

## Trabajo practico N.º 2 (Parte 2)

Profesor: Díaz Godoy Lucas Ezequiel

Asignatura: Automoción y control de procesos

División: 6to B

Tema: Motores eléctricos de Continua - Corriente alterna - Arranque de Motores

### **Objetivos:**

- Que los estudiantes reconozcan las características de Motores eléctricos de corriente continua.
- Reconocer definiciones y sus respectivas fórmulas para el calculo
- Sistemas y unidades más utilizadas o estandarizadas

### **Criterios de evaluación:**

- Participación en los grupos de consulta.
- Consultar dudas con el docente.
- Entregas prolijas, con un rotulado donde aparezca nombre, apellido en cada hoja y enumerarlas.

### IMPORTANTE:

Las respuestas se harán en hoja aparte. En el encabezado de cada hoja deberá ir lo siguiente:

Nombre y Apellido:

Curso:

Numero de hoja:

Fecha:

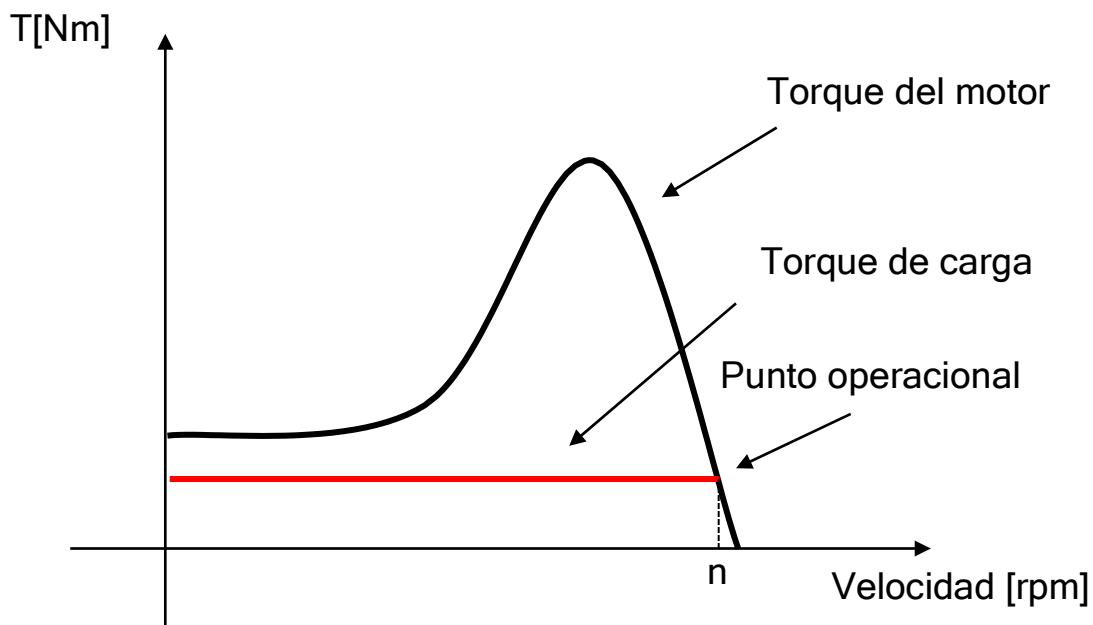
## ¿Tipos de carga

Los motores se utilizan para hacer girar una carga como puede ser: un ventilador, una cinta transportadora, grúas, ascensores etc. Al conectar la carga al motor, esta generará un torque resistente en el motor. Existen 2 tipos de cargas:

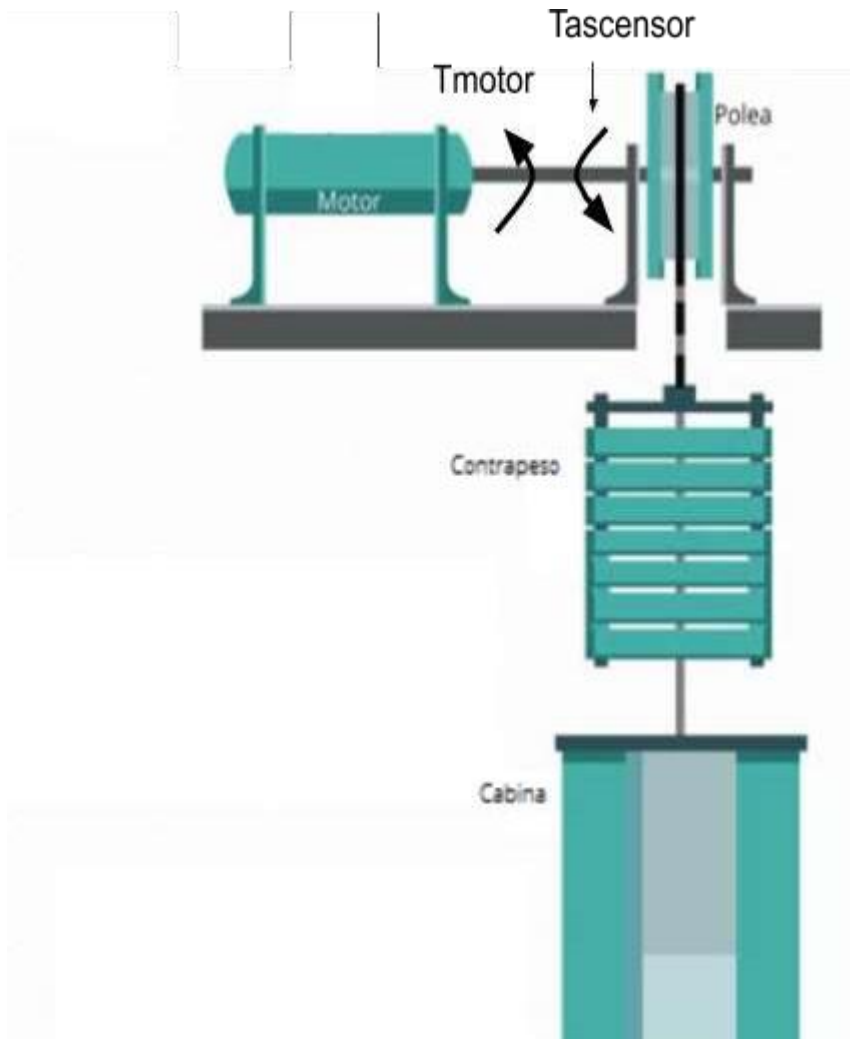
### Carga constante

Es la carga cuyo torque resistente no varía con la velocidad, como: ascensores, grúas o montacargas.

Gráfico N°1



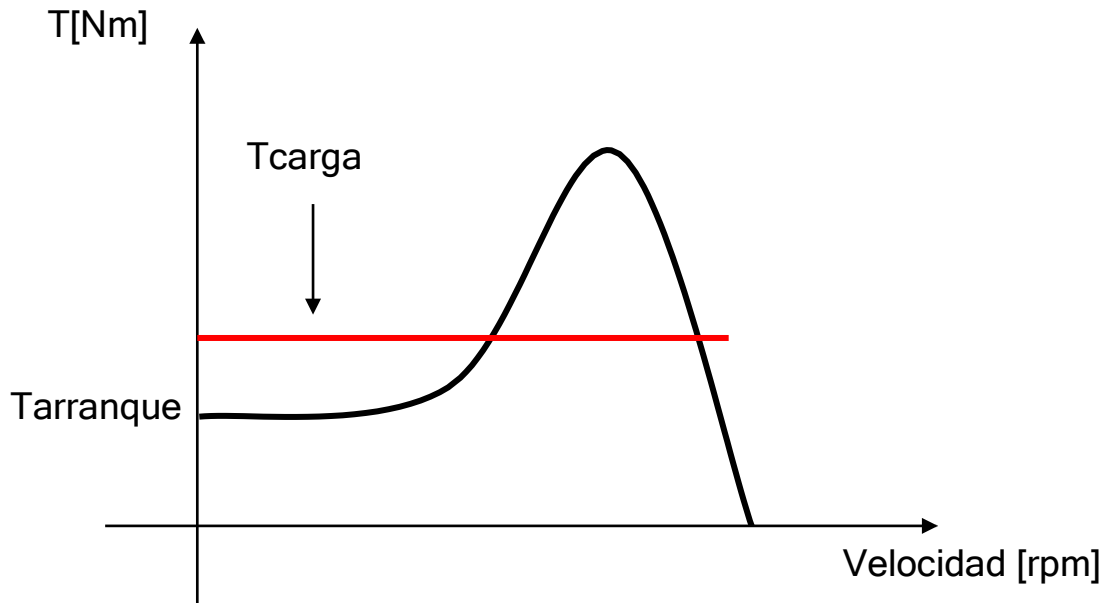
Para entender esta gráfica pensemos que tenemos un ascensor que es accionado por un motor de inducción como se observa en la siguiente imagen:



El torque de la carga (ascensor) tiene sentido contrario al del motor. Inicialmente el ascensor está detenido, por lo tanto, la velocidad del motor es cero ( $n=0$  rpm), nos encontramos a la izquierda de la curva torque vs velocidad. El motor comienza a acelerar, la velocidad va aumentando y en todo momento el torque mecánico del motor  $T$  (curva negra) es mayor al torque de carga que genera el peso del ascensor (curva roja). Esta desigualdad es la que permite que el motor se siga acelerando y aumente su velocidad. Cuando se llega a la **velocidad de operación ( $n$ )** el torque de carga es igual al torque del motor, la sumatoria de torques da cero. Esto implica que la aceleración es nula y la velocidad es constante. Se lo llama punto de operación porque es a la velocidad y torque a la que se establecerá el funcionamiento del ascensor.

Veamos una situación distinta:

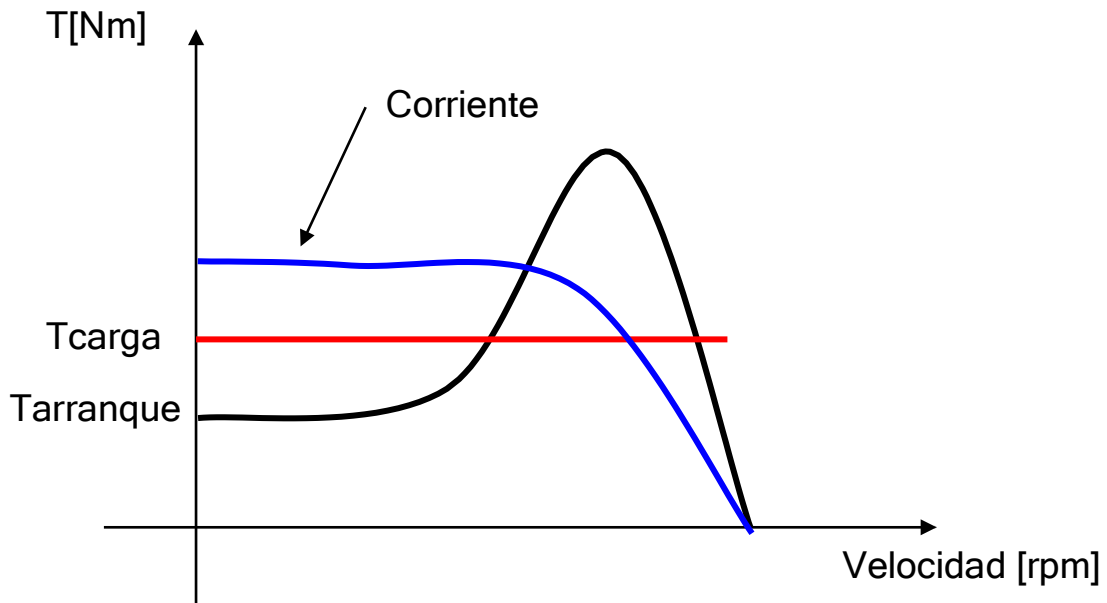
Gráfico N°2



En este caso el torque de carga es mayor al torque de arranque, por ejemplo, porque al ascensor se subieron 10 personas en vez de 4, que es el máximo permitido. Por lo tanto, el motor no va a poder mover el ascensor, ya que no tiene la potencia necesaria. El motor hará el intento y, si ninguna protección lo desactiva, se quemará.

Para entender por qué se quema el motor veamos la curva de la **corriente del motor vs la velocidad**:

GRAFICO N°3

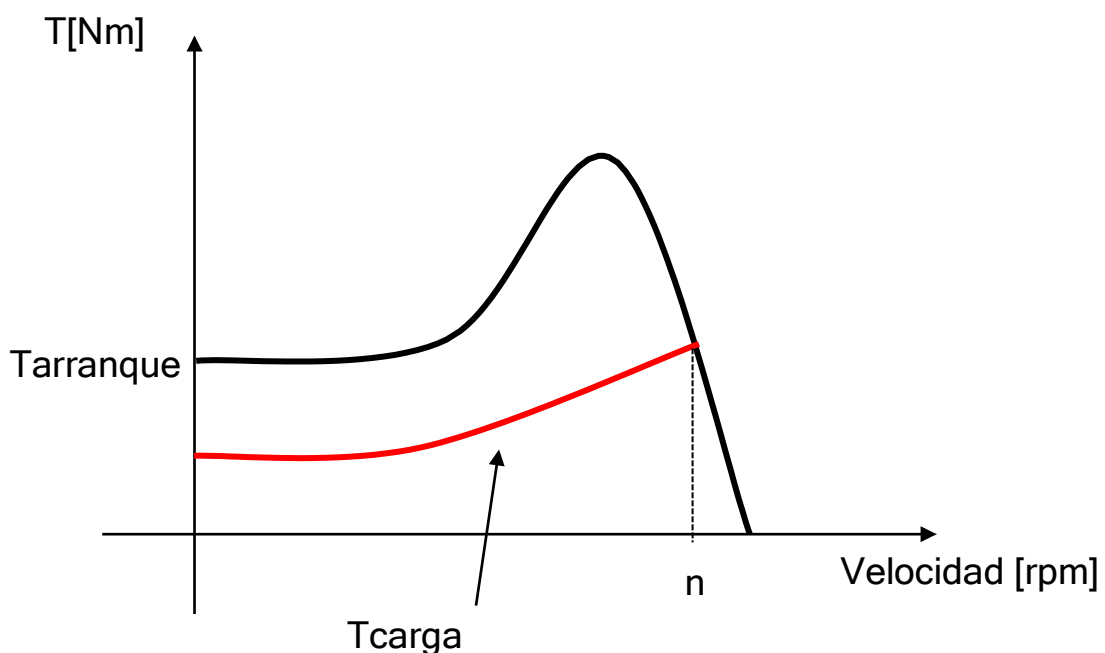


Como vemos en la gráfica para velocidades bajas la corriente es mucho más grande que para velocidades altas. Entonces en el momento del arranque el torque de carga es mayor que el torque de arranque del motor, por lo tanto, el motor no puede acelerarse y la velocidad permanece igual a cero. Sin embargo, si hay circulación de corriente y a un valor muy elevado. El motor está preparado para soportar esos niveles de corrientes solo durante unos segundos, el tiempo que dura el arranque, si se prolonga este tiempo el calor disipado por efecto joule quema el motor.

### Carga variable con la velocidad

Este tipo de cargas están relacionadas con el movimiento de fluidos como el aire o los líquidos. Son ejemplos los ventiladores, las bombas centrífugas, las hélices de un avión. La curva de carga tiene la siguiente forma:

GRAFICO N°4

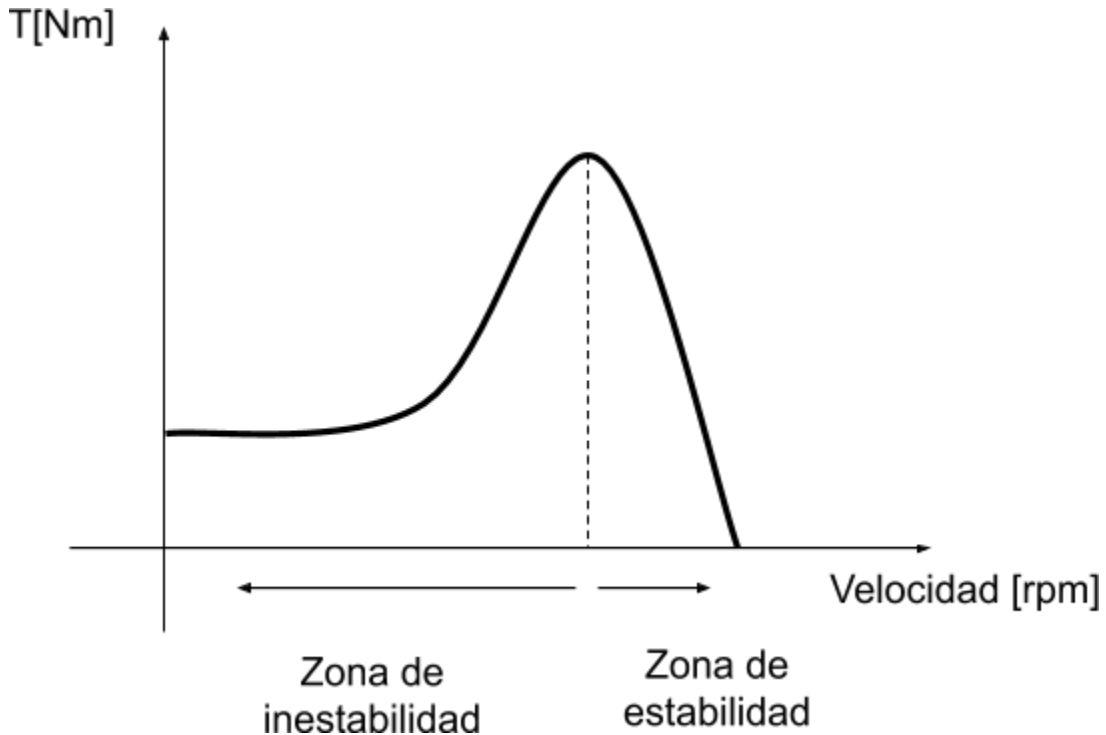


En este caso el torque de carga aumenta a medida que aumenta la velocidad, ya que cuanto mayor es la velocidad mayor es la fricción contra el fluido (la carga).

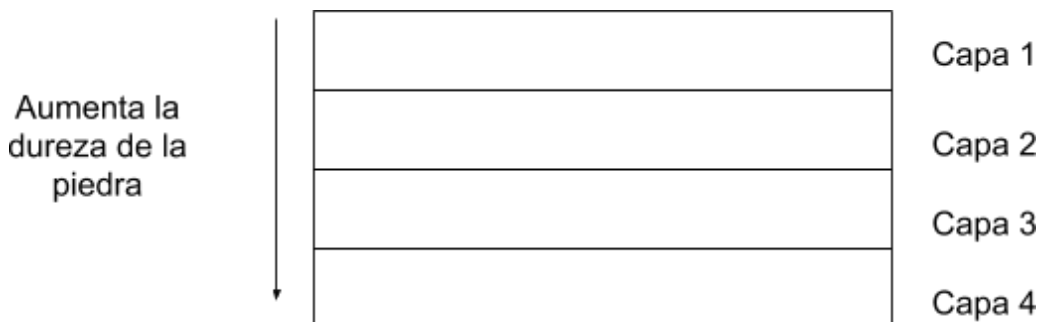
### Zonas de estabilidad e inestabilidad

Existen dos zonas en la curva torque vs velocidad: Una estable en la que el motor puede operar correctamente y otra inestable en la que el motor no puede operar.

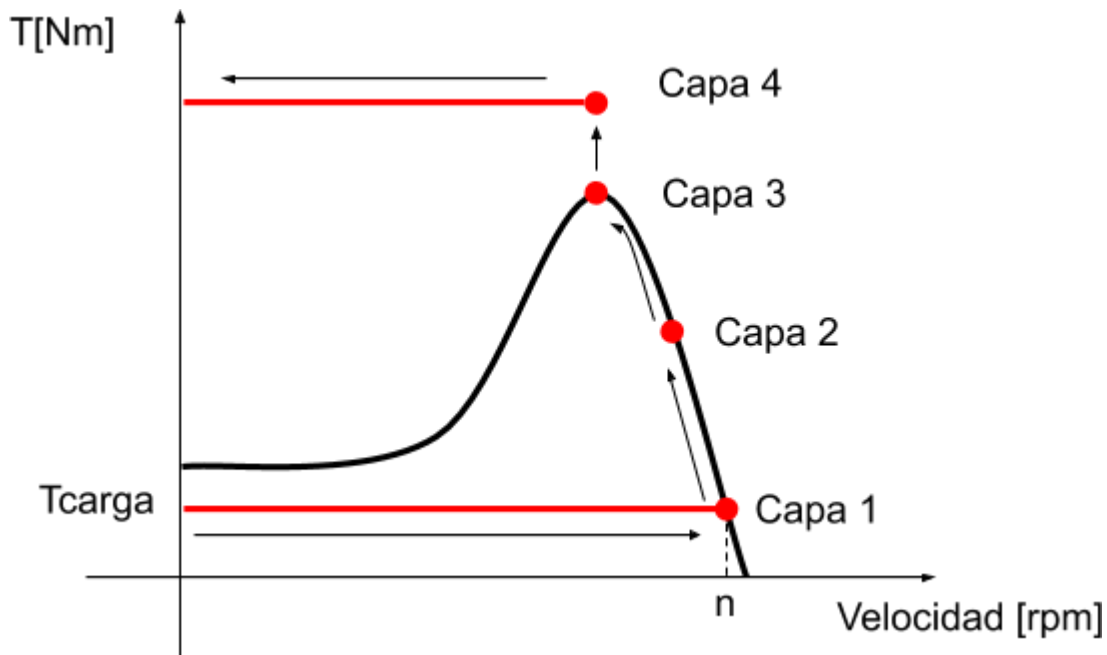
**GRAFICO N°5**



Para entender esto imaginemos la siguiente situación: tenemos una sierra eléctrica que está cortando un bloque piedra que está compuesto por 4 tipos distintos de piedras. Cuanto más profundo, más dura es la piedra. Esto implica que cuando la sierra vaya entrando en las distintas capas de la piedra va a tener que aumentar la “fuerza con la que corta”, en otras palabras, el motor que acciona la sierra va a tener que aumentar el torque mecánico.



Veamos la curva torque vs velocidad del motor que acciona la sierra:

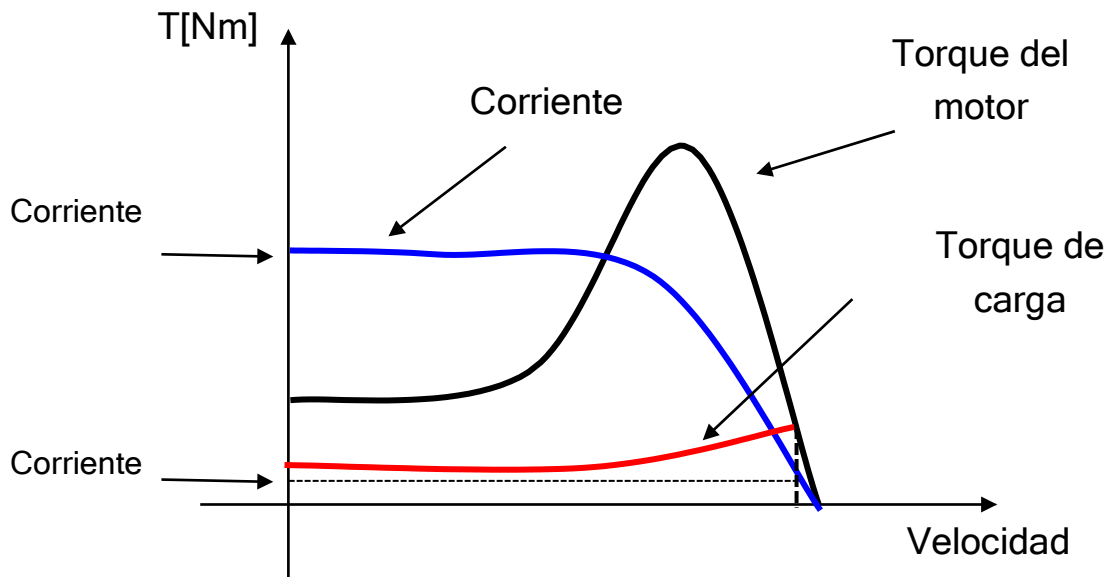


Inicialmente el motor está detenido, la sierra se coloca sobre la capa 1 y el motor se enciende. Como vemos en la gráfica el torque de carga es menor a torque del motor, por lo tanto, el motor logra acelerarse hasta estabilizarse en el punto de operación (Capa 1). En este punto el torque del motor es igual al torque de carga, por lo que se establece una velocidad constante de operación. Luego la sierra llega a la Capa 2, como esta es más dura (lo que implica que el torque de carga es mayor) la velocidad del motor disminuye, pero, como vemos en la curva, el torque del motor aumenta, de esta forma se estabiliza en el nuevo punto de operación Capa 2. Nuevamente el torque del motor iguala al de la carga. Lo mismo ocurre al llegar a la Capa 3, en este momento se alcanza el torque máximo del motor. Al pasar a la Capa 4 la velocidad se va a reducir, ya que la capa es más dura, pero en este caso el torque del motor no va a aumentar, sino que va a disminuir. Cuando pase esto el torque de carga va a ser mayor al torque del motor y la velocidad va a ser cada vez menor y el motor se va a detener. Esto se debe a que se llegó a la **zona de inestabilidad del motor**.

### Arranque

El arranque de un motor de inducción es un momento particular ya que la corriente puede alcanzar valores de hasta 7 veces la corriente nominal. En la siguiente figura vemos la corriente en función de la velocidad del motor:





Estos elevados valores de corriente de arranque, sumados a tiempos prolongados de arranque, pueden quemar el motor (ya que se aumenta mucho la temperatura por efecto joule). A continuación, veremos distintas formas de arrancar un motor de inducción

### Arranque directo

Para motores pequeños (menores a 5kW de potencia), suele no ser necesario ningún tipo de arranque especial, sino que el motor puede ser arrancado conectándolo directamente a la red. Al principio el motor consumirá una corriente más alta durante algunos segundos, irá aumentando su velocidad y disminuyendo la corriente que consume de forma progresiva, hasta establecerse en su punto de operación.

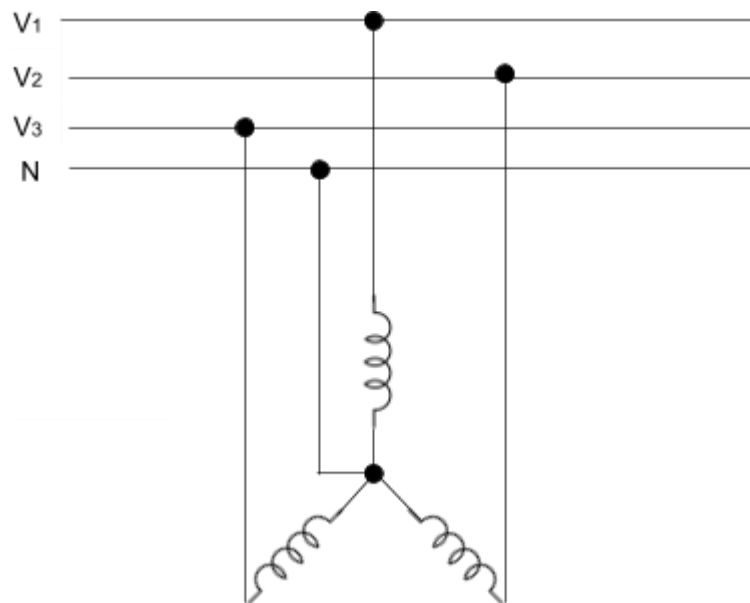
Este tipo de arranque es brusco y violento.

### Arranque Estrella-triángulo

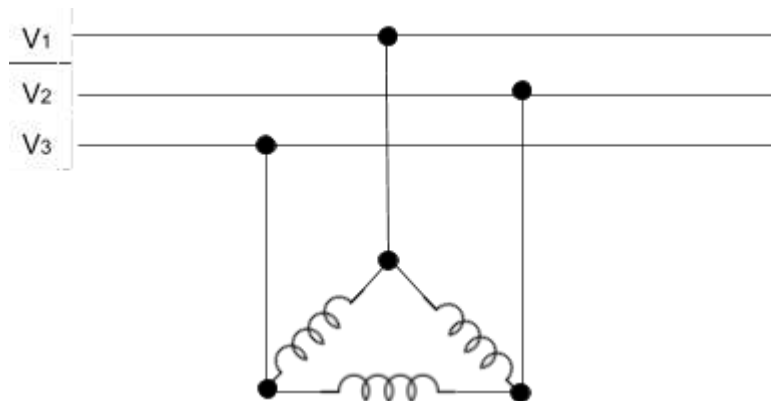
Para motores de mayor potencia, las corrientes de arranque y los tiempos de arranque son mayores. Esto hace que aumente mucho la temperatura por efecto joule y por lo tanto se debe aplicar un arranque especial con el objetivo de reducir las corrientes de arranque.

El arranque Estrella-triángulo consiste en arrancar el motor conectado en estrella y pasados unos segundos, conectarlo (automáticamente) en triángulo. Lo que estamos conectando en estrella o triángulo es el bobinado trifásico del estator.

¿Qué se logra con esto? Supongamos que tenemos un sistema trifásico 220/380V. Al conectar el motor en estrella tenemos lo siguiente:



Cada una de las bobinas del estator está sometida a la tensión de fase (220V). Si se conecta en triángulo:



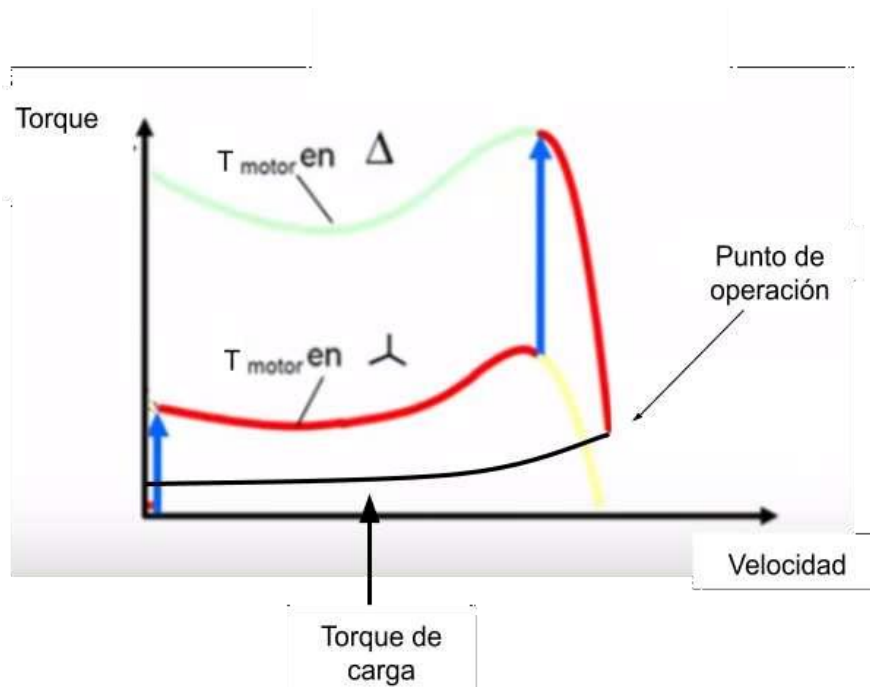
Cada una de las bobinas está sometida a la tensión de línea (380V).

Entonces, al principio del arranque se conecta el motor en estrella y la tensión aplicada es menor, por lo tanto, la corriente también es menor. A su vez, el torque del motor

también será menor. Es por esto que cuando el motor ya ganó velocidad, se lo conecta en triángulo donde la tensión es mayor junto con el torque.

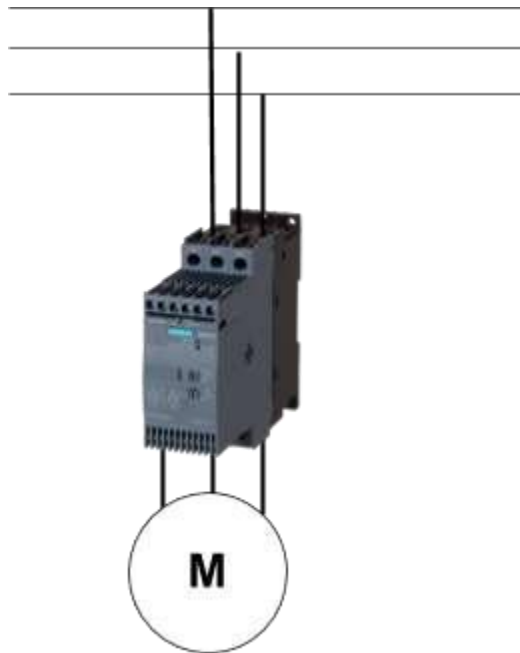
Este tipo de arranque es menos brusco que el arranque directo.

En la siguiente gráfica se observa cómo se modifica la curva torque vs velocidad:

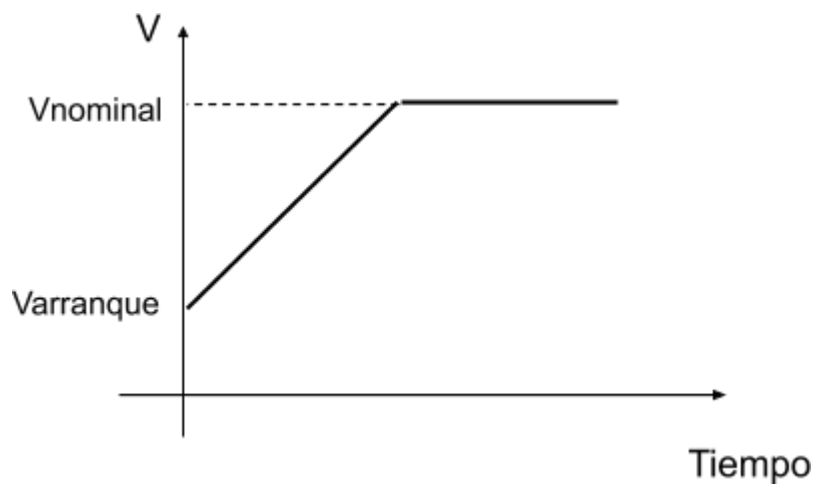


### Arranque suave

El arranque suave es un **dispositivo electrónico** que permite controlar la tensión con la que se alimenta el motor. Cómo logra controlar la tensión escapa a los alcances de esta materia. En la siguiente gráfica vemos un esquema de la conexión de un arrancador suave:

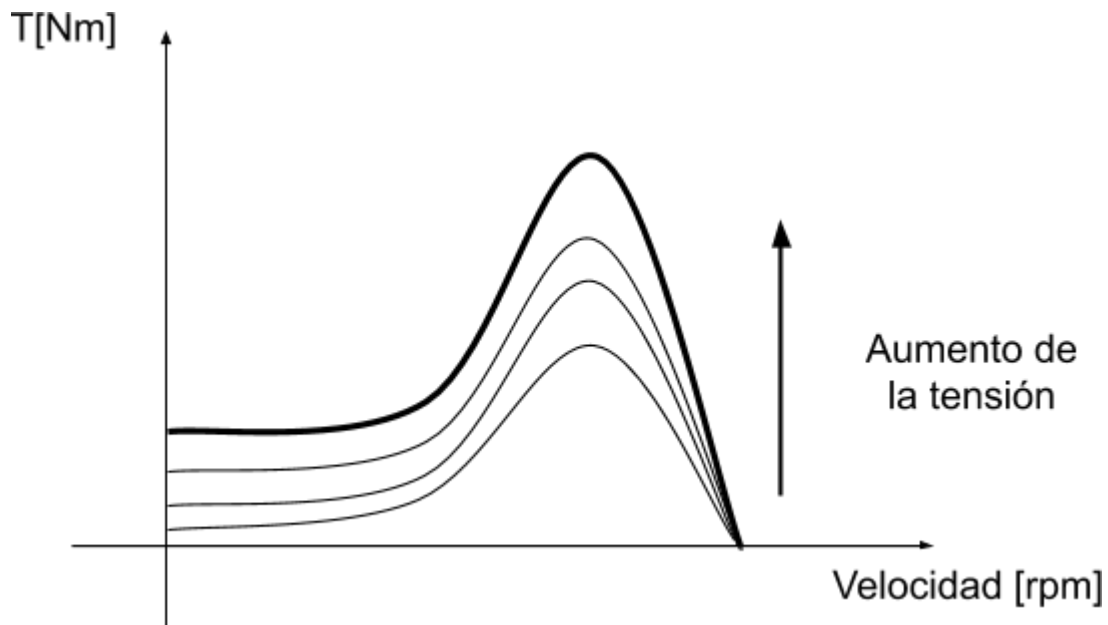


El arranque suave aumenta de forma progresiva la tensión aplicada al motor como se observa en la siguiente gráfica:



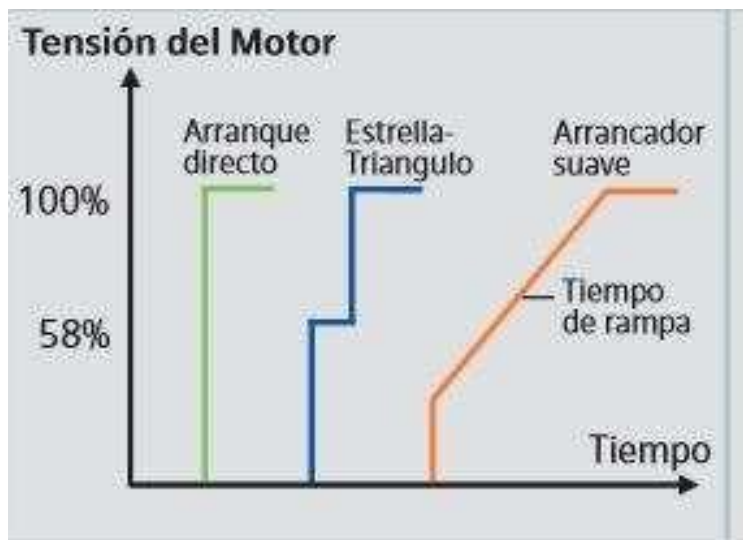
Con esto se logra que al inicio del arranque la tensión sea menor y por ende la corriente y el torque también sean menores. A medida que aumenta la velocidad, se aumenta progresivamente la tensión y por ende el torque. De esta forma se evitan elevados valores de corriente en el arranque y se lleva adelante un arranque suave. Como contraparte, este método es más costoso que los anteriores.

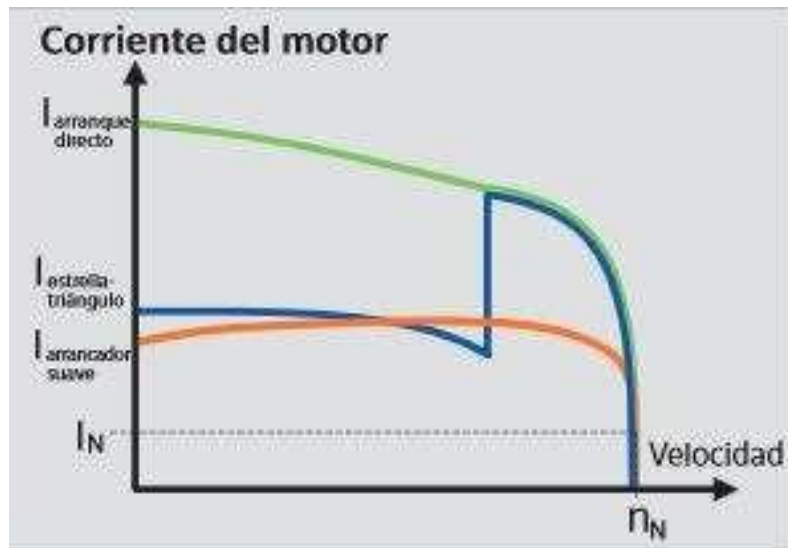
En la siguiente gráfica podemos ver cómo se modifica el torque a medida que aumenta la tensión aplicada al motor:



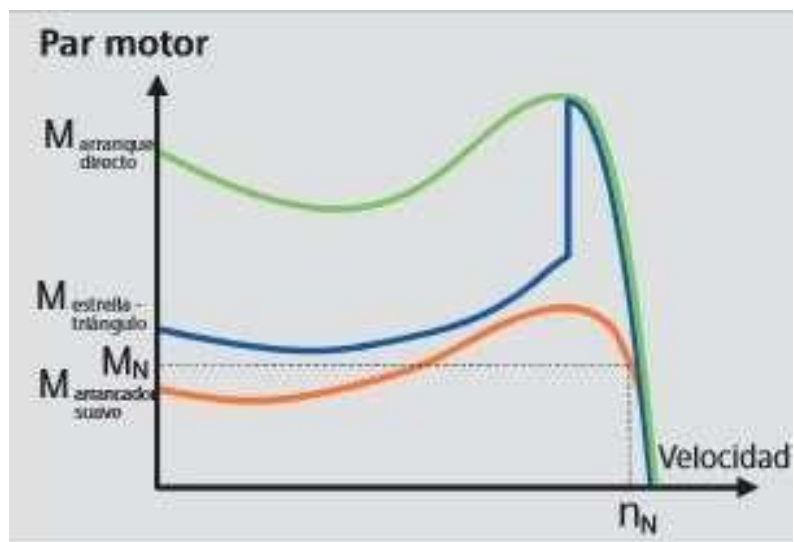
### Comparación

Las siguientes gráficas comparan la tensión, la corriente y el torque de los tres tipos de arranque





En esta última gráfica se comparan los torques de los 3 tipos de arranque. Otra forma común de llamar al “torque” es “par” y se lo suele simbolizar con la letra “M”



### Regulación de la velocidad (Variador de frecuencia)

Hace algunas décadas variar la velocidad de un motor de inducción era complicado e ineficaz. En este apunte no veremos los métodos que se utilizaban. Con el surgimiento de la **electrónica de potencia** se inventaron soluciones efectivas para variar la velocidad de los motores asincrónicos.

En el apartado anterior nombramos un dispositivo de la electrónica de potencia: el **arranque suave**. En este apartado nos centraremos en el **variador de frecuencia (VFD)** en inglés).

Cómo se explicó al principio del apunte, la **velocidad sincrónica** de un motor de inducción depende de la frecuencia de alimentación del sistema trifásico:

$$n_1 = f_1 \times 60 \text{ rpm (revoluciones por minuto)}$$

La frecuencia de la red eléctrica es 50 Hz. La velocidad del rotor, o sea, a la que gira el motor, es menor que la sincrónica pero cercana. Por lo tanto, variando la frecuencia de la tensión con la que alimentamos el motor es posible controlar su velocidad de giro.

En este curso no veremos cómo es que el variador de velocidad logra modificar la frecuencia de alimentación.

Un esquema del conexionado del variador de frecuencia es el siguiente:



El variador de velocidad, además de poder variar la velocidad del motor, también puede ser utilizado para realizar un arranque suave. Sin embargo, posee un costo elevado.

## Aplicaciones del motor de inducción

El motor de inducción es el más utilizado a lo largo de la industria y sus aplicaciones son varias:

- Máquinas herramienta
- Grúas, elevadores y vehículos
- Bombas, ventiladores y compresores
- Prensas, máquinas de curvado y laminadores

**Grúa**



**Cinta transportadora**



**Extractor**



**Ascensor**







**Ventilador**



**Bomba de agua**

### CUESTIONARIO:

ACTIVIDAD N°1: Explica con tus palabras como es el funcionamiento de un ascensor con un motor a inducción, si quieres puedes usar como ayuda el grafico N°1.

ACTIVIDAD N°2: Que sucede cuando no respetamos el límite de carga de un ascensor, si quiero puedes demostrarlo con el grafico de ayuda.

ACTIVIDAD N°3: Cuando la carga es variable aparece un efecto que es muy a menudo en la mecánica o física. Gráfico N°4

ACTIVIDAD N°4 En las zonas de estabilidad e inestabilidad, que efecto se puede argumentar con el grafico N°5.

ACTIVIDAD N°5 En los motores ya nombrados existen diferentes tipos de arranque, describe brevemente los arranques y ver cual es el mas correcto para su funcionamiento. Grafícalos.

ACTIVIDAD N°6 Para darle cierre a esto de motores nombras algunas aplicaciones para ellos.

### TRABAJO PRACTICO PARA TALLER.

#### Actividad.

En el taller la actividad propuesta será reconocer las partes de un motor a inducción, ver sus partes más importantes. En tal caso hacerlo funcionar.

Materiales y herramientas a utilizar:

- Motor a inducción.
- Pinzas
- Destornillador
- Cable
- Llave

Disyuntor y térmica