



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
CÁTEDRA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

TRABAJO PRÁCTICO N°4:

“Arranque de Motor”

Grupo 7 - Integrantes:

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| - Mendes Rosa, Agustín. | - DNI: 44.517.201 |
| - Monja, Ernesto Joaquín. | - DNI: 43.873.728 |

Docente: Fioravanti, Marcelo.

Año 2025

Índice

Índice.....	1
Introducción.....	2
Desarrollo.....	2
Datos Iniciales.....	2
Memoria de Cálculo.....	2
Arranque por Commutación Y- Δ para Compresor 1.....	2
Arranque Suave para Compresor 2.....	8
Conclusión.....	12
Bibliografía.....	12

Introducción

En este trabajo práctico se diseñó el arranque de un motor asíncrono trifásico para el tablero seccional 2 de la planta industrial (véase TP1) por dos métodos: el primero por la conmutación estrella-triángulo y el segundo por arranque suave. Además se realizó un diagrama multifilar de potencia y de comando con pulsadores.

Desarrollo

Datos Iniciales

Como datos iniciales para este Trabajo Práctico, solo se tienen las potencias que consumen cada motor donde el tablero TC2 de la planta industrial alimenta a dos compresores con las siguientes potencias:

- Compresor 1: $P_{c1} = 90 \text{ [kW]}$
- Compresor 2: $P_{c2} = 22 \text{ [kW]}$

Se asumirá que como estos motores corresponden a compresores, su tiempo de arranque será igual a $t_{arr} = 8 \text{ [s]}$ de modo que puedan ser considerados de Clase 10. Dado que son 2 compresores, se diseñó el tablero para un arranque por conmutación estrella-triángulo para el primer compresor y arranque suave para el segundo compresor.

Memoria de Cálculo

Arranque por Conmutación Y-Δ para Compresor 1:

Primero se debió determinar la corriente que consume este motor, el cual según el catálogo de motores¹, consume una corriente igual a:

$$I_{N-c1} = 160 \text{ [A]}$$

¹ Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).

A partir de esto fue posible elegir un interruptor seccionador fusible para el cual primero se debió elegir un fusible. Para ello se tiene que la corriente que deberá tolerar un fusible será de:

$$I_{NF-C1} = K_F(I_{N-C1}) = 1,5(160 [A]) \Rightarrow I_{NF-C1} = 240 [A]$$

Luego, consultando el catálogo de fusibles², fue posible elegir un fusible *NH0gG* de 250 [A] montado sobre un Interruptor Seccionador Fusible *3NP42-70*.³

Continuando con el proceso de diseño, se deben elegir 3 contactores⁴ de categoría *AC3* (para motores) los cuales se eligen como sigue:

- K_L : Este contactor se elige en base a la corriente de fase que circula cuando está a régimen normal (conexión triángulo), siendo esta de: $\frac{I_{N-C1}}{\sqrt{3}} = \frac{160 [A]}{\sqrt{3}} \simeq 92,37 [A]$ y por lo tanto se opta por un contactor: *LC1-D95* en *AC3*.
- K_Δ : Este contactor se elige en base al mismo criterio que K_L y por lo tanto: $\frac{I_{N-C1}}{\sqrt{3}} = \frac{160 [A]}{\sqrt{3}} \simeq 92,37 [A]$ tal que se opta por un: *LC1-D95* en *AC3*.
- K_Y : Por último, este contactor debe soportar una corriente igual a: $\frac{I_{N-C1}}{3} = \frac{160 [A]}{3} \simeq 53,33 [A]$ tal que se opta por un: *LC1-D65* en *AC3*.

Luego el relé térmico se elige en base a la mayor corriente que pasará por el mismo, siendo esta igual a: $\frac{I_{N-C1}}{\sqrt{3}} = \frac{160 [A]}{\sqrt{3}} \simeq 92,37 [A]$ y el tiempo de arranque ($t_{arr} = 8 [s]$), tal que se elige un: *LRD-3365*.⁵

Finalmente, se debe elegir los conductores l_1 y l_2 que conectan a los motores desde el tablero seccional *TC2* donde se debe verificar la elección de un conductor por los 3 métodos ya conocidos (I_Z , $\Delta e\%$ e I_K). Por lo tanto planteamos la siguiente asunción:

*“Se asumirá que los motores (compresores), que se conectan al tablero seccional *TC2*, se encuentran ubicados en el cuarto denominado “Lavadero Dispositivos” de la planta industrial. Se entiende que la ubicación del tablero seccional *TC2* en esa posición buscará*

² Selección realizada en base al [Catálogo de Fusibles](#).

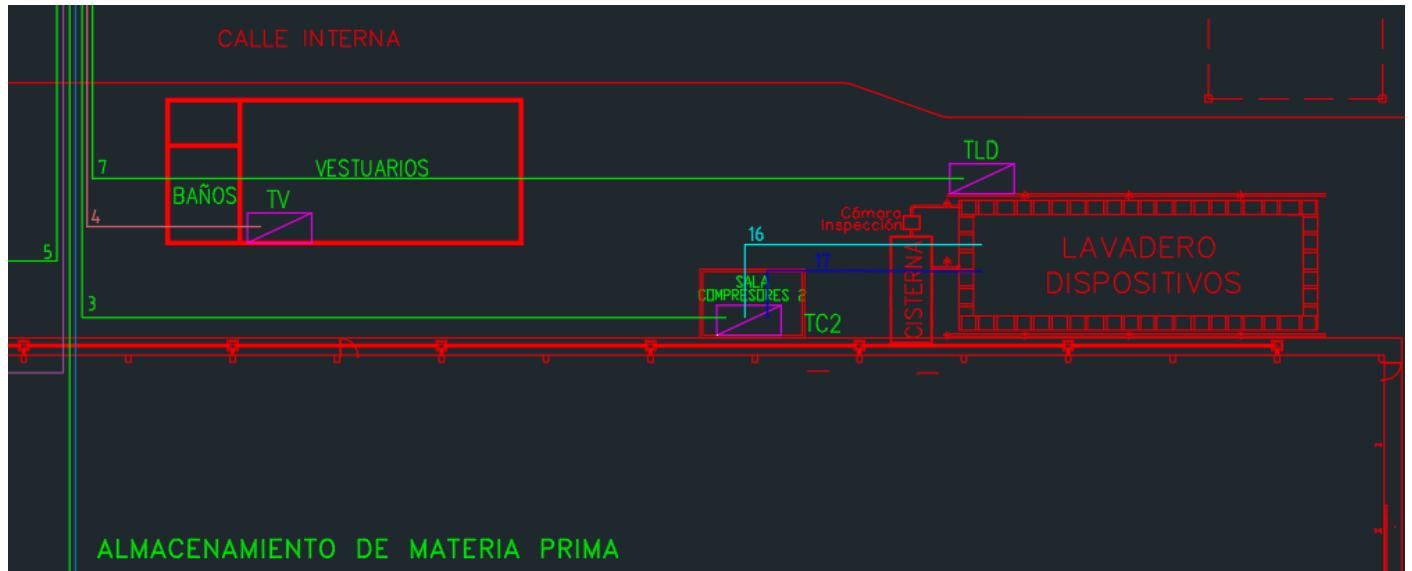
³ Selección realizada en base al [Catálogo de Interruptores-Seccionadores-Fusibles](#).

⁴ Selección realizada en base al [Catálogo de Contactores](#).

⁵ Selección realizada en base al [Catálogo de Relés Térmicos](#).

que los compresores no se encuentren lejos del mismo, tal que su utilidad sea alimentar la red neumática de la planta, la cual puede abastecer principalmente al lavadero de dispositivos y posiblemente a otros puntos de consumo (limpieza, válvulas neumáticas, herramientas, etc.).”

En virtud de esto, los conductores l_1 y l_2 a calcular son los representados como 16 y 17 respectivamente, en el plano de Autocad el cual se muestra un fragmento a continuación:



Del plano en AutoCad, se deduce que las distancias de estos cables serán de: $l_1 = 17,8 [m]$ y $l_2 = 16 [m]$, donde en este caso se utilizó el conductor l_1 como el que conecta al Compresor 1.

Por lo tanto se procede a realizar la selección y verificación del conductor y para ello, se debió determinar la corriente máxima que circulará a través del cable siendo esta igual a:

$$I_{C1} = \frac{I_{N-C1}}{\sqrt{3}} = \frac{160 [A]}{\sqrt{3}} \approx 92,37 [A] \text{ la cual se dará durante la conmutación de estrella a triángulo}$$

y por lo tanto se pre elige un cable: *PVC 1 [kV] Cu 1x(3x16 mm²) para las Fases*, el cual tolera 94 [A] al estar enterrado.⁶

- **Corriente Admisible:** Se utilizaron los siguientes factores de corrección asumiendo un cable enterrado a 0,5 [m] con una temperatura del terreno de 25 [°C]:

⁶ Selección realizada en base al [Catálogo de Conductores de PVC](#).

Temperatura del Terreno	Corrección por profundidad
$k_{T \text{ del terreno}} = 1$	$k_{prof} = 1$

TABLA 1: Factores de corrección de los conductores de TC2 a Compresor 1.⁷

Por lo tanto se tiene que:

$$I_Z = 94(1)(1) = 94 [A] > 92,37 [A] \Rightarrow \text{Verifica}$$

- **Caída de Tensión Porcentual:** Para este cálculo se tomó el $\cos(\varphi)$ que nos entrega el catálogo de motores⁸ el cual dice que para el compresor 1, se tiene que: $\cos(\varphi) = 0,91$ y por lo tanto se deduce que: $\operatorname{sen}(\varphi) \approx 0,4146$. Luego tomando los valores de resistencia y reactancia de la línea l_1 , siendo datos del fabricante⁹ se tiene que:

$$\Delta e = \sqrt{3}(I_{C1})(2l_1) \left(R_L \cos(\varphi) + X_L \operatorname{sen}(\varphi) \right)$$

$$\Delta e = \sqrt{3} (92,37 [A])(2 \times 0,0178 [km]) \left(1,38 \left[\frac{\Omega}{km} \right] (0,91) + 0,082 \left[\frac{\Omega}{km} \right] (0,4146) \right) \approx 7,362 [V]$$

$$\Delta e_{(\%)} = \frac{7,362 [V]}{380 [V]} (100 [\%]) = 1,9375 [\%] < 3,5 [\%] \Rightarrow \text{Verifica}$$

Se considera que la caída máxima de tensión permitida entre el tramo TC2 al Compresor 1, será una caída de tensión menor a: 3,5 [%].

- **Corriente de Cortocircuito:** Para este cálculo, se debió verificar que el fusible actúe antes que el cable se consuma, lo que implica que se debe cumplir que:

$$I_K^2(t) \leq K^2(S)^2$$

Aquí, el valor de $I_K^2(t)$ se deduce de las curvas de limitación de energía de los fusibles donde se tiene que para este caso:

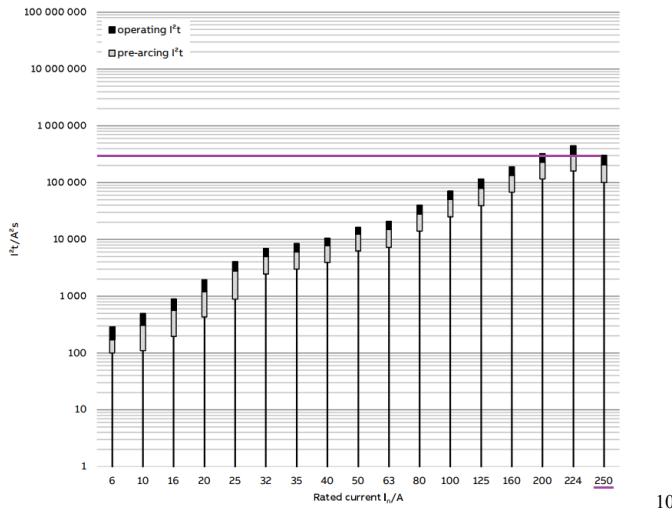
$$300 \times 10^3 \leq (115)^2 (16)^2$$

$$300 \times 10^3 \leq 3385,6 \times 10^3 \Rightarrow \text{Verifica}$$

⁷ Valores deducidos de las tablas 9 y 11 respectivamente del [Catálogo de Conductores de PVC](#).

⁸ Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).

⁹ Tomado del: [Catálogo de Conductores de PVC](#).



Se asignó en la consigna una tensión de comando de $V_{AC} = 24 [V]$ para el circuito de comando del arranque de motor, tal que se planteó un transformador con una relación de $380/24 \left[\frac{V}{V} \right]$ y una potencia aparente $S = 300 [VA]$, de esta manera fue posible alimentar el circuito de comando desde 2 de las fases de alimentación del circuito de potencia.

A partir de esto debió calcularse la corriente nominal del primario para elegir la PIA necesaria, por lo que puede escribirse:

$$I_{n1} = \frac{500 [VA]}{380 [V]} = 1,3158 [A]$$

Por lo que puede elegirse una PIA *IC60N A9N24654* de 2 [A], de 2 polos y que sigue la curva D de la marca Schneider.¹¹ Mientras que para la PIA que debe colocarse en el secundario del transformador se calcula de la misma manera y es posible escribir:

$$I_{n2} = \frac{500 [VA]}{24 [V]} = 20,83 [A]$$

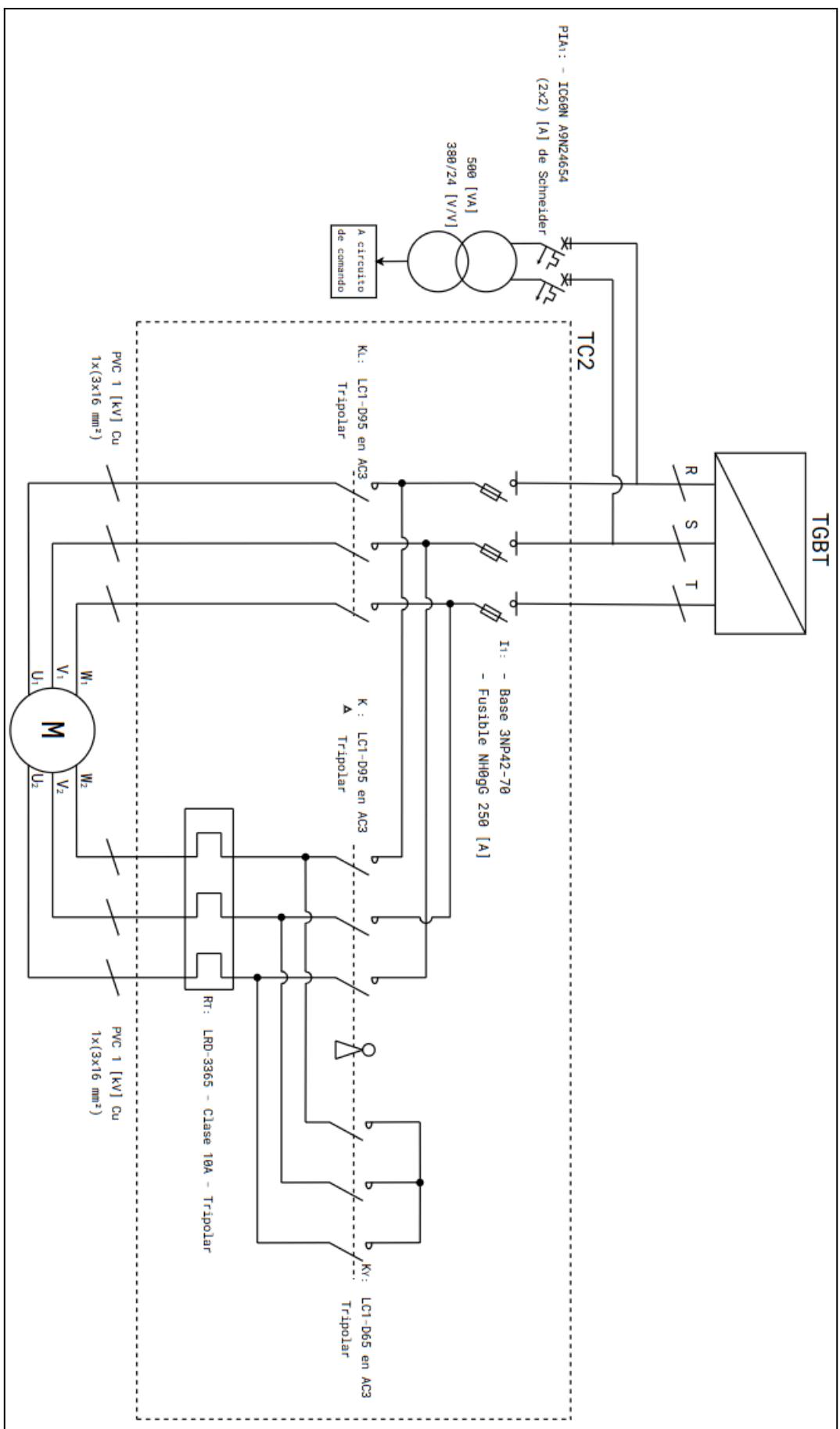
Por lo que puede elegirse una PIA *IC60N A9N24662* de 25 [A], de 2 polos y que sigue la curva D de la marca Schneider.¹²

A continuación se presenta un diagrama multifilar de potencia del sistema de arranque del motor con los componentes seleccionados:

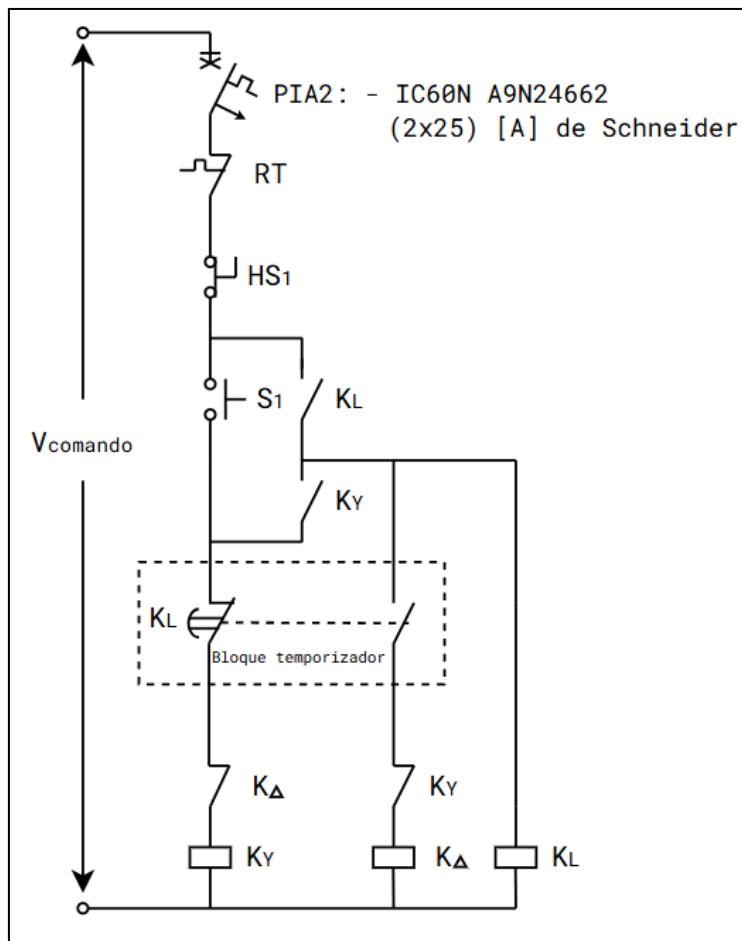
¹⁰ Verificación de los fusibles realizada en base a las [Curvas de Limitación de Energía de los Fusibles](#).

¹¹ Selección realizada en base al [Catálogo de PIAS C60N de Schneider](#).

¹² Selección realizada en base al [Catálogo de PIAS C60N de Schneider](#).



Y por último se presenta el diagrama de comando del arranque:



En la tabla siguiente se resumen las referencias del diagrama anterior:

$V_{comando}$	<u>Tensión del circuito de comando:</u> $24 V_{AC}$. Alimenta el circuito de lógica del sistema a partir de la señalización del circuito de potencia.
RT	<u>Relé térmico:</u> Contacto que abre al activarse el relé térmico del circuito de potencia causado por una sobrecarga.
HS_1	<u>Llave selectora de dos posiciones:</u> Permite detener el sistema manualmente ante una emergencia.
S_1	<u>Pulsador 1:</u> Permite arrancar el sistema de potencia y el contactor de línea K_L .
K_L	<u>Contactor 1:</u> Es el contactor de Línea.
K_Δ	<u>Contactor 2:</u> Es el contactor de Triángulo.
K_Y	<u>Contactor 3:</u> Es el contactor de Estrella.

TABLA 2: Referencias al comando del Arranque Estrella-Triángulo.

Al pulsar S_1 , el relé de K_Y se energiza, y el contactor K_Y (NA) se cierra, energizando y enclavando K_L . Este mismo a su vez acciona el temporizador, que cuando termina su cuenta cierra el contacto a su derecha y abre el de su izquierda, lo que desenergiza K_Y (cerrando el contacto K_Y (NC)) y logrando que se energice K_Δ . Cada contactor representa el correspondiente en el circuito de potencia.

Arranque Suave para Compresor 2:

Para la elección de un arrancador suave, ante la gran oferta del catálogo de ABB, se buscó limitar la búsqueda a que cumpla con los siguientes requisitos:

1. Que la potencia que pueda entregar el arrancador sea mayor o igual a la que utiliza el motor, siendo esta de 22 [kW].
2. Dado que se trata de un compresor, se debe elegir un arrancador suave clase 10.¹³

Si bien no hay un criterio específico para la elección entre las opciones, se considera que el arrancador suave PSE45-600-70¹⁴ contiene todas las protecciones deseadas sin volverse ni muy espacioso ni muy costoso además que el mismo fabricante lo recomienda para uso con compresores:

Guía rápida de selección	
Arranque normal Clase 10	Arranque pesado Clase 30
Para pedidos, ver pág. 30	Para pedidos, ver pág. 31
Aplicaciones típicas <ul style="list-style-type: none"> • Propulsor de proa • Bomba centrífuga • Compresor • Cinta transportadora (corta) • Ascensor • Escalera mecánica • Ventilador centrífugo • Trituradora • Mezcladora • Cinta transportadora (larga) • Molino • Agitadora <p>Para más de 10 arranques/h, seleccione un calibre más que la selección estándar</p>	

¹³ Tomado de los: [PDFs de clase - “Arranque de motor 4”](#) (filmina 9), provistos por el Ingeniero Fioravanti.

¹⁴ Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 30.

¹⁵ Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 29.

Las características principales del arrancador suave PSE45-600-70 son las que se presentan a continuación:

- **Control del par electrónico**: La función más importante a la hora de parar bombas es el control del par. Dado que el arrancador suave PSE está optimizado para el control de bombas, esta función es imprescindible.
- **Bypass integrado para ahorrar energía**: Utilizando el bypass tras alcanzar la tensión máxima se reduce enormemente la disipación de potencia, con lo que se ahorra energía. En la gama de arrancadores suaves PSE, el bypass está integrado en todos los modelos, lo cual los convierte en la solución de arranque más compacta y reduce la necesidad de cableado durante la instalación.
- **Protección del motor**: El arrancador suave PSE incorpora una protección electrónica contra sobrecarga, que protege al motor del sobrecalentamiento. Puesto que no precisa ningún dispositivo adicional contra sobrecargas, nuestro diseño eficiente ahorra espacio, tiempo de instalación y, en definitiva, dinero.
- **Pantalla y teclado**: El arrancador suave PSE se configura mediante el teclado con cuatro teclas y la pantalla iluminada, que permiten una configuración rápida y sencilla. En funcionamiento, la pantalla también presentará información importante del estado, como la intensidad y la tensión.

Según su catálogo, este arrancador incluye además los siguientes componentes:

Componentes	Nombre del Componente:
Interruptor Fusible	OS63GD03P
Contactor de Línea	A50
Fusibles Semiconductores de Protección tipo Bussmann	170M1568
Interruptor de Caja Moldeada (MCCB)	T2N160

TABLA 3: Componentes del Arrancador Suave provistos por ABB.¹⁶

Elegido el arrancador, queda seleccionar y verificar el conductor que irá desde el Tablero Seccional TC2 hasta el motor y para ello deberemos determinar la corriente máxima que circulará a través del cable. Dado que el motor del compresor 2 es de 22 [kW] se tiene que según su catálogo¹⁷, este consumirá una corriente $I_{N-C2} = 41 [A]$. Por lo tanto se pre-

¹⁶ Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 28.

¹⁷ Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).

elige un cable: *PVC 1 [kV] Cu 1x(3x16 mm²) por Fase* el cual tolera 122[A] al estar enterrado.¹⁸

- **Corriente Admisible:** Se utilizaron los siguientes factores de corrección asumiendo un cable enterrado a 0,5 [m] con una temperatura del terreno de 25 [°C]:

Temperatura del Terreno	Corrección por profundidad
$k_{T \text{ del terreno}} = 1$	$k_{prof} = 1$

TABLA 4: Factores de corrección de los conductores de TC2 a Compresor 2.¹⁹

Por lo tanto se tiene que:

$$I_Z = 122(1)(1) = 122 [A] > 41 [A] \Rightarrow \text{Verifica}$$

- **Caída de Tensión Porcentual:** Para este cálculo se tomó el $\cos(\varphi)$ que nos entrega el catálogo de motores²⁰ el cual dice que para el compresor 2, se tiene que: $\cos(\varphi) = 0,9$ y por lo tanto se deduce que: $\sin(\varphi) \approx 0,4358$. Luego tomando los valores de resistencia y reactancia de la línea l_2 , siendo datos del fabricante²¹ se tiene que:

$$\Delta e = \sqrt{3} (41 [A])(2 \times 0,016 [km]) \left(0,87 \left[\frac{\Omega}{km} \right] (0,9) + 0,088 \left[\frac{\Omega}{km} \right] (0,4358) \right) \approx 1,866 [V]$$

$$\Delta e (\%) = \frac{1,866 [V]}{380 [V]} (100 [\%]) = 0,49 [\%] < 3,5 [\%] \Rightarrow \text{Verifica}$$

Con el mismo criterio que el motor anterior, se considera que la caída máxima de tensión permitida entre el tramo TC2 al Compresor 2, será una caída de tensión menor a: 3,5 [%].

- **Corriente de Cortocircuito:** Para este cálculo, se debió verificar que el fusible actúe antes que el cable se consuma, lo que implica que se debe cumplir que:

$$I_K^2(t) \leq K^2(S)^2$$

¹⁸ Selección realizada en base al [Catálogo de Conductores de PVC](#).

¹⁹ Valores deducidos de las tablas 9 y 11 respectivamente del [Catálogo de Conductores de PVC](#).

²⁰ Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).

²¹ Tomado del: [Catálogo de Conductores de PVC](#).

Aquí, el valor de $I_K^2(t)$ se deduce del tipo de fusible de cabecera que tiene este arrancador, siendo este un Fusible OS63GD03P de ABB el cual en su hoja de datos presenta, entre otros detalles técnicos, el siguiente valor:

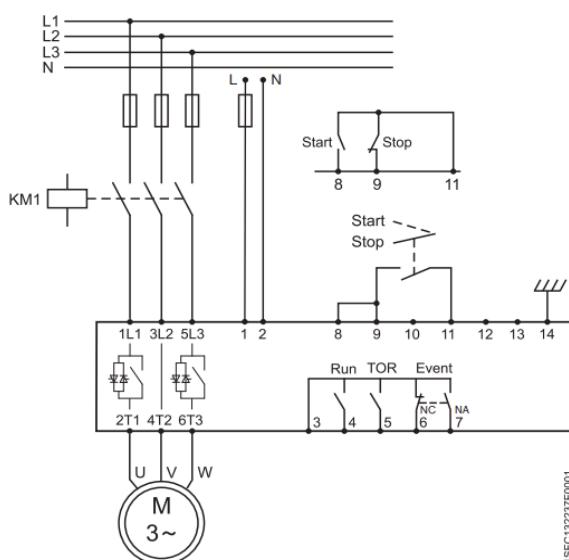
Conventional Free-air Thermal Current (I_{th})	(690 V) 55 kW
Conventional Thermal Current (I_{thc})	$\Theta = 40^\circ\text{C}$ 63 A
	Fully Enclosed 63 A
Rated Impulse Withstand Voltage (U_{imp})	12 kV
Rated Insulation Voltage (U_i)	1000 V
Rated Operational Voltage	Main Circuit 690 V AC
<u>Rated Short-time Withstand Current Low Voltage (I_{cw})</u>	for 1 s 2.5 kiloampere rms
Rated Conditional Short-Circuit Current (I_{nc})	(690 V) 80 kA
Power Loss	at Rated Operating Conditions per Pole 4 W
Pollution Degree	3
Handle Type	Pistol handle and shaft included
Switches Operating Mechanism	03 (Left Side)
Position of Line Terminals	Top In - Bottom Out, Bottom In - Top Out
	22

El valor remarcado en azul, indica la corriente de corta duración aplicada en un 1 segundo y por lo tanto se deduce que:

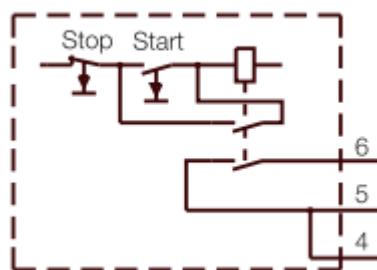
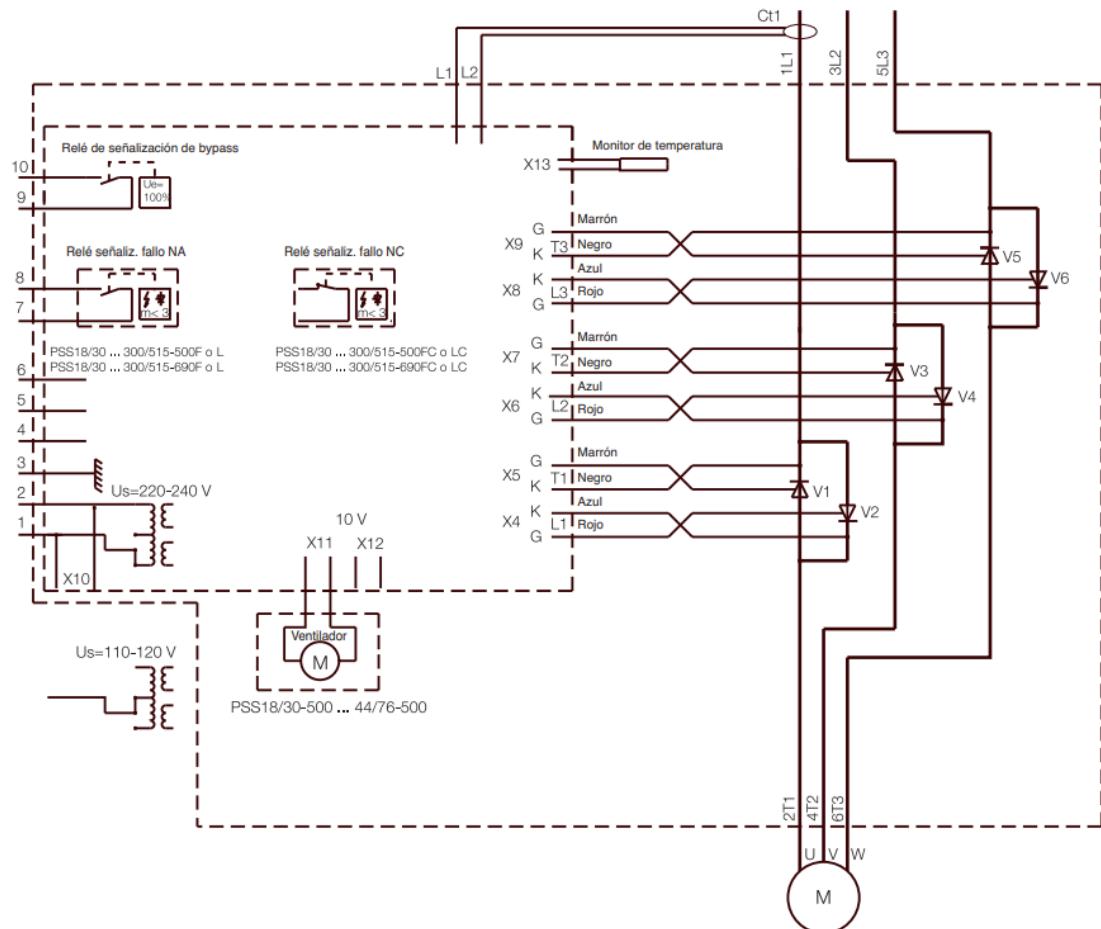
$$(2,5 [kA])^2(1 [s]) \leq (115)^2(25)^2$$

$$6250 \times 10^3 \leq 8265,625 \times 10^3 \quad \Rightarrow \quad \text{Verifica}$$

Finalmente, el fabricante provee además de un diagrama multifilar de conexión del arrancador el cual se presenta a continuación:



²² Tomado de la Hoja de datos del Fusible OS63GD03P de ABB.



23

Estas últimas dos imágenes corresponden a como es el comando de arranque del motor el cual propone el fabricante para el arrancador suave de motor elegido en este apartado del informe.

²³ Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 60.

Conclusión

En este trabajo, se ha diseñado el arranque de dos compresores conectados al Tablero Seccional TC2 de la planta industrial del TP1 mediante dos métodos distintos, el compresor 1 se diseñó en base a un arranque por conmutación estrella-tríangulo y el compresor 2 se diseñó como un arranque suave siguiendo firmemente el catálogo provisto por la cátedra de Instalaciones Eléctricas.

Bibliografía

Las siguientes fuentes representan a modo de bibliografía el material y los catálogos utilizados para la selección de componentes para esta instalación. Estos últimos han sido provistos por la cátedra de Instalaciones Eléctricas:

1. Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).
2. Selección realizada en base al [Catálogo de Fusibles](#).
3. Selección realizada en base al [Catálogo de Interruptores-Seccionadores-Fusibles](#).
4. Selección realizada en base al [Catálogo de Contactores](#).
5. Selección realizada en base al [Catálogo de Relés Térmicos](#).
6. Selección realizada en base al [Catálogo de Conductores de PVC](#).
7. Valores deducidos de las tablas 9 y 11 respectivamente del [Catálogo de Conductores de PVC \(CIMET\)](#).
8. Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).
9. Tomado del: [Catálogo de Conductores de PVC](#).
10. Verificación de los fusibles realizada en base a las [Curvas de Limitación de Energía de los Fusibles](#).
11. Tomado de los: [PDFs de clase - “Arranque de motor 4”](#) (filmina 9), provistos por el Ingeniero Fioravanti.
12. Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 30.
13. Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 29.
14. Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 28.
15. Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).
16. Selección realizada en base al [Catálogo de Conductores de PVC](#).

17. Valores deducidos de las tablas 9 y 11 respectivamente del [Catálogo de Conductores de PVC](#).
18. Tomado del: [Catálogo de Motores Asíncronos](#).
19. Tomado del: [Catálogo de Conductores de PVC](#).
20. Tomado de la [Hoja de datos del Fusible OS63GD03P de ABB](#).
21. Tomado del [Catálogo de Arrancadores Suaves](#), página 60.