

Actividad de Evaluación Continua 3

Diseño de una instalación en baja tensión

Alexander Sebastián Kalis

6 de enero de 2025

Índice

1. Ejercicio 1: Cálculo de las intensidades circulantes	3
1.1. Revisión del enunciado	3
1.2. Fórmula utilizada	4
1.3. Conversión de potencias	4
1.4. Resultados finales	4
2. Ejercicio 2: Dimensionamiento de las secciones de las líneas	4
2.1. Revisión del enunciado	4
2.2. Cálculo de las secciones de las líneas	5
2.2.1. Línea Acometida (LA)	5
2.2.2. Línea L1	5
2.2.3. Línea L2	5
2.2.4. Línea LC1	5
2.2.5. Línea LC2	6
2.2.6. Línea LC3	6
2.3. Resultados finales	6
3. Ejercicio 3: Cálculo de intensidades de cortocircuito	6
3.1. Enunciado	6
3.2. Datos iniciales	7
3.3. Cálculos	7
3.3.1. Línea Acometida (LA)	7
3.3.2. Línea L1	8
3.3.3. Línea L2	8
3.3.4. Línea LC1	8
3.3.5. Línea LC2	9
3.3.6. Línea LC3	9
3.4. Resultados finales	9
4. Ejercicio 4: Diseño de la protección contra cortocircuitos y sobrecargas	10
4.1. Enunciado	10
4.2. Datos iniciales	10
4.3. Selección de dispositivos	10
4.3.1. Línea Acometida (LA)	10
4.3.2. Línea L1	10
4.3.3. Línea L2	11
4.3.4. Línea LC1	11
4.3.5. Línea LC2	11
4.3.6. Línea LC3	11

1. Ejercicio 1: Cálculo de las intensidades circulantes

Se debe diseñar una instalación eléctrica trifásica en baja tensión de una nave industrial que alimenta a tres cargas principales cuyo diagrama unifilar se muestra en la siguiente figura.

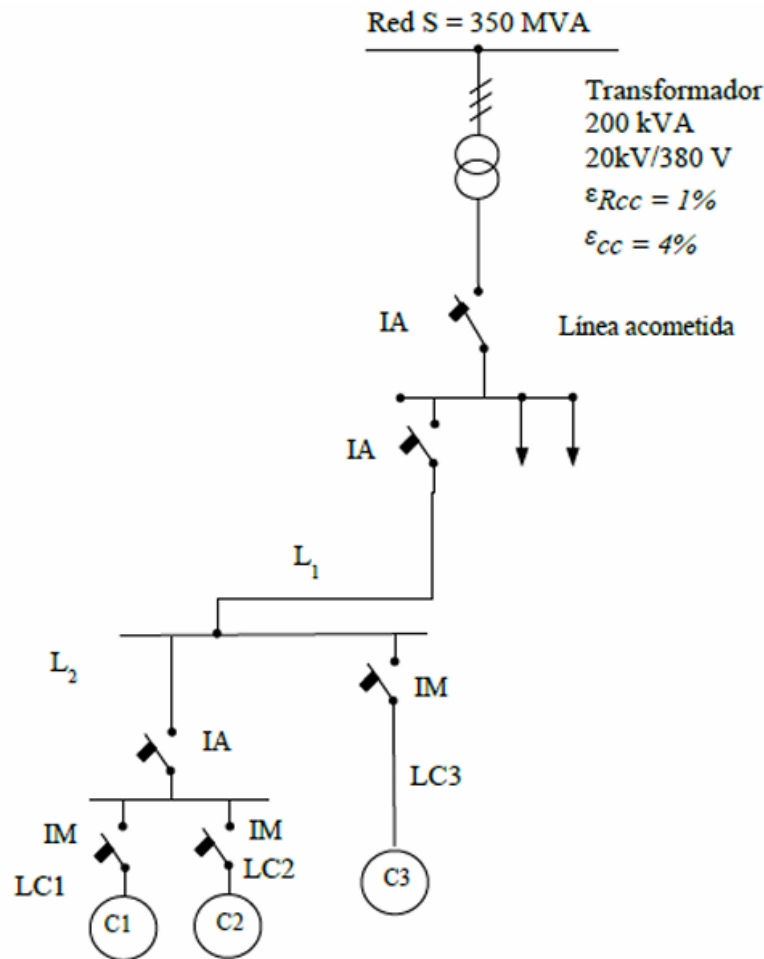


Figura 1: Esquema eléctrico de la instalación.

1.1. Revisión del enunciado

Debemos calcular las intensidades circulantes por las líneas asociadas a las cargas indicadas. Los datos proporcionados son:

- **Motor C1:** Potencia 10 CV, $\cos\phi = 0,8$, rendimiento $\eta = 0,87$.
- **Motor C2:** Potencia 20 CV, $\cos\phi = 0,86$, rendimiento $\eta = 0,89$.
- **Alumbrado C3:** Potencia 18.25 kW, $\cos\phi = 0,95$.

Además, el enunciado indica que debemos prever un incremento del 25 % en el consumo del motor alimentado por cada línea para las líneas que alimentan a los motores.

1.2. Fórmula utilizada

La intensidad de una carga trifásica se calcula con la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi \cdot \eta}$$

Donde:

- P : Potencia activa de la carga (kW).
- V : Tensión de línea (V).
- $\cos \phi$: Factor de potencia.
- η : Rendimiento del motor (para motores).

Para el caso del alumbrado, al no tener rendimiento (η), se utiliza directamente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi}$$

1.3. Conversión de potencias

Para convertir las potencias de los motores de caballos de vapor (CV) a kilovatios (kW), se utiliza la relación:

$$P_{\text{kW}} = P_{\text{CV}} \cdot 0,7355$$

- Motor C1: $10 \cdot 0,7355 = 7,355 \text{ kW}$.
- Motor C2: $20 \cdot 0,7355 = 14,710 \text{ kW}$.
- Alumbrado C3: Ya está dado en kilovatios, 18,25 kW.

1.4. Resultados finales

Las intensidades circulantes para cada carga son:

- **Motor C1:** $I_{1,\text{nominal}} = 13,80 \text{ A}$, $I_{1,\text{incrementado}} = 17,25 \text{ A}$.
- **Motor C2:** $I_{2,\text{nominal}} = 27,20 \text{ A}$, $I_{2,\text{incrementado}} = 34,00 \text{ A}$.
- **Alumbrado C3:** $I_3 = 28,00 \text{ A}$.

2. Ejercicio 2: Dimensionamiento de las secciones de las líneas

2.1. Revisión del enunciado

El objetivo es dimensionar las secciones de las líneas considerando:

- La caída de tensión permitida ($\Delta U_{\text{máx}} = 5\% \text{ de } 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$).

- La condición adicional del proyectista:

$$0,9 \cdot I_z > I_B$$

- El cálculo del conductor de protección (S_{PE}) en cada línea, siguiendo el criterio:

$$S_{PE} = \begin{cases} S_{Fase}, & \text{si } S_{Fase} \leq 16 \text{ mm}^2, \\ 16 \text{ mm}^2, & \text{si } S_{Fase} > 16 \text{ mm}^2 \text{ y } S_{Fase} \leq 35 \text{ mm}^2, \\ 0,5 \cdot S_{Fase}, & \text{si } S_{Fase} > 35 \text{ mm}^2. \end{cases}$$

2.2. Cálculo de las secciones de las líneas

2.2.1. Línea Acometida (LA)

Conductor activo:

$$I_{LA} = 79,25 \text{ A}, \quad S_{LA} = 16 \text{ mm}^2 \text{ (comercial)}.$$

Conductor de protección:

$$S_{PE,LA} = 16 \text{ mm}^2 \text{ (por ser igual a } S_{Fase}\text{)}.$$

2.2.2. Línea L1

Conductor activo:

$$I_{L1} = 17,25 \text{ A}, \quad S_{L1} = 6 \text{ mm}^2 \text{ (comercial)}.$$

Conductor de protección:

$$S_{PE,L1} = 6 \text{ mm}^2 \text{ (por ser igual a } S_{Fase}\text{)}.$$

2.2.3. Línea L2

Conductor activo:

$$I_{L2} = 34,00 \text{ A}, \quad S_{L2} = 10 \text{ mm}^2 \text{ (comercial)}.$$

Conductor de protección:

$$S_{PE,L2} = 10 \text{ mm}^2 \text{ (por ser igual a } S_{Fase}\text{)}.$$

2.2.4. Línea LC1

Conductor activo:

$$I_{LC1} = 17,25 \text{ A}, \quad S_{LC1} = 2,5 \text{ mm}^2 \text{ (comercial)}.$$

Conductor de protección:

$$S_{PE,LC1} = 2,5 \text{ mm}^2 \text{ (por ser igual a } S_{Fase}\text{)}.$$

2.2.5. Línea LC2

Conductor activo:

$$I_{LC2} = 34,00 \text{ A}, \quad S_{LC2} = 6 \text{ mm}^2 \text{ (comercial)}.$$

Conductor de protección:

$$S_{PE,LC2} = 6 \text{ mm}^2 \text{ (por ser igual a } S_{Fase}\text{)}.$$

2.2.6. Línea LC3

Conductor activo:

$$I_{LC3} = 28,00 \text{ A}, \quad S_{LC3} = 4 \text{ mm}^2 \text{ (comercial)}.$$

Conductor de protección:

$$S_{PE,LC3} = 4 \text{ mm}^2 \text{ (por ser igual a } S_{Fase}\text{)}.$$

2.3. Resultados finales

Las secciones finales, incluyendo el conductor de protección, son:

- **Acometida (LA):** $S_{Fase} = 16 \text{ mm}^2$, $S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$.
- **Línea L1:** $S_{Fase} = 6 \text{ mm}^2$, $S_{PE} = 6 \text{ mm}^2$.
- **Línea L2:** $S_{Fase} = 10 \text{ mm}^2$, $S_{PE} = 10 \text{ mm}^2$.
- **Línea LC1:** $S_{Fase} = 2,5 \text{ mm}^2$, $S_{PE} = 2,5 \text{ mm}^2$.
- **Línea LC2:** $S_{Fase} = 6 \text{ mm}^2$, $S_{PE} = 6 \text{ mm}^2$.
- **Línea LC3:** $S_{Fase} = 4 \text{ mm}^2$, $S_{PE} = 4 \text{ mm}^2$.

3. Ejercicio 3: Cálculo de intensidades de cortocircuito

3.1. Enunciado

El objetivo es calcular las intensidades de cortocircuito en cada línea de la instalación eléctrica. Se debe determinar:

- La intensidad máxima de cortocircuito ($I_{cc,max}$).
- La intensidad mínima de cortocircuito ($I_{cc,min}$).

Para ello, se considera la impedancia total de cada línea:

$$Z = R + jX$$

Donde:

- R : Resistencia de la línea, calculada como:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

- X : Reactancia de la línea, calculada como:

$$X = \frac{x' \cdot L}{1000}$$

La intensidad de cortocircuito se calcula como:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z}$$

3.2. Datos iniciales

- Tensión nominal: $V = 380 \text{ V}$.
- Resistividad del cobre: $\rho = 0,02198 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- Reactancia de los cables: $x' = 0,08 \Omega/\text{km}$.
- Secciones comerciales obtenidas en el ejercicio anterior:
 - Acometida (LA): 16 mm^2 .
 - Línea L1: 6 mm^2 .
 - Línea L2: 10 mm^2 .
 - Línea LC1: $2,5 \text{ mm}^2$.
 - Línea LC2: 6 mm^2 .
 - Línea LC3: 4 mm^2 .
- Longitudes de las líneas:
 - Acometida (LA): 5 m .
 - Línea L1: 83 m .
 - Línea L2: 25 m .
 - Línea LC1: 7 m .
 - Línea LC2: 7 m .
 - Línea LC3: 23 m .

3.3. Cálculos

3.3.1. Línea Acometida (LA)

$$R_{LA} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,02198 \cdot 5}{16} = 0,00687 \Omega$$

$$X_{LA} = \frac{x' \cdot L}{1000} = \frac{0,08 \cdot 5}{1000} = 0,0004 \Omega$$

$$Z_{\text{máx}} = R_{\text{LA}} + X_{\text{LA}} = 0,00687 + 0,0004 = 0,00727 \Omega$$

$$Z_{\text{mín}} = R_{\text{LA}} = 0,00687 \Omega$$

$$I_{\text{cc,max}} = \frac{V}{Z_{\text{mín}}} = \frac{380}{0,00687} = 55,323,02 \text{ A}$$

$$I_{\text{cc,min}} = \frac{V}{Z_{\text{máx}}} = \frac{380}{0,00727} = 52,278,59 \text{ A}$$

3.3.2. Línea L1

$$R_{\text{L1}} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,02198 \cdot 83}{6} = 0,3039 \Omega$$

$$X_{\text{L1}} = \frac{x' \cdot L}{1000} = \frac{0,08 \cdot 83}{1000} = 0,00664 \Omega$$

$$Z_{\text{máx}} = R_{\text{L1}} + X_{\text{L1}} = 0,3039 + 0,00664 = 0,31054 \Omega$$

$$Z_{\text{mín}} = R_{\text{L1}} = 0,3039 \Omega$$

$$I_{\text{cc,max}} = \frac{V}{Z_{\text{mín}}} = \frac{380}{0,3039} = 1,249,77 \text{ A}$$

$$I_{\text{cc,min}} = \frac{V}{Z_{\text{máx}}} = \frac{380}{0,31054} = 1,223,06 \text{ A}$$

3.3.3. Línea L2

$$R_{\text{L2}} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,02198 \cdot 25}{10} = 0,05495 \Omega$$

$$X_{\text{L2}} = \frac{x' \cdot L}{1000} = \frac{0,08 \cdot 25}{1000} = 0,002 \Omega$$

$$Z_{\text{máx}} = R_{\text{L2}} + X_{\text{L2}} = 0,05495 + 0,002 = 0,05695 \Omega$$

$$Z_{\text{mín}} = R_{\text{L2}} = 0,05495 \Omega$$

$$I_{\text{cc,max}} = \frac{V}{Z_{\text{mín}}} = \frac{380}{0,05495} = 6,915,38 \text{ A}$$

$$I_{\text{cc,min}} = \frac{V}{Z_{\text{máx}}} = \frac{380}{0,05695} = 6,672,52 \text{ A}$$

3.3.4. Línea LC1

$$R_{\text{LC1}} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,02198 \cdot 7}{2,5} = 0,06154 \Omega$$

$$X_{\text{LC1}} = \frac{x' \cdot L}{1000} = \frac{0,08 \cdot 7}{1000} = 0,00056 \Omega$$

$$Z_{\text{máx}} = R_{\text{LC1}} + X_{\text{LC1}} = 0,06154 + 0,00056 = 0,0621 \Omega$$

$$Z_{\text{mín}} = R_{\text{LC1}} = 0,06154 \Omega$$

$$I_{\text{cc,max}} = \frac{V}{Z_{\text{mín}}} = \frac{380}{0,06154} = 6,174,44 \text{ A}$$

$$I_{\text{cc,min}} = \frac{V}{Z_{\text{máx}}} = \frac{380}{0,0621} = 6,118,77 \text{ A}$$

3.3.5. Línea LC2

$$R_{LC2} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,02198 \cdot 7}{6} = 0,02564 \Omega$$

$$X_{LC2} = \frac{x' \cdot L}{1000} = \frac{0,08 \cdot 7}{1000} = 0,00056 \Omega$$

$$Z_{\text{máx}} = R_{LC2} + X_{LC2} = 0,02564 + 0,00056 = 0,0262 \Omega$$

$$Z_{\text{mín}} = R_{LC2} = 0,02564 \Omega$$

$$I_{cc,\text{max}} = \frac{V}{Z_{\text{mín}}} = \frac{380}{0,02564} = 14,818,67 \text{ A}$$

$$I_{cc,\text{min}} = \frac{V}{Z_{\text{máx}}} = \frac{380}{0,0262} = 14,501,97 \text{ A}$$

3.3.6. Línea LC3

$$R_{LC3} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,02198 \cdot 23}{4} = 0,12639 \Omega$$

$$X_{LC3} = \frac{x' \cdot L}{1000} = \frac{0,08 \cdot 23}{1000} = 0,00184 \Omega$$

$$Z_{\text{máx}} = R_{LC3} + X_{LC3} = 0,12639 + 0,00184 = 0,12823 \Omega$$

$$Z_{\text{mín}} = R_{LC3} = 0,12639 \Omega$$

$$I_{cc,\text{max}} = \frac{V}{Z_{\text{mín}}} = \frac{380}{0,12639} = 3,006,69 \text{ A}$$

$$I_{cc,\text{min}} = \frac{V}{Z_{\text{máx}}} = \frac{380}{0,12823} = 2,963,54 \text{ A}$$

3.4. Resultados finales

- Línea LA: $I_{cc,\text{max}} = 55,323,02 \text{ A}$, $I_{cc,\text{min}} = 52,278,59 \text{ A}$.
- Línea L1: $I_{cc,\text{max}} = 1,249,77 \text{ A}$, $I_{cc,\text{min}} = 1,223,06 \text{ A}$.
- Línea L2: $I_{cc,\text{max}} = 6,915,38 \text{ A}$, $I_{cc,\text{min}} = 6,672,52 \text{ A}$.
- Línea LC1: $I_{cc,\text{max}} = 6,174,44 \text{ A}$, $I_{cc,\text{min}} = 6,118,77 \text{ A}$.
- Línea LC2: $I_{cc,\text{max}} = 14,818,67 \text{ A}$, $I_{cc,\text{min}} = 14,501,97 \text{ A}$.
- Línea LC3: $I_{cc,\text{max}} = 3,006,69 \text{ A}$, $I_{cc,\text{min}} = 2,963,54 \text{ A}$.

4. Ejercicio 4: Diseño de la protección contra cortocircuitos y sobrecargas

4.1. Enunciado

El diseño de la protección contra cortocircuitos y sobrecargas se realizará mediante:

- Interruptores automáticos en las líneas de acometida (LA), L1 y L2.
- Interruptores magnetotérmicos en las líneas LC1, LC2 y LC3.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tanto en los interruptores automáticos como en los magnetotérmicos, se cumple la condición:

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n$$

- En la protección contra cortocircuitos, no es necesario comprobar la condición $I_{cc,max} < I_B$, ya que se cumple siempre para la aparamenta indicada.

4.2. Datos iniciales

Los modelos disponibles para los dispositivos de protección son los siguientes:

- **Interruptores automáticos (IA):**
 - Modelo 3VF5: $I_a = 1575 - 3150$ A, $I_n = 315$ A, Poder de corte = 20 kA.
 - Modelo 3VF4: $I_a = 500 - 1000$ A, $I_n = 90$ A, Poder de corte = 18 kA.
 - Modelo 3VF3: $I_a = 500$ A, $I_n = 63$ A, Poder de corte = 18 kA.
- **Interruptores magnetotérmicos:**
 - Modelo 5SN3: $I_a = 5 \cdot I_n$, $I_n = 20$ A, Poder de corte = 6 kA.
 - Modelo 5SN4: $I_a = 5 \cdot I_n$, $I_n = 40$ A, Poder de corte = 4,5 kA.

4.3. Selección de dispositivos

4.3.1. Línea Acometida (LA)

- **Intensidad nominal (I_B):** 79,25 A.
- Se selecciona el interruptor automático **3VF4**, con:

$$I_n = 90 \text{ A}, I_a = 500 - 1000 \text{ A}, \text{ Poder de corte} = 18 \text{ kA}.$$

4.3.2. Línea L1

- **Intensidad nominal (I_B):** 17,25 A.
- Se selecciona el interruptor automático **3VF3**, con:

$$I_n = 63 \text{ A}, I_a = 500 \text{ A}, \text{ Poder de corte} = 18 \text{ kA}.$$

4.3.3. Línea L2

- **Intensidad nominal** (I_B): 34,00 A.
- Se selecciona el interruptor automático **3VF3**, con:

$$I_n = 63 \text{ A}, I_a = 500 \text{ A}, \text{ Poder de corte} = 18 \text{ kA}.$$

4.3.4. Línea LC1

- **Intensidad nominal** (I_B): 17,25 A.
- Se selecciona el interruptor magnetotérmico **5SN3**, con:

$$I_n = 20 \text{ A}, I_a = 5 \cdot I_n = 100 \text{ A}, \text{ Poder de corte} = 6 \text{ kA}.$$

4.3.5. Línea LC2

- **Intensidad nominal** (I_B): 34,00 A.
- Se selecciona el interruptor magnetotérmico **5SN4**, con:

$$I_n = 40 \text{ A}, I_a = 5 \cdot I_n = 200 \text{ A}, \text{ Poder de corte} = 4,5 \text{ kA}.$$

4.3.6. Línea LC3

- **Intensidad nominal** (I_B): 28,00 A.
- Se selecciona el interruptor magnetotérmico **5SN4**, con:

$$I_n = 40 \text{ A}, I_a = 5 \cdot I_n = 200 \text{ A}, \text{ Poder de corte} = 4,5 \text{ kA}.$$