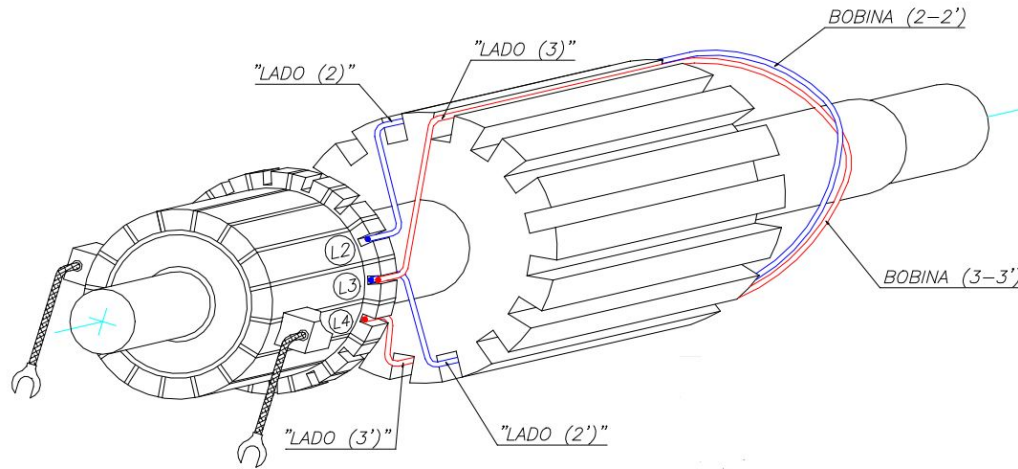
Las chispas se generan debido a que se cortocircuitan las bobinas al momento del cambio del sentido de corriente.



# MÁQUINA DC CON BOBINA DE COMPENSACIÓN



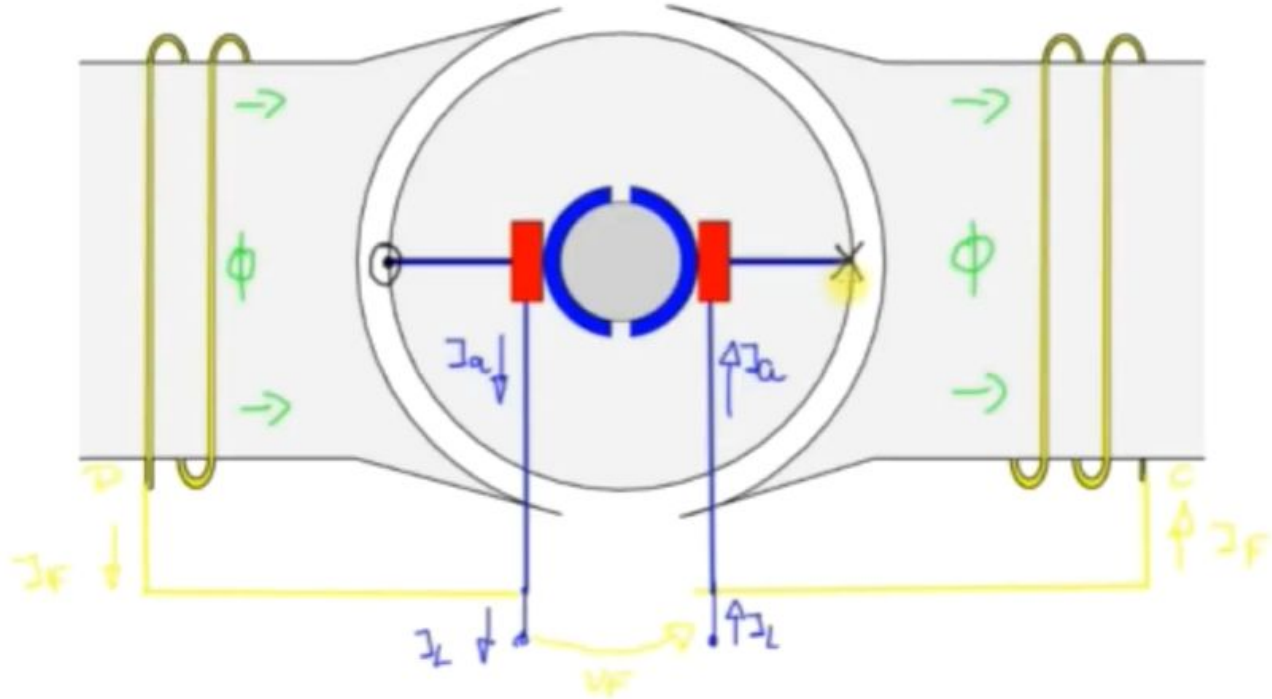
# MODELO CONSTRUCTIVO DE UN MOTOR DC



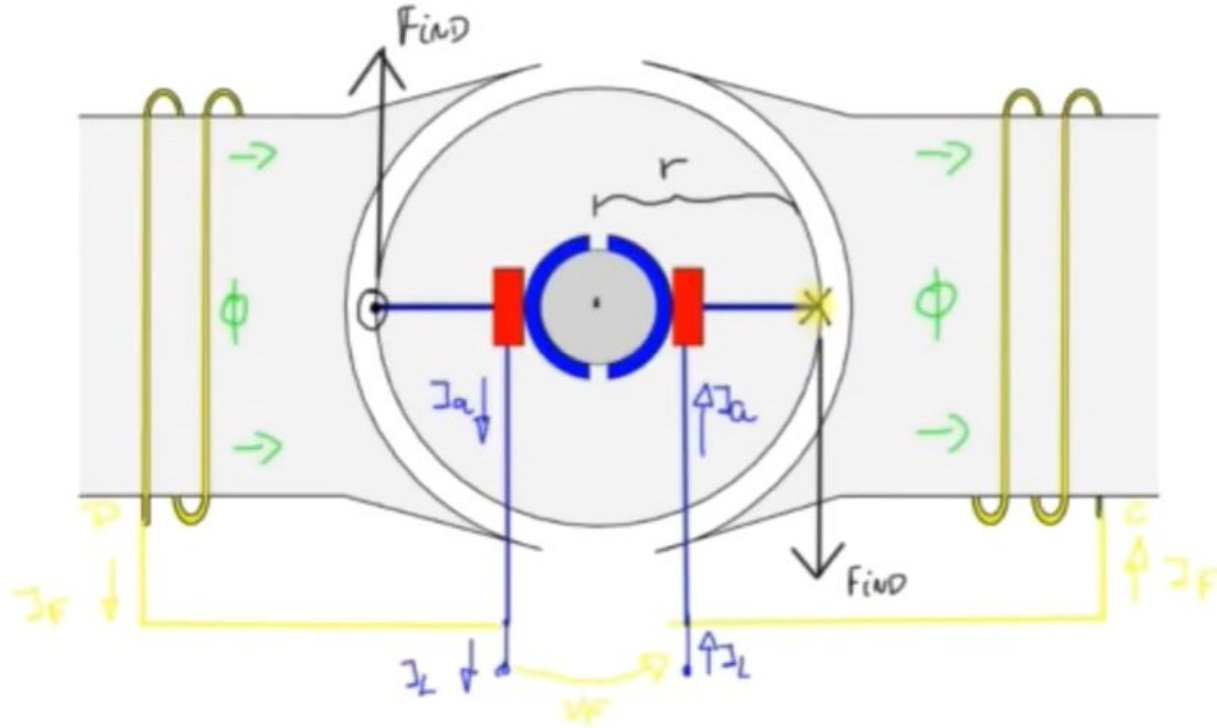


## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO COMO MOTOR

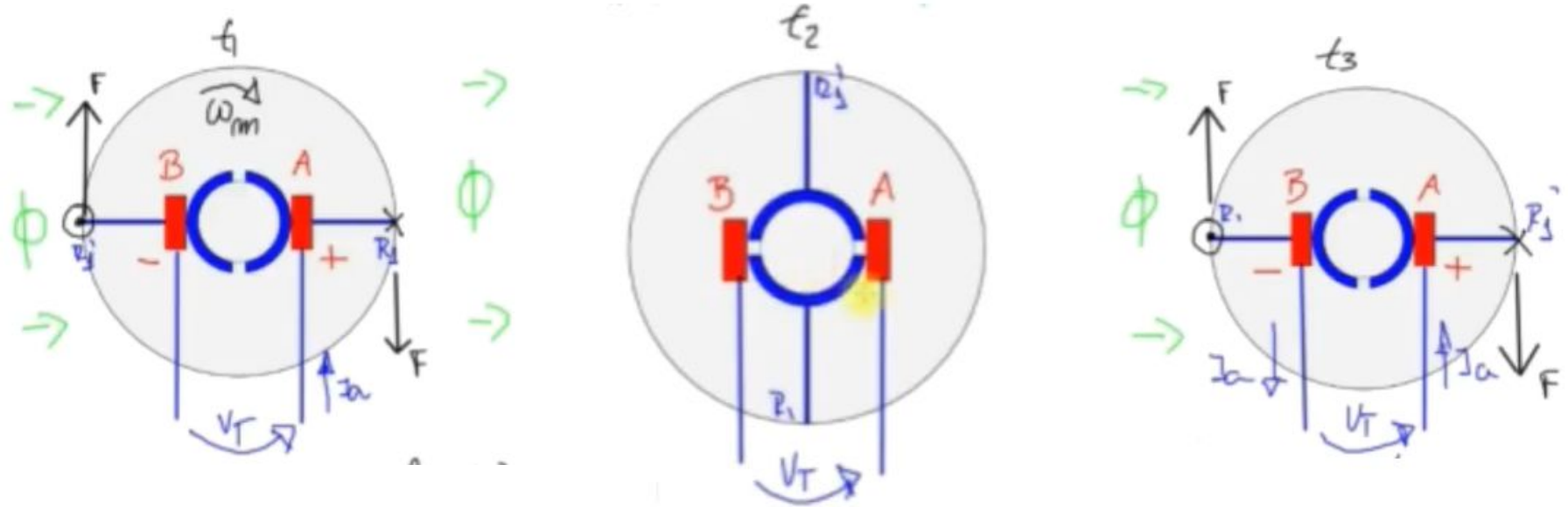
## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR



## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR



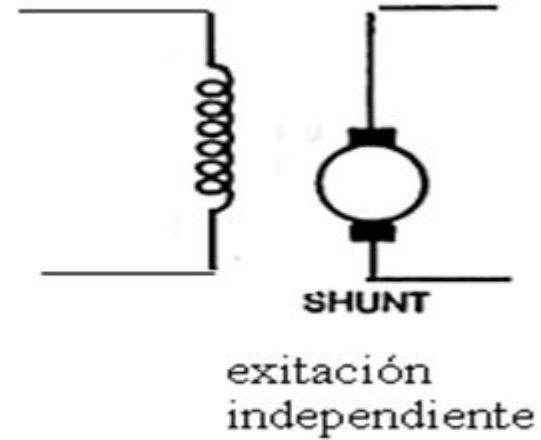
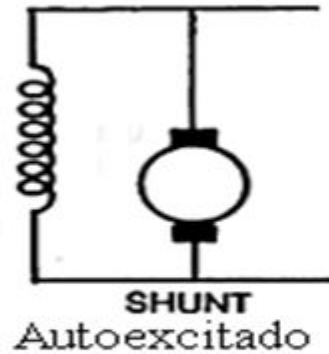
## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR



## CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DC

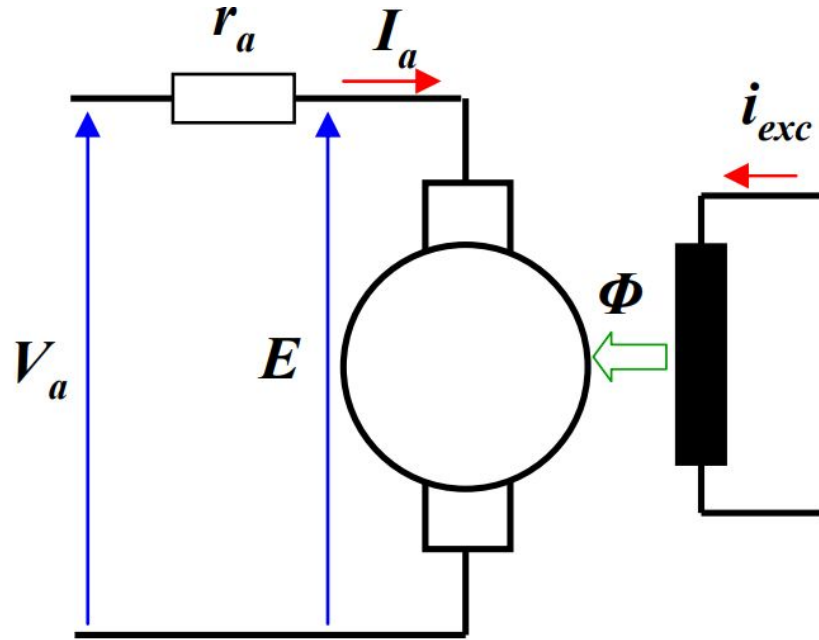
- SHUNT O PARALELO
- SERIE
- COMPUESTO O COMPOUND

## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UNA MÁQUINA DC SHUNT





## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UNA MÁQUINA DC

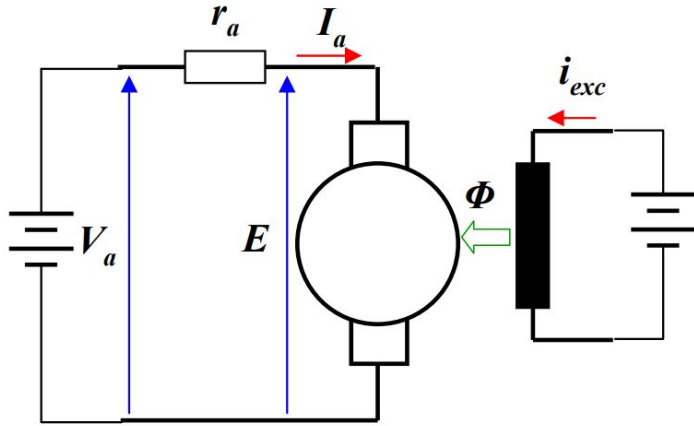


$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$

$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$V_a = E + r_a \cdot I_a$$

## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SHUNT CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE



$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$

$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$V_a = E + r_a \cdot I_a$$

$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C$$

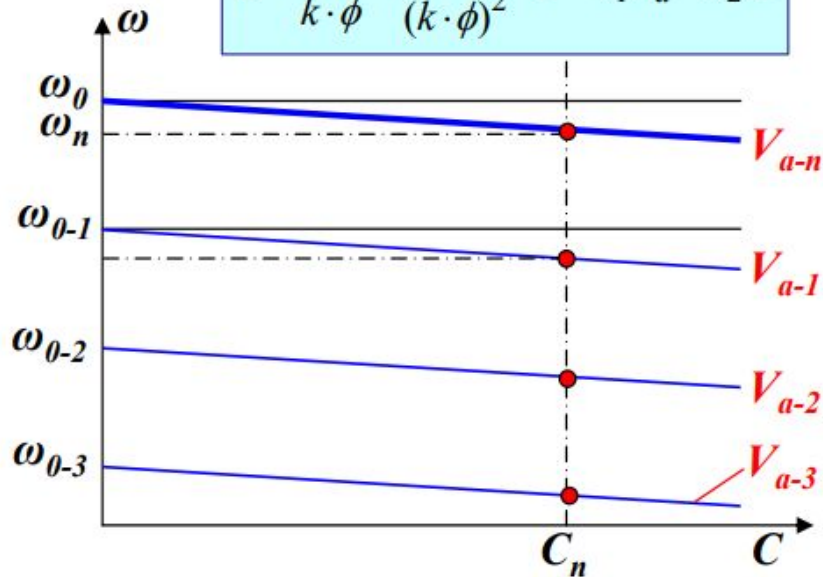
The diagram shows the derivation of the speed equation from the previous one. Brackets are placed under  $k \cdot \phi$  and  $(k \cdot \phi)^2$  in the denominator of the second term. Dashed blue and red lines with arrows point from these brackets to the final equation below.

$$\omega = \omega_0 - \alpha \cdot C$$

# VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD

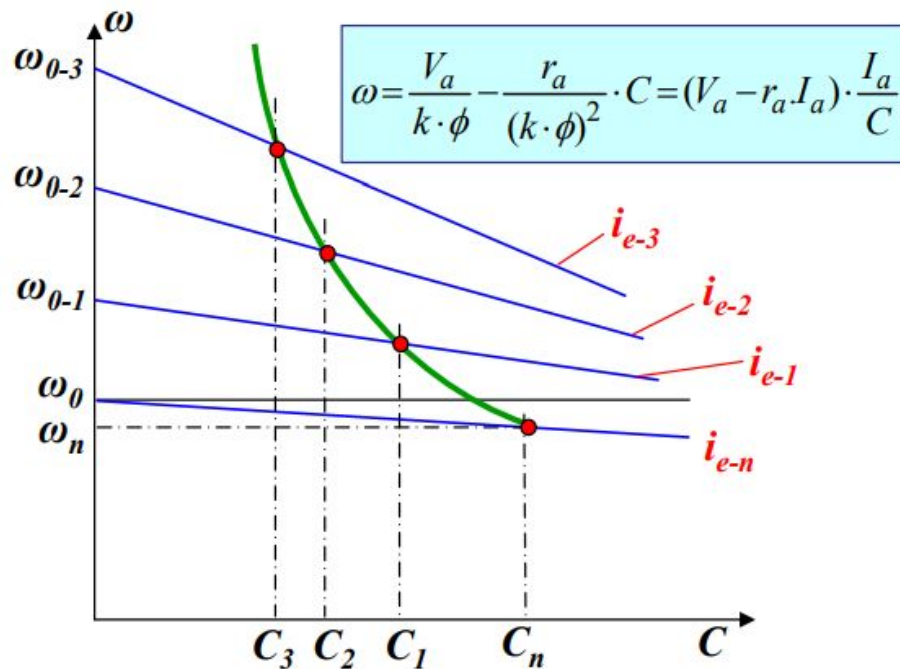
## VARIACIÓN MEDIANTE LA ARMADURA

$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = k_1 \cdot V_a - k_2 \cdot C$$

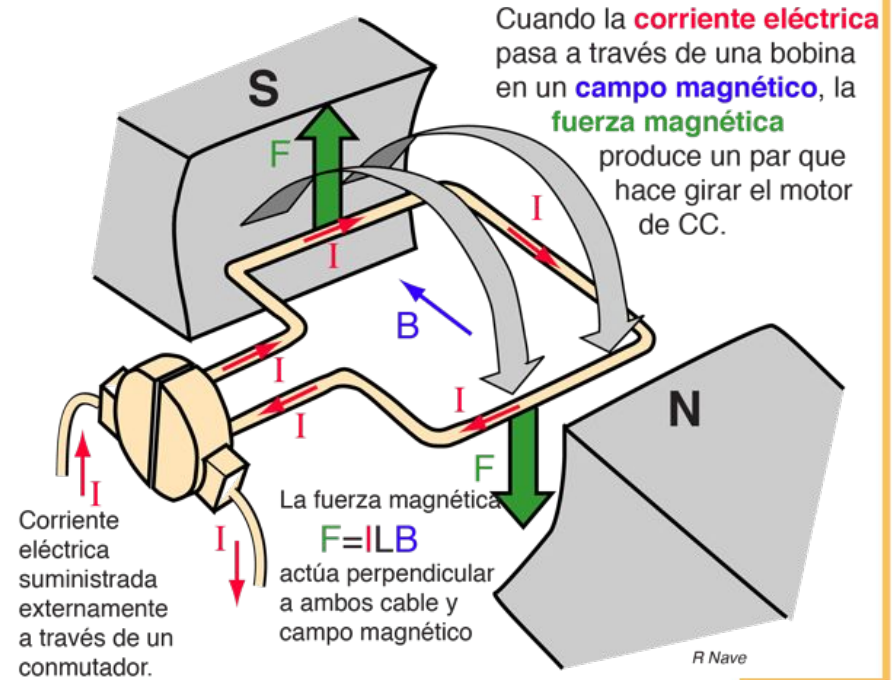
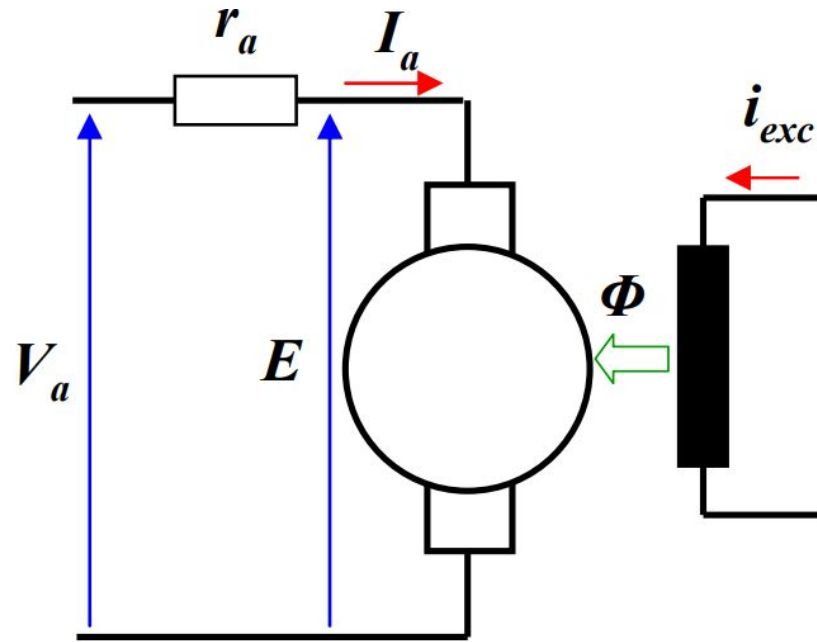


## VARIACIÓN MEDIANTE EL CAMPO

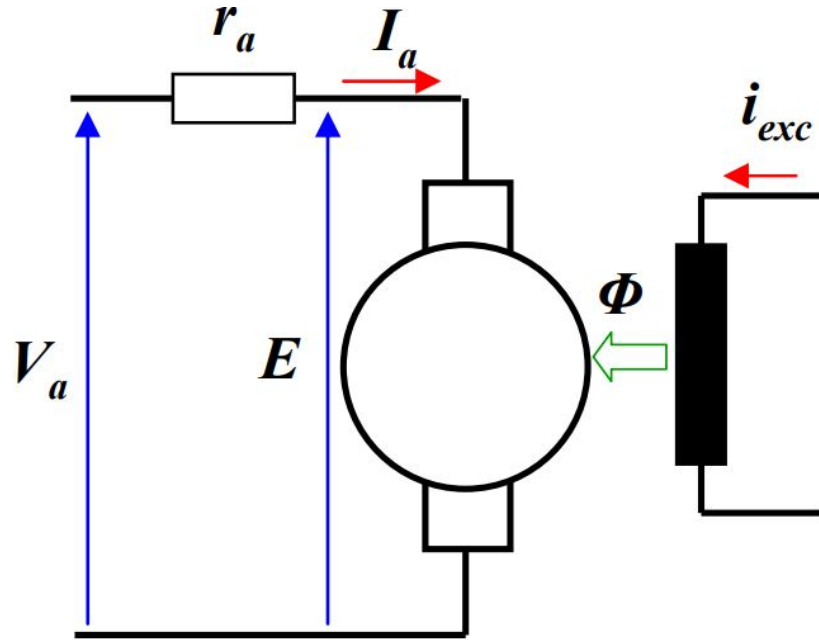
$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = (V_a - r_a \cdot I_a) \cdot \frac{I_a}{C}$$



# CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UNA MÁQUINA DC



## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UNA MÁQUINA DC



$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$

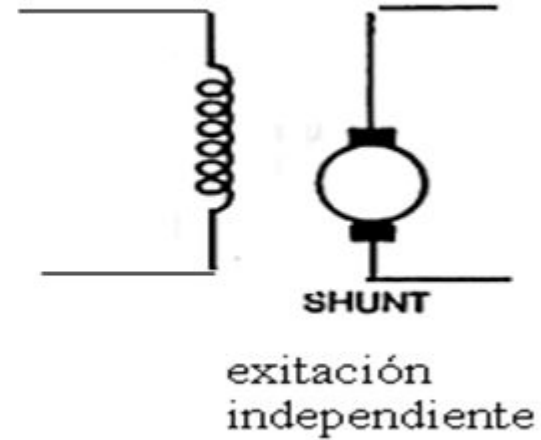
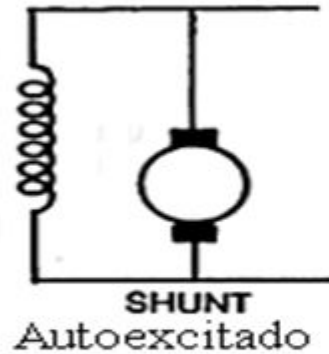
$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$V_a = E + r_a \cdot I_a$$

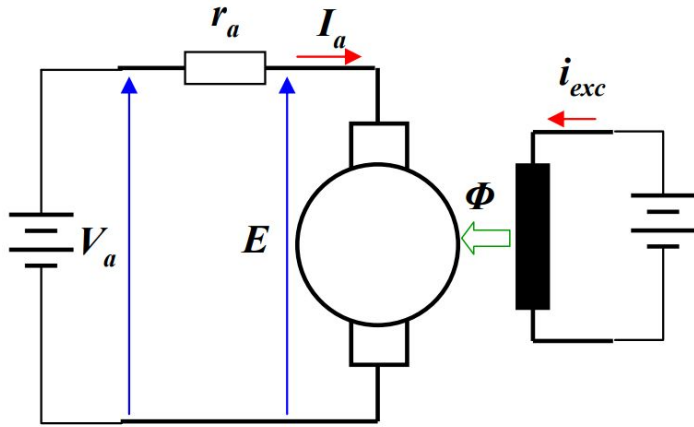
## CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DC

- SHUNT O PARALELO
- SERIE
- COMPUESTO O COMPOUND

## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UNA MÁQUINA DC SHUNT



## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SHUNT CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE



$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$

$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$V_a = E + r_a \cdot I_a$$

$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C$$

The diagram shows the derivation of the speed equation from the previous one. Brackets are placed under  $k \cdot \phi$  and  $(k \cdot \phi)^2$  in the denominator of the second term. Dashed blue and red lines with arrows point from these brackets to the final equation below.

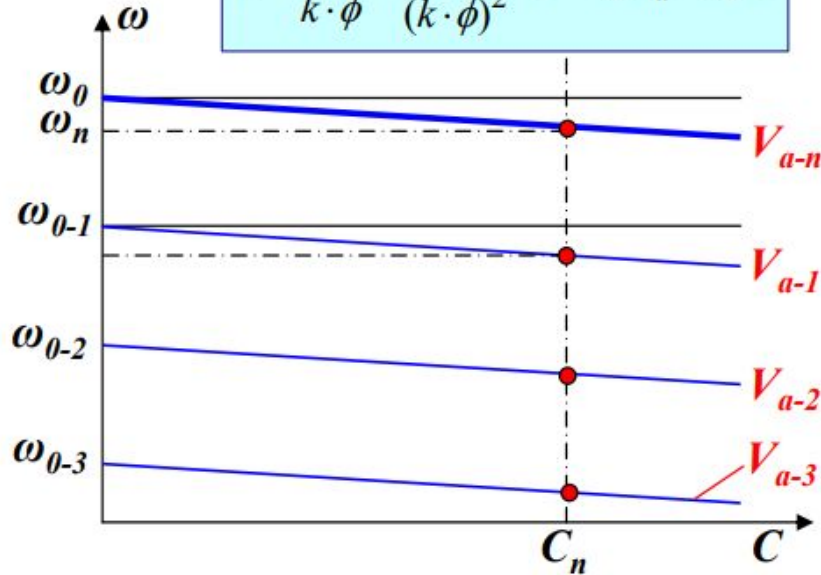
$$\omega = \omega_0 - \alpha \cdot C$$



# VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD MOTOR CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

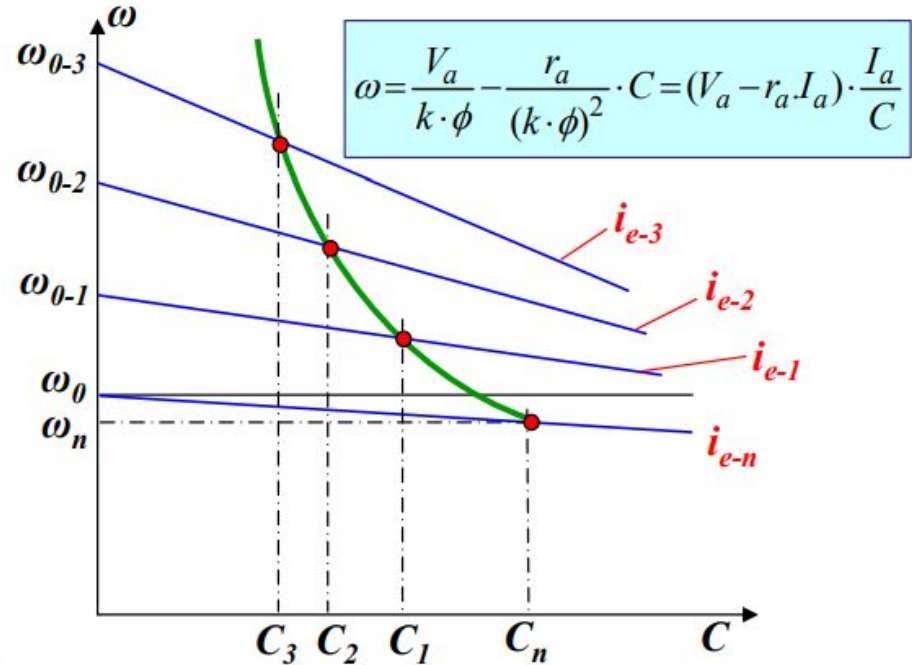
## VARIACIÓN MEDIANTE LA ARMADURA

$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = k_1 \cdot V_a - k_2 \cdot C$$



## VARIACIÓN MEDIANTE EL CAMPO

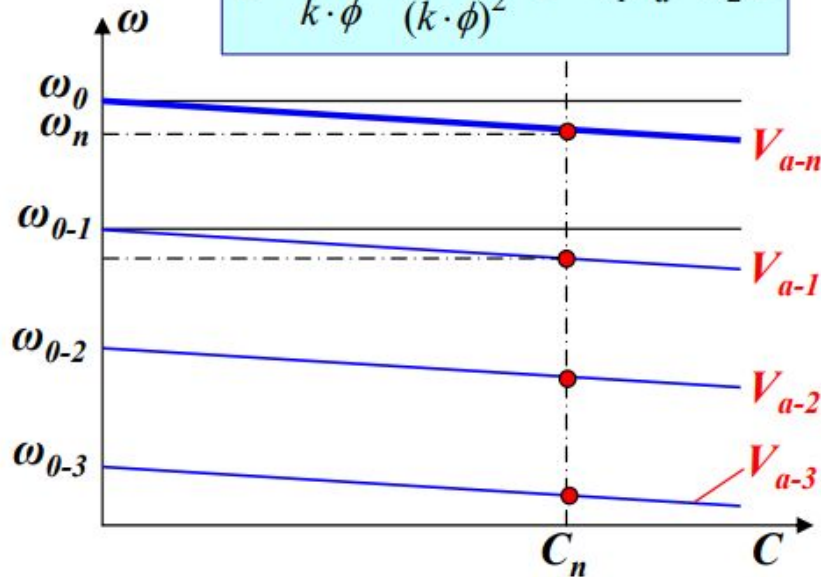
$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = (V_a - r_a \cdot I_a) \cdot \frac{I_a}{C}$$



# VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD MOTOR CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

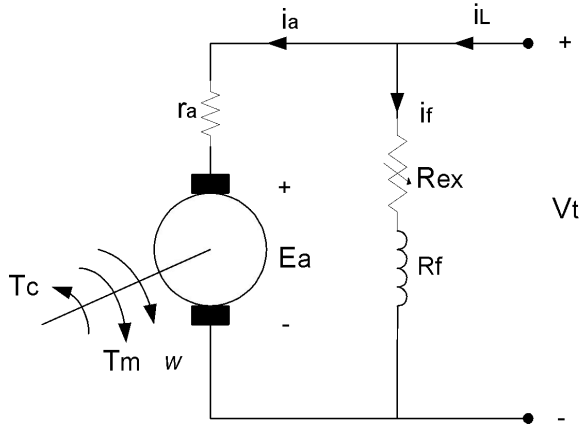
## VARIACIÓN MEDIANTE LA ARMADURA

$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = k_1 \cdot V_a - k_2 \cdot C$$



- Característica básica de la velocidad de un MCD shunt, es que se mantiene **PRÁCTICAMENTE CONSTANTE** con la variación de carga o torque.
- Invertir del sentido de giro: se puede producir mediante la inversión de la alimentación del campo o armadura.

## MOTOR MCD SHUNT: DERIVACIÓN

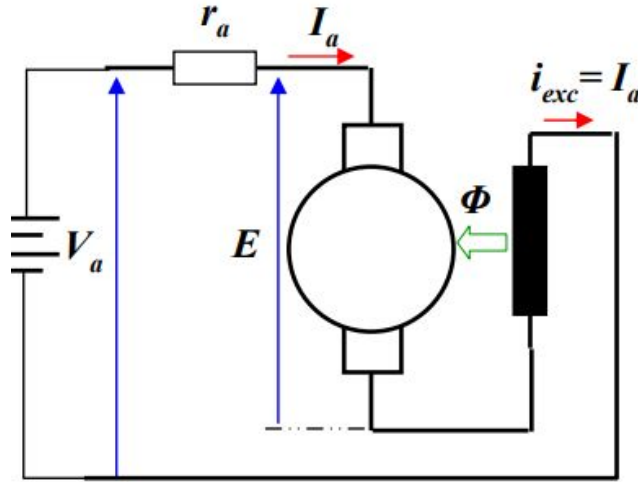


- Las ecuaciones eléctricas que gobiernan el MCD shunt son:
- $i_L = i_a + i_f$
- $I_f = V_t / (R_f + R_{ex})$
- $V_t = E_a + i_a r_a$
- $E_a = K\phi w = KK' i_f w$

## CARACTERÍSTICAS DE LA PUESTA EN MARCHA DE UN MCD SHUNT.

- 1. Se debe “arrancar” con una resistencia variable en serie con la armadura o a tensión muy baja (tensión reducida). Limitar la corriente de arranque.*
- 2. Tener cuidado con el circuito de campo. Si  $i_f$  tuviera valores muy bajos LA VELOCIDAD DEL MOTOR AUMENTA.*
- 3. El MCD shunt, se puede “arrancar” en vacío.*

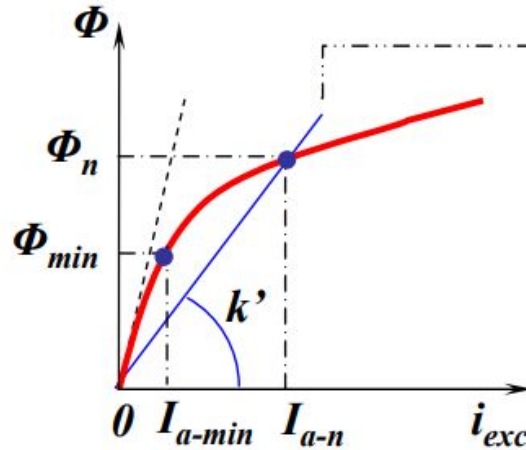
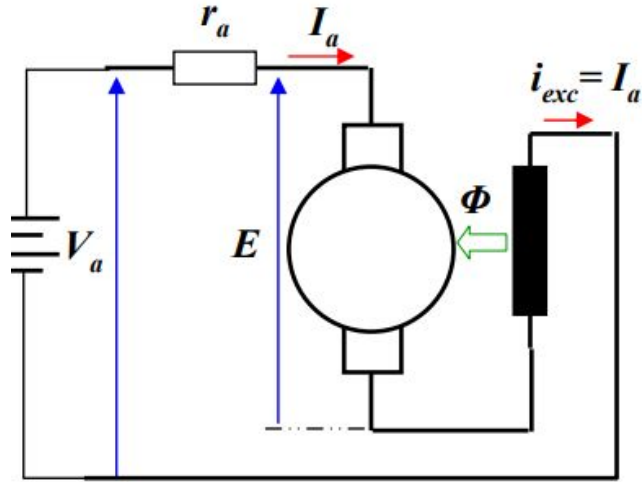
## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SERIE



- Se denomina así porque la bobina de armadura y la bobina del campo están en serie.
- La resistencia de la bobina “serie” ( $R_s$ ) tiene pocas vueltas y es de alambre de cobre grueso. Razón por la cual su resistencia interna es muy pequeña.

$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k.k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k.k'}$$

# CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SERIE



$$\phi = f(I_a) \equiv k' I_a$$

$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$

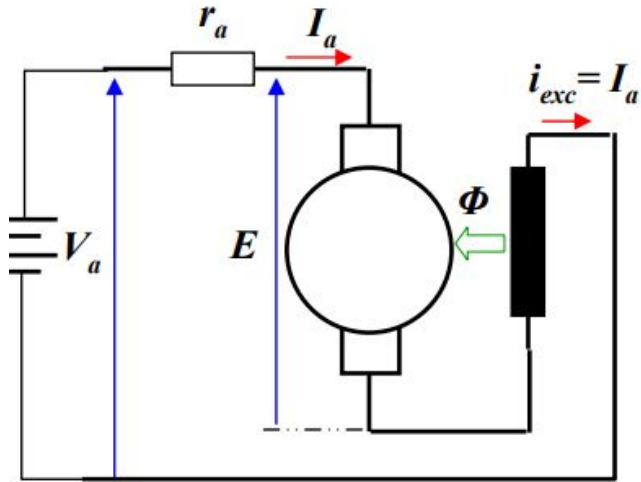
$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$V_a = E + r_a \cdot I_a$$

$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k \cdot k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k \cdot k'}$$

# CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SERIE

ÚNICAMENTE SE PUEDE VARIAR LA VELOCIDAD MEDIANTE LA TENSIÓN DE ARMADURA



$$\phi = f(I_a) \equiv k' I_a$$

$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$

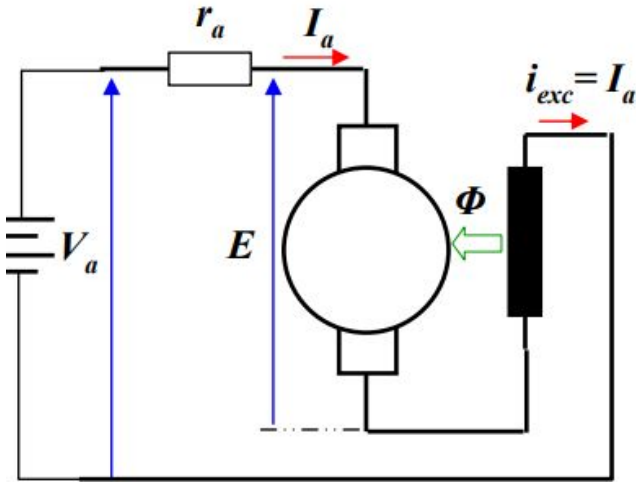
$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

$$V_a = E + r_a \cdot I_a$$

$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k \cdot k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k \cdot k'}$$

# CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SERIE

UNICAMENTE SE PUEDE VARIAR LA VELOCIDAD MEDIANTE LA TENSIÓN DE ARMADURA



$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k.k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k.k'}$$

$$C \rightarrow 0 \quad \omega_0 \rightarrow \infty$$

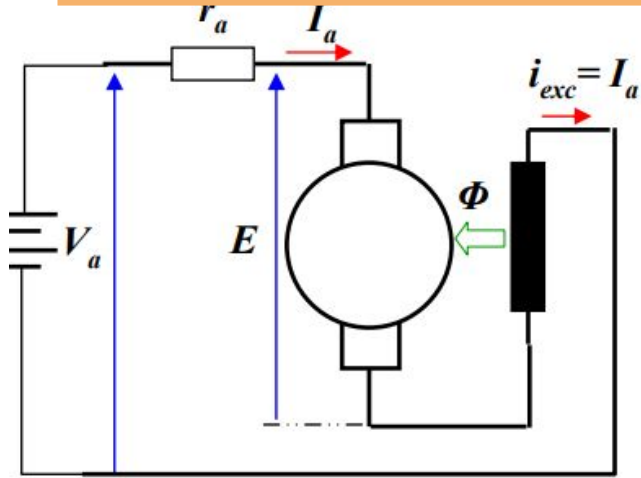
$$T_{mi} = KK' i_f i_a = kk' i_a^2$$

$$\omega = 0 \Rightarrow C = C_p = k.k' \left( \frac{V_a}{r_a} \right)^2$$



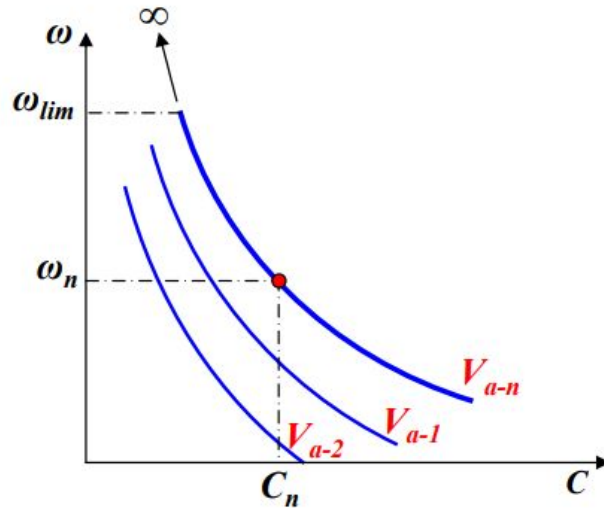
# CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SERIE

UNICAMENTE SE PUEDE VARIAR LA VELOCIDAD MEDIANTE LA TENSIÓN DE ARMADURA



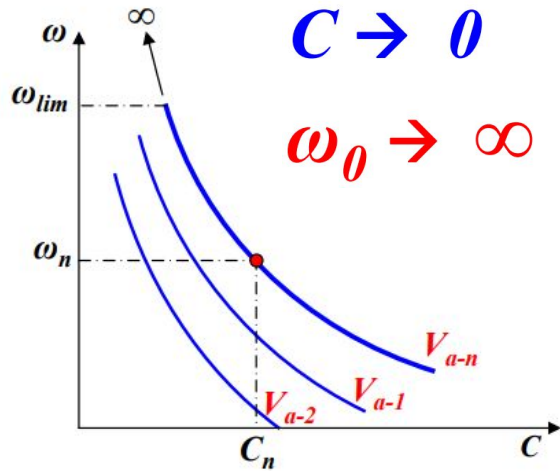
$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k \cdot k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k \cdot k'}$$

$$C \rightarrow 0 \quad \omega_0 \rightarrow \infty \quad \omega = 0 \Rightarrow C = C_p = k \cdot k' \cdot \left( \frac{V_a}{r_a} \right)^2$$



## CIRCUITO EQUIVALENTE Y ECUACIONES BÁSICAS DE UN MDC SERIE

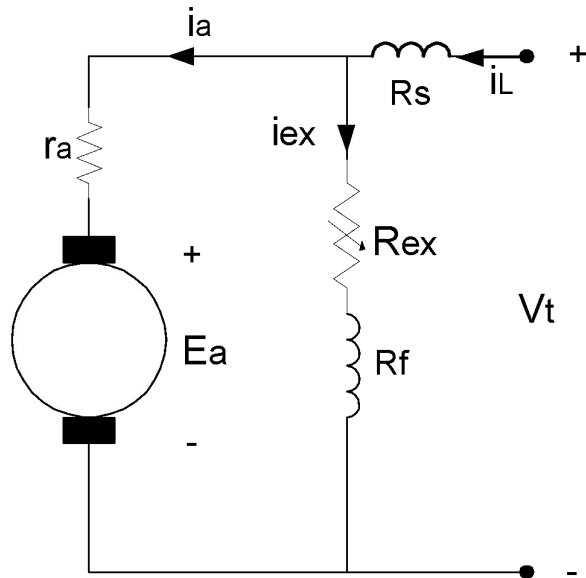
UNICAMENTE SE PUEDE VARIAR LA VELOCIDAD MEDIANTE LA TENSIÓN DE ARMADURA



$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k.k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k.k'}$$

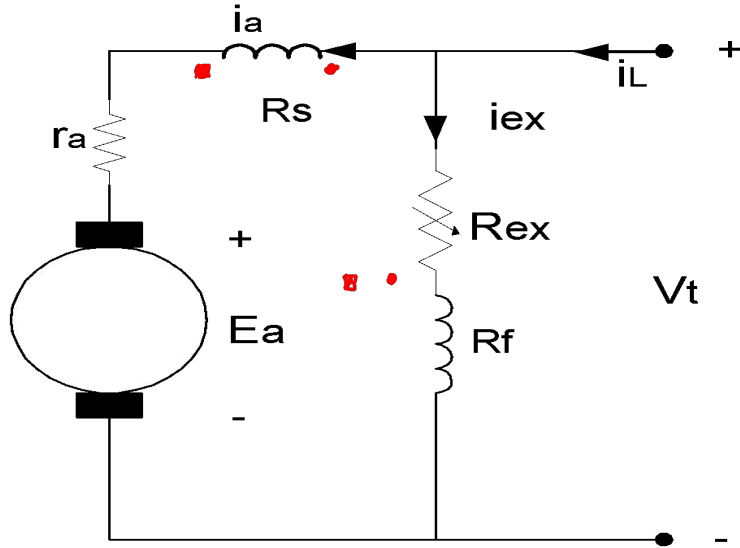
- Note que la velocidad del MCD SERIE es muy elevada cuando tiene poca carga.
- Razón por lo que estos motores **“nunca”** se ponen en marcha sin carga de protección.
- Razón también por lo que son seleccionados para “arrancar” con torques de carga altos.
- Invertir el sentido de giro: invertir la bobina de campo respecto a la de armadura.

## MOTOR COMPOUND O COMPUESTO

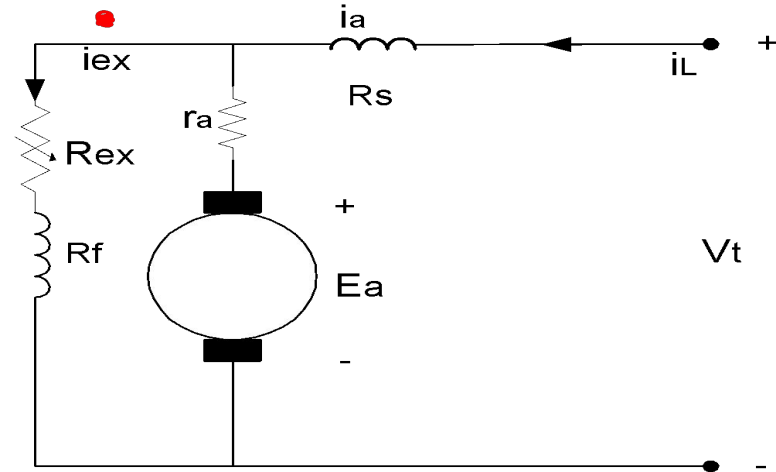


- Tiene un bobinado serie y shunt montados en los polos del campo principal.
- Tiene características comunes a los motores shunt y serie, dependiendo del tipo de conexión: CORTA O LARGA.

## TIPO DE CONEXIÓN EN LOS MOTORES DC COMPUESTO



Conexión larga



Conexión corta

# ¡GRACIAS!

[joaquin.gonzalezv@pucp.edu.pe](mailto:joaquin.gonzalezv@pucp.edu.pe)