



*Facultad de Ingeniería*  
*Universidad Nacional de La Pampa*

Carrera: Ingeniería Electromecánica  
Plan: 1996

## **PROYECTO FINAL**

**Modalidad: Proyecto de Desarrollo**

**Cálculo de Iluminación y Electrificación.  
Fábrica de alimentos balanceados.  
Gente de la Pampa (General Pico).**

**Estudiante:**

ESPÍNDOLA, Carlos Daniel

**Tutor:**

Ing. MANDRILE, Daniel Alberto



## INDICE

Memoria Descriptiva.....	3
Planta Industrial .....	3
Proceso Industrial .....	3
Memoria de Cálculo .....	6
Tableros.....	6
Tablero Principal .....	6
Tablero Seccional 1 .....	10
Tablero Seccional 2 .....	14
Tablero Seccional 3 .....	18
Tablero Seccional 4 .....	22
Tablero Seccional 5 .....	26
Circuitos Terminales .....	30
Circuito 1 – 1 .....	30
Circuito 1 – 11 .....	34
Circuito 2 – 4 .....	38
Circuito 3 – 4 .....	42
Circuito 4 – 5 .....	46
Circuito 5 – 2 .....	50
Cálculo térmico de tableros .....	58
Tablero Principal .....	59
Tablero Seccional 1 .....	61
Tablero Seccional 2 .....	63
Tablero Seccional 3 .....	65
Tablero Seccional 4 .....	66
Tablero Seccional 5 .....	68
Bandejas Portacables.....	70
Método para la elección .....	70
Puesta a Tierra .....	75
Metodología de Cálculo.....	75
Datos.....	75
Cálculos .....	75
Anexo 1 .....	78
Curvas de Limitación .....	78
Limitación en solicitud térmica.....	78
Anexo 2 .....	81
Iluminación.....	81
Método de Cálculo .....	81
Cálculo lumínico de los locales .....	83
Anexo 3 .....	107
Planos.....	107



## **Memoria Descriptiva**

El presente proyecto contempla el cálculo, dimensionado, distribución de líneas, ubicación de tableros y puntos de utilización, correspondientes a la instalación eléctrica de la fábrica de alimentos balanceados propiedad de Gente de la Pampa SA, con el objetivo de satisfacer los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento de la misma.

A continuación se describen aspectos edilicios y del proceso industrial que realiza la empresa.

### **Planta Industrial**

La planta Industrial esta ubicada en área industrial de la ciudad de General Pico, en un predio de 18.383,00 m<sup>2</sup> sobre Ruta Provincial 1 n° 1.150, donde desarrolla su actividad desde hace varios años. Cuenta con un conjunto de silos para acopio de materia prima, una nave donde se desarrolla el proceso industrial y una sala de máquinas con una caldera.

### **Proceso Industrial**

La planta produce alimento balanceado de origen vegetal, terminado en bolsas o a granel.

Se reciben a granel pellet de afrechillo, pellet de soja, de harina de girasol, los cuales son almacenados en silos, después de su control mediante análisis físico-químicos (humedad, proteína, acidez, etc.).

Los meso y micro elementos tales como las vitaminas, minerales y otros aditivos se reciben en bolsas identificadas, palletizadas, los cuales son almacenados en el área específica para insumos.

Las materias primas son molidas mediante un molino a martillos (molienda primaria), cuando el producto logra la finura adecuada se deposita en los silos



aéreos de materiales molidos. Luego se pesan cada una de las materias primas según las fórmulas y mediante un carro balanza autodescargable, al cual se agregan las vitaminas, minerales y aditivos previamente pesados.

En este estado la materia se envían a una mezcladora, donde se combinan aproximadamente 10 minutos a temperatura ambiente, hasta lograr su homogenización. Luego esta mezcla llega a la pelleteadora, donde por presión y humidificación producto de vapor, adquieren el tamaño y estructura característico del pellet terminado.

El producto resultante es conducido mediante norias a cangilones depositándose en la secadora - enfriadora. El contenido se descarga en la zaranda de separación de fases con el objeto de eliminar las harinas indeseables. Luego el producto terminado es dirigido por una noria a cangilones hacia los respectivos silos de producto terminado tanto para ser entregados a granel o en bolsas las cuales se depositan en el galpón de bolsas estivadas sobre pallets.

Durante el proceso se le toman muestras para determinar tenores de humedad, grasa, proteínas, fibras y cenizas que garantizan la calidad final del producto terminado.

Teniendo en cuenta el proceso de producción y de acuerdo al planteo edilicio existente, se han desarrollado los cálculos necesarios para el suministro de energía eléctrica de la totalidad de la fábrica, la cual comprende:

- Circuitos terminales para usos generales y específicos (de iluminación y tomacorrientes).
- Circuitos para uso específico de carga única (34 motores, que van desde 0,55 kW, hasta 55 kW).

A continuación se presenta la planilla con el listado de los motores. Se optó por la utilización de motores marca Weg modelo W21, teniendo en cuenta su bajo costo de adquisición y alta tecnología. Fácil de adaptar a las más variadas aplicaciones, sencilla instalación, fácil operación, costo de mantenimiento bajo y garantizan alto ahorro de energía.



Nº Motor	Circuito	Ubicación	TS Nº	Tipo	Potencia (KW)	Amperaje	RPM	cos φ	IP
1	C1-1	Descarga soja a balanza	1	100L	2.2	5	1410	0.82	54
2	C1-2	Descarga maíz a balanza	1	100L	3	6.81	1400	0.81	55
3	C1-3	Extractor maíz	1	132S	5.5	11.58	1450	0.84	55
4	C1-4	Descarga afrechillo a balanza	1	100L	2.2	5	1410	0.82	54
5	C1-5	Descarga conchilla a balanza	1	100L	3	6.81	1400	0.81	55
6	C1-6	Descarga girasol a balanza	1	100L	2.2	5	1410	0.82	54
7	C1-7	Chimango carga de núcleos	1	100L	3	6.81	1400	0.81	55
8	C1-8	Extractor Balanza	1	80	0.55	1.5	1410	0.82	54
9	C1-9	Noria alimentador molino	1	90L	1.5	3.52	1410	0.82	55
10	C1-10	Alimentador molino (sinfín)	1	90L	1.5	3.52	1410	0.82	54
11	C1-11	Molino	1	160L	18.5	36	2945	0.86	55
12	C1-12	Extractor molino	1	80	0.75	1.95	1395	0.81	54
13	C1-13	Turbina molino	1	80	0.75	1.95	1395	0.81	55
14	C1-14	Noria alimentador mezcladora	1	90L	1.5	3.52	1410	0.82	55
15	C1-15	Mezcladora	1	132S	5.5	11.58	1450	0.84	54
16	C1-16	Extractor mezcladora	1	100L	2.2	5	1410	0.82	55
17	C2-1	Chimango urea	2	100L	3	6.81	1400	0.81	55
18	C2-2	Noria peleteadora	2	90L	1.5	3.52	1410	0.82	54
19	C2-3	Alimentador peleteadora	2	100L	3	6.81	1400	0.81	54
20	C2-4	Peleteadora	2	250M	55	100.32	1475	0.89	54
21	C2-5	Turbina del enfriador	2	132M	7.5	15.58	1455	0.84	55
22	C2-6	Enfriador	2	80	0.55	1.5	1410	0.82	55
23	C2-7	Zaranda	2	100L	3	6.81	1400	0.81	55
24	C2-8	Noria producto terminado	2	100L	3	6.81	1400	0.81	55
25	C2-9	Producto terminado a embolsado (techo)	2	90L	1.5	3.52	1410	0.82	55
26	C2-10	Extractor silo 2 (sinfín)	2	100L	2.2	5	1410	0.82	54
27	C2-11	Embolsado	2	80	0.55	1.5	1410	0.82	54
28	C3-1	Chimango descarga materia prima	3	132S	5.5	11.58	1450	0.84	55
29	C3-2	Extractor afrechillo	3	90L	1.5	3.52	1410	0.82	54
30	C3-3	Extractor soja	3	90L	1.5	3.52	1410	0.82	54
31	C3-4	Noria descarga materia prima	3	132S	5.5	11.58	1450	0.84	55
32	C3-5	Soplador silo maíz	3	112M	4	8.61	1440	0.83	44
33	C4-1	Bomba caldera	4	80	0.75	1.95	1395	0.81	54
34	C4-2	Caldera	4	80	0.75	1.95	1395	0.81	54

El cálculo eléctrico de las secciones de los conductores se realizará según la “Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina de 2006”.

Se realizarán cálculos para la selección y disposición de los elementos de maniobra y protección tanto de la instalación como de las personas, así también como la ubicación y selección de los tableros de maniobra de acuerdo a las normas vigentes.

Por otro lado, se realizarán cálculos lumínicos asistidos por software, para obtener los niveles de luminancia requeridos.



## Memoria de Cálculo

### **Tableros**

#### **Tablero Principal**

La determinación de la corriente del proyecto  $I_B$ , se obtiene sumando los consumos de los tableros seccionales. Así mismo, se ha tenido en cuenta, en cada uno de los tableros, un índice de simultaneidad propio de cada uno de ellos, calculado experimentalmente, en base al conocimiento previo del funcionamiento de las máquinas.

$$I_B = 323 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 400 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático Compact NS400N STR23 SE, marca Merlin Gerin, 4 polos, bajo la norma IEC 60947-2 y un poder de corte

$$I_{CU} = 50 \text{ kA.}$$

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por dos conductores enterrados multipolares puestos en paralelo.

$$I_Z = 422 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 70 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC, enterrado.

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$



b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N > 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 520 \text{ A} \quad 1,45 I_Z = 611,9 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito en el TP. Para ello primero se debe obtener la corriente de cortocircuito aguas abajo del transformador. Se optó por un transformador marca Tadeo Czerweny SA, con las siguientes características

$U_{cc}$  en la red de alimentación 300 MV.A

Potencia = 250 kV.A

Relación = 13200 / 400 V/V

$P_{cc} = 3500 \text{ W}$

$U_{cc} = 4 \%$

La expresión de cálculo es  $I_k^* = \frac{cU_N}{\sqrt{3}Z_k}$

Se calculará mediante tres instancias:

1. impedancia de la red de alimentación

$$Z_{QT} = \frac{c_0 U_{NQ}^2}{S_{kQ}^*} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot (13,2 \text{ kV})^2}{300 \text{ MV.A}} \cdot \frac{1}{(13,2 \text{ kV} / 0,4 \text{ kV})^2} = 5,866 \times 10^{-4} \Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} X_{QT} = 0,995 Z_{QT} = 5,836 \times 10^{-4} \Omega \\ R_{QT} = 0,1 X_{QT} = 5,836 \times 10^{-5} \Omega \end{array} \right\} Z_{QT} = (5,836 \times 10^{-5} + j5,836 \times 10^{-4}) \Omega$$

2. impedancia del transformador

$$Z_T = \frac{u_{krT}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{4\%}{100\%} \cdot \frac{(400 \text{ V})^2}{250 \text{ kV.A}} = 0,0256 \Omega$$



$$R_T = \frac{P_{krT}}{3I_{rT}^2} = \frac{P_{krT} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT}^2} = \frac{3.5kW (400V)^2}{(250kV.A)^2} = 8,96 \times 10^{-3} \Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 0,02398 \Omega$$

3. determinación de la máxima corriente presunta de cortocircuito  $I_k''$

$$I_k'' = \frac{cU_N}{\sqrt{3} \sqrt{R_k^2 + X_k^2}} = \frac{cU_N}{\sqrt{3} Z_k}$$

$$R_k = R_{QT} + R_T = 9,0183 \times 10^{-3} \Omega$$

$$X_k = X_{QT} + X_T = 0,024563 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(9,0183 \times 10^{-3} \Omega)^2 + (0,024563 \Omega)^2} = 0,02616 \Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito aguas abajo del transformador queda

$$I_k'' = \frac{cU_N}{\sqrt{3} Z_k} = \frac{1,05(380V)}{\sqrt{3} \cdot 0,02616 \Omega} = 8803,82 A$$

d. Averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el transformador con el tablero principal. Para ello se tendrá en cuenta la colocación de dos conductores en paralelo, para evitar el uso de un conductor de gran sección, lo cual es antieconómico.

Se colocarán conductores de  $S=70 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 0,268 \Omega$$

Dicho cálculo se hace de a siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,268 \Omega [1 + 0.00393 \frac{1}{\%} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,32066 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TR-TP} = 0,3206 \frac{\Omega}{km}$$

$$X'_{C-TR-TP} = 0,075 \frac{\Omega}{km}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=60$  metros o  $L=0,06$  kilómetros



$$\left. \begin{aligned} R_{C-TR-TP} &= R'_{C-TR-TP} \cdot L = 0,01923\Omega \\ X_{C-TR-TP} &= X'_{C-TR-TP} \cdot L = 0,0045\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TR-TPu} = (0,01923 + j0.0045)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TR-TPu}$  es la impedancia de uno solo de los conductores que van desde el transformador hasta el tablero principal. Para obtener la impedancia total, se deben sumar en paralelo las impedancias de cada conductor.

$$Z_{C-TR-TP} = \frac{Z_{C-TR-TPu} \cdot Z_{C-TR-TPu}}{Z_{C-TR-TPu} + Z_{C-TR-TPu}} = (0,00961 + j0.00225)\Omega$$

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el tablero principal, debo sumarle la impedancia aguas abajo del transformador.

$$Z_{TP} = Z_{C-TR-TP} + Z_k = (0,01862 + j0.02681)\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el tablero principal queda

$$I''_{k-TP} = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{TP}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,03264\Omega} = 6721,25A$$

e. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2s$ .

Para un interruptor automático NS400N, cuyo poder de corte en de 50 kA, se tiene

$$I^2 t = 1600000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{aligned} K &= 115 \\ S &= 70 \end{aligned} \right\} K^2 S^2 = 648802500$$

$$648802500 \geq 1600000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

La verificación por caída de tensión no se realiza, ya que se supone que el transformador, debido a su regulación, entregará siempre 380V en el Tablero Principal.



## Tablero Seccional 1

La determinación de la corriente del proyecto  $I_B$ , se obtiene sumando los consumos de los circuitos terminales. Estos, en éste tablero, están formados íntegramente por motores. Así mismo, se ha tenido en cuenta un índice de simultaneidad de 75 %, calculado experimentalmente, en base al conocimiento previo del funcionamiento de las máquinas.

$$I_B = 87 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 100 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C120N, marca Merlin Gerin, 4 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores enterrados multipolares.

$$I_Z = 123 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 25 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC, enterrado.

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N > 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$



Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 130 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 178,35$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito en el TS1. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Principal con el Tablero Seccional 1. Se colocará un conductor de  $S=25 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 0,727 \Omega$$

Dicho cálculo se hace de a siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,727 \Omega [1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,8698 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TP-TS1} = 0,8698 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TP-TS1} = 0,083 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=3$  metros o  $L=0,003$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TP-TS1} &= R'_{C-TP-TS1} \cdot L = 0,002609 \Omega \\ X_{C-TP-TS1} &= X'_{C-TP-TS1} \cdot L = 0,000249 \Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TP-TS1} = (0,002609 + j0,000249) \Omega$$

Donde  $Z_{C-TP-TS1}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Principal hasta el Tablero Seccional 1.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el Tablero Seccional 1, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Principal.

$$Z_{TS1} = Z_{C-TP-TS1} + Z_{TP} = (0,02122 + j0,02705) \Omega$$

$$|Z_{TS1}| = \sqrt{0,02122^2 + 0,02705^2} = 0,03438 \Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Tablero Seccional 1 queda



$$I_{k-TS1}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{TS1}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,03438\Omega} = 6381,40A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C120N, cuyo poder de corte en de 36 kA, se tiene

$$I^2 t = 100000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 25 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 8265625$$

$$8265625 \geq 100000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito. Se tiene en cuenta esta corriente debido a que, de todos los circuitos que posee el Tablero Seccional, la protección va a actuar sobre la menor de ellas.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{\min}} \geq 10I_N$ , en éste caso, teniendo en cuenta lo calculado para el Circuito Terminal C1-1,

$$\begin{array}{l} I_{k_{\min}} = 1678,6A \\ 10I_N = 1000A \end{array} \text{ por lo que se cumple } I_{k_{\min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TP-TS1} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

Donde  $R'_{C-TP-TS1} = 0,8698 \Omega/km$  y  $X'_{C-TP-TS1} = 0,083 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TP-TS1} = \sqrt{3} \cdot 87A \cdot 0,003km \cdot (0,8698 \Omega/km \cdot 0,8 + 0,083 \Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TP-TS1} = 0,337V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje



$$\Delta U_{TP-TS1} = 0,088\%$$

Verifica la sección propuesta, ya que para Tableros Seccionales la caída de tensión entre éste y el Tablero Principal, debe ser menor de 1%.



## Tablero Seccional 2

La determinación de la corriente del proyecto  $I_B$ , se obtiene sumando los consumos de los circuitos terminales. Estos, en éste tablero, están formados íntegramente por motores. Así mismo, se ha tenido en cuenta un índice de simultaneidad de 90 %, calculado experimentalmente, en base al conocimiento previo del funcionamiento de las máquinas.

$$I_B = 142 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 160 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático Compact NS160N TMD160, marca Merlin Gerin, 4 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores enterrados multipolares.

$$I_Z = 173 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 50 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC, enterrado.

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N > 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$



Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 208 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 250.85 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_2$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito en el TS2. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Principal con el Tablero Seccional 2. Se colocará un conductor de  $S=50 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 0,387\Omega$$

Dicho cálculo se hace de a siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,387\Omega [1 + 0.00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,4630 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TP-TS2} = 0,4630 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TP-TS2} = 0,078 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=8$  metros o  $L=0,008$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TP-TS2} &= R'_{C-TP-TS2} \cdot L = 0,003704\Omega \\ X_{C-TP-TS2} &= X'_{C-TP-TS2} \cdot L = 0,000624\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TP-TS2} = (0,00374 + j0.000624)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TP-TS2}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Principal hasta el Tablero Seccional 2.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el Tablero Seccional 2, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Principal.

$$Z_{TS2} = Z_{C-TP-TS2} + Z_{TP} = (0,02236 + j0.02743)\Omega$$

$$|Z_{TS2}| = \sqrt{0,02236^2 + 0.02743^2} = 0.03539\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Tablero Seccional 2 queda



$$I''_{k-TS2} = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{TS2}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,03539\Omega} = 6198,94A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático NS160N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 520000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 50 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 33062500$$

$$33062500 \geq 520000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito. Se tiene en cuenta esta corriente debido a que, de todos los circuitos que posee el Tablero Seccional, la protección va a actuar sobre la menor de ellas.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso, teniendo en cuenta lo calculado para el Circuito Terminal C2-8,

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 1614,46A \\ 10I_N = 1600A \end{array} \text{ por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TP-TS2} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

Donde  $R'_{C-TP-TS2} = 0,4630 \Omega/km$  y  $X'_{C-TP-TS2} = 0,078 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TP-TS2} = \sqrt{3} \cdot 142A \cdot 0,008km \cdot (0,4630 \Omega/km \cdot 0,8 + 0,078 \Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TP-TS2} = 0,8208V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje



$$\Delta U_{TP-TS2} = 0,2160\%$$

Verifica la sección propuesta, ya que para Tableros Seccionales la caída de tensión entre éste y el Tablero Principal, debe ser menor de 1%.



### Tablero Seccional 3

La determinación de la corriente del proyecto  $I_B$ , se obtiene sumando los consumos de los circuitos terminales. Estos, en éste tablero, están formados íntegramente por motores. Así mismo, se ha tenido en cuenta un índice de simultaneidad de 82 %, calculado experimentalmente, en base al conocimiento previo del funcionamiento de las máquinas.

$$I_B = 32 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 40 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático Compact C60N, marca Merlin Gerin, 4 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores enterrados multipolares.

$$I_Z = 74 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 10 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC, enterrado.

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$



Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 52 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 107,3 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_2$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito en el TS3. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Principal con el Tablero Seccional 3. Se colocará un conductor de  $S=10 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 1,83\Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 1,83\Omega [1 + 0,00393 \frac{1}{\%} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 2,1895 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TP-TS3} = 2,1895 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TP-TS3} = 0,088 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=8$  metros o  $L=0,008$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TP-TS3} &= R'_{C-TP-TS3} \cdot L = 0,01751\Omega \\ X_{C-TP-TS3} &= X'_{C-TP-TS3} \cdot L = 0,000704\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TP-TS3} = (0,01751 + j0,000704)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TP-TS3}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Principal hasta el Tablero Seccional 3.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el Tablero Seccional 3, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Principal.

$$Z_{TS3} = Z_{C-TP-TS3} + Z_{TP} = (0,03613 + j0,02751)\Omega$$

$$|Z_{TS3}| = \sqrt{0,03613^2 + 0,02751^2} = 0,04541\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Tablero Seccional 3 queda



$$I_{k-TS3}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{TS3}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,04541\Omega} = 4830,99A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 55000A^2s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 10 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 1322500$$

$$1322500 \geq 55000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito. Se tiene en cuenta esta corriente debido a que, de todos los circuitos que posee el Tablero Seccional, la protección va a actuar sobre la menor de ellas.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso, teniendo en cuenta lo calculado para el Circuito Terminal C3-5,

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 817,6A \\ 10I_N = 400A \end{array} \text{ por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TP-TS3} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi)$$

Donde  $R'_{C-TP-TS3} = 2,1895 \Omega/km$  y  $X'_{C-TP-TS3} = 0,088 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TP-TS3} = \sqrt{3} \cdot 32A \cdot 0,008km \cdot (2,1895 \Omega/km \cdot 0,8 + 0,088 \Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TP-TS3} = 0,8V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje

$$\Delta U_{TP-TS3} = 0,2105\%$$



Verifica la sección propuesta, ya que para Tableros Seccionales la caída de tensión entre éste y el Tablero Principal, debe ser menor de 1%.



## Tablero Seccional 4

La determinación de la corriente del proyecto  $I_B$ , se obtiene sumando los consumos de los circuitos terminales. Estos, en éste tablero, están formados íntegramente por motores. Así mismo, se ha tenido en cuenta un índice de simultaneidad entre 80 % y el 100%, calculado experimentalmente, en base al conocimiento previo del funcionamiento de las máquinas.

$$I_B = 40 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 50 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático Compact C60N, marca Merlin Gerin, 4 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores enterrados multipolares.

$$I_Z = 74 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 10 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC, enterrado.

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$



Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 65 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 107,3 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_2$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito en el TS4. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Principal con el Tablero Seccional 4. Se colocará un conductor de  $S=10 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 1,83\Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 1,83\Omega [1 + 0,00393 \frac{1}{\%} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 2,1895 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TP-TS4} = 2,1895 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TP-TS4} = 0,088 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=20$  metros o  $L=0,02$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TP-TS4} &= R'_{C-TP-TS4} \cdot L = 0,043791\Omega \\ X_{C-TP-TS4} &= X'_{C-TP-TS4} \cdot L = 0,00176\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TP-TS4} = (0,043791 + j0,00176)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TP-TS4}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Principal hasta el Tablero Seccional 4.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el Tablero Seccional 4, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Principal.

$$Z_{TS4} = Z_{C-TP-TS4} + Z_{TP} = (0,06241 + j0,02857)\Omega$$

$$|Z_{TS4}| = \sqrt{0,06241^2 + 0,02857^2} = 0,06864\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Tablero Seccional 4 queda



$$I_{k-TS4}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{TS4}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,06864\Omega} = 3196,38A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 75000A^2s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 10 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 1322500$$

$$1322500 \geq 75000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito. Se tiene en cuenta esta corriente debido a que, de todos los circuitos que posee el Tablero Seccional, la protección va a actuar sobre la menor de ellas.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso, teniendo en cuenta lo calculado para el Circuito Terminal C4-3,

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 1510,7A \\ 10I_N = 500A \end{array} \text{ por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TP-TS4} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi)$$

Donde  $R'_{C-TP-TS4} = 2,1895\Omega/km$  y  $X'_{C-TP-TS4} = 0,088\Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TP-TS4} = \sqrt{3} \cdot 40A \cdot 0,02km \cdot (2,1895\Omega/km \cdot 0,8 + 0,088\Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TP-TS4} = 2,5V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje

$$\Delta U_{TP-TS4} = 0,658\%$$



Verifica la sección propuesta, ya que para Tableros Seccionales la caída de tensión entre éste y el Tablero Principal, debe ser menor de 1%.



## Tablero Seccional 5

La determinación de la corriente del proyecto  $I_B$ , se obtiene sumando los consumos de los circuitos terminales. Estos, en éste tablero, están formados íntegramente por motores. Así mismo, se ha tenido en cuenta un índice de simultaneidad de 73%, calculado experimentalmente, en base al conocimiento previo del funcionamiento de las máquinas.

$$I_B = 22 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 32 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático Compact C60N, marca Merlin Gerin, 4 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores enterrados multipolares.

$$I_Z = 52 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 10 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC, aéreo.

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$



Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 41,6 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 75,4 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito en el TS5. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Principal con el Tablero Seccional 5. Se colocará un conductor de  $S=10 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 1,83\Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 1,83\Omega [1 + 0,00393 \frac{1}{\%} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 2,1895 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TP-TS4} = 2,1895 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TP-TS4} = 0,088 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

d. Considerando que la longitud del conductor es de  $L=2$  metros o  $L=0,002$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TP-TS5} &= R'_{C-TP-TS5} \cdot L = 0,004379\Omega \\ X_{C-TP-TS5} &= X'_{C-TP-TS5} \cdot L = 0,000176\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TP-TS5} = (0,004379 + j0,000176)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TP-TS5}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Principal hasta el Tablero Seccional 5.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el Tablero Seccional 5, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Principal.

$$Z_{TS5} = Z_{C-TP-TS5} + Z_{TP} = (0,02299 + j0,026986)\Omega$$

$$|Z_{TS5}| = \sqrt{0,02299^2 + 0,026986^2} = 0,03545\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Tablero Seccional 4 queda



$$I_{k-TS5}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{TS5}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,03546\Omega} = 6187,58A$$

e. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 50000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 10 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 1322500$$

$$1322500 \geq 50000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

f. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito. Se tiene en cuenta esta corriente debido a que, de todos los circuitos que posee el Tablero Seccional, la protección va a actuar sobre la menor de ellas.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso, teniendo en cuenta lo calculado para el Circuito Terminal C5-6,

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 497,68A \\ 10I_N = 320A \end{array} \quad \text{por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

g. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TP-TS5} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

Donde  $R'_{C-TP-TS5} = 2,1895 \Omega/km$  y  $X'_{C-TP-TS5} = 0,088 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TP-TS5} = \sqrt{3} \cdot 23A \cdot 0,002km \cdot (2,1895 \Omega/km \cdot 0,8 + 0,088 \Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TP-TS5} = 0,14V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje

$$\Delta U_{TP-TS5} = 0,038\%$$



Verifica la sección propuesta, ya que para Tableros Seccionales la caída de tensión entre éste y el Tablero Principal, debe ser menor de 1%.



## **Circuitos Terminales**

### **Circuito 1 – 1**

Este circuito es el perteneciente al motor de la alimentación a la balanza, desde el silo de pellets de soja. Es un motor de 2,2 kW. y una corriente, llamada corriente del proyecto  $I_B$ , igual a 5 A.

$$I_B = 5 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 10 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C60N, marca Merlin Gerin, 3 polos, bajo la norma IEC 60947-2. Este irá acompañado con un Contactor LC1D0910Q5 y un Relevé Térmico LR2D1310 de 4 - 6 A.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores multipolares dispuestos en bandejas perforadas.

$$I'_Z = 22 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 2,5 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC.

Se debe tener en cuenta que éste circuito sale del Tablero Seccional 1, junto con los otros motores comandados por dicho tablero, por lo que se tendrá un coeficiente de agrupamiento, obtenido en el reglamento página 100, tabla 771.16.IV, ítem 4, igual a 0,72. Por lo que

$$I_Z = 15,84 \text{ A.}$$

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$



b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63$  A y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 13 \text{ A} \quad 1,45 I_Z = 22.96 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Seccional 1 con el motor 1. Se colocará un conductor de  $S=2,5 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 7,41\Omega$$

Dicho cálculo se hace de a siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 7,41\Omega [1 + 0.00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 8,866 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TS1-C1-1} = 8,866 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TS1-C1-1} = 0,099 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=12$  metros o  $L=0,012$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TS1-C1-1} &= R'_{C-TS1-C1-1} \cdot L = 0,1064\Omega \\ X_{C-TS1-C1-1} &= X'_{C-TS1-C1-1} \cdot L = 0,0012\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TS1-C1-1} = (0,1064 + j0,0012)\Omega$$



Donde  $Z_{C-TS1-C1-1}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Seccional 1 hasta el motor 1.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el motor 1, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Seccional 1.

$$Z_{C1-1} = Z_{C-TS1-C1-1} + Z_{TS1} = (0,12762 + j0.02825)\Omega$$

$$|Z_{C1-1}| = \sqrt{0,12762^2 + 0.02825^2} = 0.1307\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Circuito Terminal 1, motor 1, queda:

$$I_{k-C1-1}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{C1-1}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,1307\Omega} = 1678,60A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 22000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 2,5 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 82656,25 A^2 s$$

$$82656,25 \geq 22000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 1678.6A \\ 10I_N = 100A \end{array} \quad \text{por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TS1-C1-1} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{sen}\phi)$$

Donde  $R'_{C-TS1-C1-1} = 8,866 \Omega/km$  y  $X'_{C-TS1-C1-1} = 0,099 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene



$$\Delta U_{TS1-C1-1} = \sqrt{3} \cdot 5A \cdot 0,012km \cdot (8,866 \Omega/km \cdot 0,82 + 0,099 \Omega/km \cdot 0,57)$$

$$\Delta U_{TS1-C1-1} = 0,761V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje

$$\Delta U_{TS1-C1-1} = 0,2\%$$

Una vez obtenida la caída de tensión entre el Tablero Seccional 1 y el Circuito Terminal C1-1, se debe verificar que la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el mencionado Circuito Terminal sea menor del 5%, establecido en la norma. Para ello se tiene que

$$\Delta U_{TP-C1-1} = \Delta U_{TP-TS1} + \Delta U_{TS1-C1-1} \leq 5\%$$

Reemplazando los valores obtenidos  $\Delta U_{TP-TS1} = 0,088\%$  y  $\Delta U_{TS1-C1-1} = 0,2\%$

$$\Delta U_{TP-C1-1} = 0,088\% + 0,2\% = 0,288\%$$

$$\Delta U_{TP-C1-1} \leq 5\%$$

Por otra parte la norma exige que, teniendo en cuenta la corriente de arranque de los motores, la caída de tensión no debe ser mayor que el 15 %. El valor de dicha corriente es de 6 veces la corriente nominal del motor, por lo que en este caso se tiene,

$$I_B = 5A \quad I_{Arranque} = 6 \cdot I_B \quad I_{Arranque} = 30A$$

Reemplazando nuevamente en la fórmula de la caída de tensión se tiene

$$\Delta U_{Arranque-TS1-C1-1} = \sqrt{3} \cdot 30A \cdot 0,012km \cdot (8,866 \Omega/km \cdot 0,82 + 0,099 \Omega/km \cdot 0,57)$$

$$\Delta U_{Arranque-TS1-C1-1} = 4,566V.$$

$$\Delta U_{Arranque-TS1-C1-1} = 1,20\%$$

Nuevamente, para obtener la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el Circuito Terminal C1-1, se suma lo obtenido y el valor de la caída hasta el Tablero Seccional 1,

$$\Delta U_{Arranque-TP-C1-1} = \Delta U_{TP-TS1} + \Delta U_{Arranque-TS1-C1-1} \leq 15\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C1-1} = 0,088\% + 1,2\% = 1,288\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C1-1} \leq 15\%$$

Verifica la sección propuesta.



## Circuito 1 – 11

Este circuito es el perteneciente al motor del molino. Es un motor de 18,5 kW. y una corriente, llamada corriente del proyecto  $I_B$ , igual a 36 A.

$$I_B = 36 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 40 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C60N, marca Merlin Gerin, 3 polos, bajo la norma IEC 60947-2. Este irá acompañado con un arrancador suave Schneider ATS48D38Y hasta 25 HP.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores multipolares dispuestos en bandejas perforadas.

$$I'_Z = 70 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 16 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC.

Se debe tener en cuenta que éste circuito sale del Tablero Seccional 1, junto con los otros motores comandados por dicho tablero, por lo que se tendrá un coeficiente de agrupamiento, obtenido en el reglamento página 100, tabla 771.16.IV, ítem 4, igual a 0,72. Por lo que

$$I_Z = 50,40 \text{ A.}$$

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$



del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 52 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 73,08 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Seccional 1 con el motor 11. Se colocará un conductor de  $S=16 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 1,15\Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 1,15\Omega [1 + 0,00393 \text{ } \frac{1}{\%} \text{ } ^\circ\text{C} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 1,376 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TS1-C1-11} = 1,376 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TS1-C1-11} = 0,006 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=6$  metros o  $L=0,006$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TS1-C1-11} &= R'_{C-TS1-C1-11} \cdot L = 0,0083\Omega \\ X_{C-TS1-C1-11} &= X'_{C-TS1-C1-11} \cdot L = 0,0005\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TS1-C1-11} = (0,0083 + j0,0005)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TS1-C1-11}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Seccional 1 hasta el motor 11.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el motor 11, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Seccional 1.

$$Z_{C1-11} = Z_{C-TS1-C1-11} + Z_{TS1} = (0,0295 + j0,0276)\Omega$$



$$|Z_{C1-11}| = \sqrt{0,0295^2 + 0,0276^2} = 0,0403\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Circuito Terminal 1, motor 11, queda:

$$I_{k-C1-11}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{C1-11}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,0403\Omega} = 5437,40A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 55000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 16 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 3385600 A^2 s$$

$$3385600 \geq 55000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 5437,4A \\ 10I_N = 400A \end{array} \text{ por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TS1-C1-11} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi)$$

Donde  $R'_{C-TS1-C1-11} = 1,376 \Omega/km$  y  $X'_{C-TS1-C1-11} = 0,084 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TS1-C1-11} = \sqrt{3} \cdot 36A \cdot 0,006km \cdot (1,376 \Omega/km \cdot 0,86 + 0,084 \Omega/km \cdot 0,51)$$

$$\Delta U_{TS1-C1-11} = 0,459V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje



Una vez obtenida la caída de tensión entre el Tablero Seccional 1 y el Circuito Terminal C1-11, se debe verificar que la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el mencionado Circuito Terminal sea menor del 5%, establecido en la norma. Para ello se tiene que

$$\Delta U_{TP-C1-11} = \Delta U_{TP-TS1} + \Delta U_{TS1-C1-11} \leq 5\%$$

Reemplazando los valores obtenidos  $\Delta U_{TP-TS1} = 0,088\%$  y  $\Delta U_{TS1-C1-11} = 0,12\%$

$$\Delta U_{TP-C1-11} = 0,088\% + 0,12\% = 0,208\%$$

$$\Delta U_{TP-C1-11} \leq 5\%$$

Por otra parte la norma exige que, teniendo en cuenta la corriente de arranque de los motores, la caída de tensión no debe ser mayor que el 15 %. El valor de dicha corriente es de 6 veces la corriente nominal del motor, por lo que en este caso se tiene,

$$I_B = 36A \quad I_{Arranque} = 6 \cdot I_B \quad I_{Arranque} = 216A$$

Reemplazando nuevamente en la fórmula de la caída de tensión se tiene

$$\Delta U_{Arranque-TS1-C1-11} = \sqrt{3} \cdot 216A \cdot 0,006km \cdot (1,376 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,86 + 0,084 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,51)$$

$$\Delta U_{Arranque-TS1-C1-11} = 2,754V.$$

$$\Delta U_{Arranque-TS1-C1-11} = 0,72\%$$

Nuevamente, para obtener la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el Circuito Terminal C1-11, se suma lo obtenido y el valor de la caída hasta el Tablero Seccional 1,

$$\Delta U_{Arranque-TP-C1-11} = \Delta U_{TP-TS1} + \Delta U_{Arranque-TS1-C1-11} \leq 15\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C1-11} = 0,088\% + 0,72\% = 0,808\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C1-11} \leq 15\%$$

Verifica la sección propuesta.



## Circuito 2 – 4

Este circuito es el perteneciente al motor de la peleteadora. Dicho motor es de 55 kW. de potencia y posee una corriente, llamada corriente del proyecto  $I_B$ , igual a 100,32 A.

$$I_B = 100,32 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 125 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C120N, marca Merlin Gerin, 3 polos, bajo la norma IEC 60947-2. Este irá acompañado con un arrancador suave Schneider ATS48C11Y hasta 75 HP.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores multipolares dispuestos en bandejas perforadas.

$$I'_Z = 133 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 50 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC.

Se debe tener en cuenta que éste circuito sale del Tablero Seccional 2, por medio de una bandeja individual, por lo que se tendrá un coeficiente de agrupamiento, obtenido en el reglamento página 100, tabla 771.16.IV, ítem 4, igual a 1. Por lo que

$$I_Z = 133 \text{ A.}$$

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$



del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N > 63$  A y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 162,5 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 192,85 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Seccional 2 con el motor de la peleteadora, motor 20. Se colocará un conductor de  $S=50 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 0,387 \Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,387 \Omega [1 + 0,00393 \frac{1}{\%} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0,463 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TS2-C2-4} = 0,463 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TS2-C2-4} = 0,078 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=7,5$  metros o  $L=0,0075$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TS2-C2-4} &= R'_{C-TS2-C2-4} \cdot L = 0,0035 \Omega \\ X_{C-TS2-C2-4} &= X'_{C-TS2-C2-4} \cdot L = 0,0006 \Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TS2-C2-4} = (0,0035 + j0,0006) \Omega$$

Donde  $Z_{C-TS2-C2-4}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Seccional 2 hasta el motor de la peleteadora.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el motor 20, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Seccional 2.



$$Z_{C2-4} = Z_{C-TS2-C2-4} + Z_{TS2} = (0,0258 + j0,028)\Omega$$

$$|Z_{C2-4}| = \sqrt{0,0258^2 + 0,0280^2} = 0,0381\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Circuito Terminal 2, motor 20, queda:

$$I_{k-C2-4}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{C2-4}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,0381\Omega} = 5757,20A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C120N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 110000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 50 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 33062500 A^2 s$$

$$33062500 \geq 110000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 5757,5A \\ 10I_N = 1250A \end{array} \quad \text{por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TS2-C2-4} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi)$$

Donde  $R'_{C-TS2-C2-4} = 0,387 \frac{\Omega}{km}$  y  $X'_{C-TS2-C2-4} = 0,078 \frac{\Omega}{km}$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TS2-C2-4} = \sqrt{3} \cdot 100,32A \cdot 0,0075km \cdot (0,387 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,89 + 0,078 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,46)$$



$$\Delta U_{TS2-C2-4} = 0,583V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje

$$\Delta U_{TS2-C2-4} = 0,15\%$$

Una vez obtenida la caída de tensión entre el Tablero Seccional 2 y el Circuito Terminal C2-4, se debe verificar que la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el mencionado Circuito Terminal sea menor del 5%, establecido en la norma. Para ello se tiene que

$$\Delta U_{TP-C2-4} = \Delta U_{TP-TS2} + \Delta U_{TS2-C2-4} \leq 5\%$$

Reemplazando los valores obtenidos  $\Delta U_{TP-TS2} = 0,2160\%$  y  $\Delta U_{TS2-C2-4} = 0,15\%$

$$\Delta U_{TP-C2-4} = 0,2160\% + 0,15\% = 0,366\%$$

$$\Delta U_{TP-C2-4} \leq 5\%$$

Por otra parte la norma exige que, teniendo en cuenta la corriente de arranque de los motores, la caída de tensión no debe ser mayor que el 15 %. El valor de dicha corriente es de 6 veces la corriente nominal del motor, por lo que en este caso se tiene,

$$I_B = 100,32A \quad I_{Arranque} = 6 \cdot I_B \quad I_{Arranque} = 601,92A$$

Reemplazando nuevamente en la fórmula de la caída de tensión se tiene

$$\Delta U_{Arranque-TS2-C2-4} = \sqrt{3} \cdot 601,92A \cdot 0,0075km \cdot (0,387 \Omega/km \cdot 0,89 + 0,078 \Omega/km \cdot 0,46)$$

$$\Delta U_{Arranque-TS2-C2-4} = 3,498V.$$

$$\Delta U_{Arranque-TS2-C2-4} = 0,9\%$$

Nuevamente, para obtener la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el Circuito Terminal C2-4, se suma lo obtenido y el valor de la caída hasta el Tablero Seccional 2,

$$\Delta U_{Arranque-TP-C2-4} = \Delta U_{TP-TS2} + \Delta U_{Arranque-TS2-C2-4} \leq 15\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C2-4} = 0,2160\% + 0,9\% = 1,1160\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C2-4} \leq 15\%$$

Verifica la sección propuesta.



### Circuito 3 – 4

Este circuito es el perteneciente al motor de la noria de descarga de materia prima desde la rejilla de descarga a los silos de materia prima. Es un motor de 5,5 kW. y una corriente, llamada corriente del proyecto  $I_B$ , igual a 11.58 A.

$$I_B = 11,58 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 16 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C60N, marca Merlin Gerin, 3 polos, bajo la norma IEC 60947-2. Este irá acompañado con un Contactor LC1D1810Q5 y un Relevé Térmico LR2D1316 de 10 a 13 A.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores multipolares dispuestos en bandejas perforadas.

$$I'_Z = 30 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 4 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC.

Se debe tener en cuenta que éste circuito sale del Tablero Seccional 3, junto con los otros motores comandados por dicho tablero, por lo que se tendrá un coeficiente de agrupamiento, obtenido en el reglamento página 100, tabla 771.16.IV, ítem 4, igual a 0,75. Por lo que

$$I_Z = 22,5 \text{ A.}$$

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$



del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63$  A y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 20,8 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 32,625 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Seccional 3 con el motor 31. Se colocará un conductor de  $S=4 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 4,61\Omega$$

Dicho cálculo se hace de a siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 4,61\Omega [1 + 0,00393 \text{ } \frac{1}{\%} \text{ } _{\text{C}} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 5,516 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TS3-C3-4} = 5,516 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TS3-C3-4} = 0,099 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=32$  metros o  $L=0,032$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TS3-C3-4} &= R'_{C-TS3-C3-4} \cdot L = 0,1765\Omega \\ X_{C-TS3-C3-4} &= X'_{C-TS3-C3-4} \cdot L = 0,0032\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TS3-C3-4} = (0,1764 + j0,0032)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TS3-C3-4}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Seccional 3 hasta el motor 31.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el motor 31, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Seccional 3.



$$Z_{C3-4} = Z_{C-TS3-C3-4} + Z_{TS3} = (0,2126 + j0.0307)\Omega$$

$$|Z_{C3-4}| = \sqrt{0,2126^2 + 0.0307^2} = 0.2148\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Circuito Terminal 3, motor 31, queda:

$$I_{k-C3-4}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{C3-4}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,2148\Omega} = 1021,20A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 40000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 4 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 211600 A^2 s$$

$$211600 \geq 40000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{\min}} \geq 10I_N$ , en éste caso

$$\begin{array}{l} I_{k_{\min}} = 1021,2A \\ 10I_N = 160A \end{array} \quad \text{por lo que se cumple } I_{k_{\min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TS3-C3-4} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sen\varphi)$$

Donde  $R'_{C-TS3-C3-4} = 5,516 \Omega/km$  y  $X'_{C-TS3-C3-4} = 0,099 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TS3-C3-4} = \sqrt{3} \cdot 11,58A \cdot 0,032km \cdot (5,516 \Omega/km \cdot 0,84 + 0,099 \Omega/km \cdot 0,54)$$

$$\Delta U_{TS3-C3-4} = 3,008V.$$



Si se expresa en forma de porcentaje

$$\Delta U_{TS3-C3-4} = 0,7916\%$$

Una vez obtenida la caída de tensión entre el Tablero Seccional 3 y el Circuito Terminal C3-4, se debe verificar que la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el mencionado Circuito Terminal sea menor del 5%, establecido en la norma. Para ello se tiene que

$$\Delta U_{TP-C3-4} = \Delta U_{TP-TS3} + \Delta U_{TS3-C3-4} \leq 5\%$$

Reemplazando los valores obtenidos  $\Delta U_{TP-TS3} = 0,21\%$  y  $\Delta U_{TS3-C3-4} = 0,7916\%$

$$\Delta U_{TP-C3-4} = 0,21\% + 0,7916\% = 1,002\%$$

$$\Delta U_{TP-C3-4} \leq 5\%$$

Por otra parte la norma exige que, teniendo en cuenta la corriente de arranque de los motores, la caída de tensión no debe ser mayor que el 15 %. El valor de dicha corriente es de 6 veces la corriente nominal del motor, por lo que en este caso se tiene,

$$I_B = 11,58A \quad I_{Arranque} = 6 \cdot I_B \quad I_{Arranque} = 69,48A$$

Reemplazando nuevamente en la fórmula de la caída de tensión se tiene

$$\Delta U_{Arranque-TS3-C3-4} = \sqrt{3} \cdot 69,48A \cdot 0,032km \cdot (5,516 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,84 + 0,099 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,54)$$

$$\Delta U_{Arranque-TS3-C3-4} = 18,048V.$$

$$\Delta U_{Arranque-TS3-C3-4} = 4,7496\%$$

Nuevamente, para obtener la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el Circuito Terminal C3-4, se suma lo obtenido y el valor de la caída hasta el Tablero Seccional 3,

$$\Delta U_{Arranque-TP-C3-4} = \Delta U_{TP-TS3} + \Delta U_{Arranque-TS3-C3-4} \leq 15\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C3-4} = 0,21\% + 4,7496\% = 4,9596\%$$

$$\Delta U_{Arranque-TP-C3-4} \leq 15\%$$

Verifica la sección propuesta.



## Circuito 4 – 5

Este circuito es el perteneciente al tomacorriente de uso específico ubicado en la sala de caldera. La corriente del proyecto  $I_B$ , que se tiene en cuenta para este tipo de circuitos es de 15 A.

$$I_B = 15 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 20 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C60N, marca Merlin Gerin, 3 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores multipolares dispuestos en bandejas perforadas.

$$I'_Z = 30 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 4 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC.

Se debe tener en cuenta que éste circuito sale del Tablero Seccional 4, en forma independiente por medio de una bandeja individual, por lo que se tendrá un coeficiente de agrupamiento, obtenido en el reglamento página 100, tabla 771.16.IV, ítem 4, igual a 1. Por lo que

$$I_Z = 30 \text{ A.}$$

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$



del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 26 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 43,5 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Seccional 4 con el tomacorriente. Se colocará un conductor de  $S=4 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 4,61\Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 4,61\Omega [1 + 0.00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 5,516 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TS4-C4-5} = 5,516 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TS4-C4-5} = 0,099 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=9$  metros o  $L=0,009$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TS4-C4-5} &= R'_{C-TS4-C4-5} \cdot L = 0,0496\Omega \\ X_{C-TS4-C4-5} &= X'_{C-TS4-C4-5} \cdot L = 0,0009\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TS4-C4-5} = (0,0496 + j0,0009)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TS4-C4-5}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Seccional 4 hasta el tomacorriente.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el tomacorriente, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Seccional 4.



$$Z_{C4-5} = Z_{C-TS4-C4-5} + Z_{TS4} = (0,1121 + j0,0295)\Omega$$

$$|Z_{C4-5}| = \sqrt{0,1121^2 + 0,0295^2} = 0,1159\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Circuito Terminal C4-5, queda:

$$I_{k-C4-5}'' = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{C4-5}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,1159\Omega} = 1893,6A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 40000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 4 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 211600 A^2 s$$

$$211600 \geq 40000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 1893,6A \\ 10I_N = 200A \end{array} \quad \text{por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TS4-C4-5} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

Donde  $R'_{C-TS4-C4-5} = 5,516 \Omega/km$  y  $X'_{C-TS4-C4-5} = 0,099 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TS4-C4-5} = \sqrt{3} \cdot 15A \cdot 0,009km \cdot (5,516 \Omega/km \cdot 0,8 + 0,099 \Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TS4-C4-5} = 1,046V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje



$$\Delta U_{TS4-C4-5} = 0,2753\%$$

Una vez obtenida la caída de tensión entre el Tablero Seccional 4 y el Circuito Terminal C4-5, se debe verificar que la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el mencionado Circuito Terminal sea menor del 5%, establecido en la norma. Para ello se tiene que

$$\Delta U_{TP-C4-5} = \Delta U_{TP-TS4} + \Delta U_{TS4-C4-5} \leq 5\%$$

Reemplazando los valores obtenidos  $\Delta U_{TP-TS4} = 0,658\%$  y  $\Delta U_{TS4-C4-5} = 0,2753\%$

$$\Delta U_{TP-C4-5} = 0,658\% + 0,2753\% = 0,933\%$$

$$\Delta U_{TP-C4-5} \leq 5\%$$

Verifica la sección propuesta.



## Circuito 5 – 2

Este circuito es el perteneciente al tomacorriente de uso específico ubicado en la sala de caldera. La corriente del proyecto  $I_B$ , que se tiene en cuenta para este tipo de circuitos es de 15 A.

$$I_B = 15 \text{ A.}$$

La elección de la corriente asignada del dispositivo de protección, se realiza también mediante tablas del fabricante de dichos instrumentos, obteniéndose

$$I_N = 20 \text{ A.}$$

Elemento seleccionado: interruptor automático C60N, marca Merlin Gerin, 3 polos, bajo la norma IEC 60947-2.

Los siguientes pasos para la elección del conductor son:

a. Corriente máxima admisible. Esto se hace teniendo en cuenta la corriente del proyecto  $I_B$  e ingresando a la tabla del conductor para obtener la  $I_Z$ , intensidad máxima admisible por el conductor eléctrico en las condiciones elegidas de instalación. En éste caso se optó por conductores multipolares dispuestos en bandejas perforadas.

$$I'_Z = 30 \text{ A.}$$

Con éste dato se tiene una sección del conductor  $S = 4 \text{ mm}^2$ , tipo IRAM 2178, Cu., PVC.

Se debe tener en cuenta que éste circuito sale del Tablero Seccional 4, en forma independiente por medio de una bandeja individual, por lo que se tendrá un coeficiente de agrupamiento, obtenido en el reglamento página 100, tabla 771.16.IV, ítem 4, igual a 0,73. Por lo que

$$I_Z = 21,9 \text{ A.}$$

Una vez obtenidas éstas tres corrientes, se hace la primer verificación de la elección de la sección del conductor, cumpliendo con

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

b. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga, se debe cumplir

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$



del reglamento, página 138, teniendo en cuenta  $I_N < 63 \text{ A}$  y conforme a IEC 60947-2, la  $I_2$ , intensidad de corriente de fusión del fusible o de operación segura de la protección contra sobrecargas, será

$$I_2 = 1,3 I_N$$

Por lo que reemplazando los datos que ya se tienen

$$I_2 = 26 \text{ A} \quad 1,45 I_2 = 31,755 \text{ A}$$

entonces cumple con

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

c. Obtención de la corriente de cortocircuito. Para ello se debe averiguar la impedancia que posee el conductor que conecta el Tablero Seccional 4 con el tomacorriente. Se colocará un conductor de  $S=4 \text{ mm}^2$ , cuya resistencia y reactancia obtengo de tabla, teniendo en cuenta que el valor proporcionado para la resistencia corresponde a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , entonces se debe obtener la misma para una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ .

$$R_{20^\circ\text{C}} = 4,61\Omega$$

Dicho cálculo se hace de la siguiente forma

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 4,61\Omega [1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} (70 - 20)]$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 5,516 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces los valores obtenidos son

$$R'_{C-TS5-C5-2} = 5,516 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X'_{C-TS5-C5-2} = 0,099 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Considerando que la longitud del conductor es de  $L=26$  metros o  $L=0,026$  kilómetros

$$\left. \begin{aligned} R_{C-TS5-C5-2} &= R'_{C-TS5-C5-2} \cdot L = 0,1434\Omega \\ X_{C-TS5-C5-2} &= X'_{C-TS5-C5-2} \cdot L = 0,0026\Omega \end{aligned} \right\} Z_{C-TS5-C5-2} = (0,1434 + j0,0026)\Omega$$

Donde  $Z_{C-TS5-C5-2}$  es la impedancia del conductor que va desde el Tablero Seccional 5 hasta el tomacorriente.

Obtenido este valor, para saber cuál es el valor de la impedancia en el tomacorriente, debo sumarle la impedancia aguas abajo del Tablero Seccional 5.



$$Z_{C5-2} = Z_{C-TS5-C5-2} + Z_{TS5} = (0,1664 + j0,0296)\Omega$$

$$|Z_{C5-2}| = \sqrt{0,1664^2 + 0,0296^2} = 0,169\Omega$$

por lo que la corriente de cortocircuito en el Circuito Terminal C5-2, queda:

$$I''_{k-C5-2} = \frac{380V}{\sqrt{3}Z_{C5-2}} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,169\Omega} = 1298,1A$$

d. Verificación por máxima exigencia térmica, donde se debe cumplir

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Para esto se parte de la curva de limitación en sollicitación térmica del instrumento de protección, proporcionada por el proveedor, en éste caso Merlin Gerin. En dicha curva, se accede a partir del valor de la corriente de corte del instrumento, en kA, y se obtiene el valor  $I^2 t$ , en  $A^2 s$ .

Para un interruptor automático C60N, cuyo poder de corte en de 10 kA, se tiene

$$I^2 t = 40000 A^2 s$$

Ahora teniendo los datos del conductor

$$\left. \begin{array}{l} K = 115 \\ S = 4 \end{array} \right\} K^2 S^2 = 211600 A^2 s$$

$$211600 \geq 40000$$

Con lo cual se verifica la protección del conductor.

e. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

Para el cálculo se debe cumplir  $I_{k_{min}} \geq 10I_N$ , en éste caso

$$\begin{array}{l} I_{k_{min}} = 1298,1A \\ 10I_N = 200A \end{array} \quad \text{por lo que se cumple } I_{k_{min}} \geq 10I_N.$$

f. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

$$\Delta U_{TS5-C5-2} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi)$$

Donde  $R'_{C-TS5-C5-2} = 5,516 \Omega/km$  y  $X'_{C-TS5-C5-2} = 0,099 \Omega/km$ , y reemplazando cada valor en la fórmula se tiene

$$\Delta U_{TS5-C5-2} = \sqrt{3} \cdot 15A \cdot 0,026km \cdot (5,516 \Omega/km \cdot 0,8 + 0,099 \Omega/km \cdot 0,6)$$

$$\Delta U_{TS5-C5-2} = 3,021V.$$

Si se expresa en forma de porcentaje



$$\Delta U_{TS5-C5-2} = 0,795\%$$

Una vez obtenida la caída de tensión entre el Tablero Seccional 5 y el Circuito Terminal C5-2, se debe verificar que la caída de tensión total entre el Tablero Principal y el mencionado Circuito Terminal sea menor del 5%, establecido en la norma. Para ello se tiene que

$$\Delta U_{TP-C5-2} = \Delta U_{TP-TS5} + \Delta U_{TS5-C5-2} \leq 5\%$$

Reemplazando los valores obtenidos  $\Delta U_{TP-TS5} = 0,036\%$  y  $\Delta U_{TS5-C5-2} = 0,795\%$

$$\Delta U_{TP-C5-2} = 0,036\% + 0,795\% = 0,831\%$$

$$\Delta U_{TP-C5-2} \leq 5\%$$

Verifica la sección propuesta.



A continuación se presentan las planillas con la totalidad de circuitos de la instalación

TS	Circuito Nº	Tipo	Ambiente	I <sub>B</sub>	I <sub>N</sub>	I' <sub>Z</sub>	Factor agrupa.		I <sub>2</sub>	1,45*I <sub>Z</sub>	R <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	Z <sub>circuito</sub>	I'' <sub>K</sub>	K	S	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	cos φ	ΔU (V)
							f <sub>agrup</sub>	f <sub>agrup</sub> *I' <sub>Z</sub>											
1	C1-1	A.C.U.	1	5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1276	0.0282	0.1307	1678.6	115	2.5	82656.25	0.82	0.7614
	C1-2	A.C.U.	2	6.81	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1232	0.0282	0.1264	1736.2	115	2.5	82656.25	0.81	0.982
	C1-3	A.C.U.	3	11.58	16	30	0.72	21.6	20.8	31.32	0.1205	0.0288	0.1239	1770.6	115	4	211600	0.84	1.6922
	C1-4	A.C.U.	4	5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1143	0.0281	0.1177	1863.8	115	2.5	82656.25	0.82	0.6662
	C1-5	A.C.U.	5	6.81	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1054	0.028	0.1091	2010.9	115	2.5	82656.25	0.81	0.8112
	C1-6	A.C.U.	6	5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.101	0.0279	0.1048	2093.3	115	2.5	82656.25	0.82	0.5711
	C1-7	A.C.U.	7	6.81	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1143	0.0281	0.1177	1863.8	115	2.5	82656.25	0.81	0.8966
	C1-8	A.C.U.	8	1.5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.0611	0.0275	0.067	3273.7	115	2.5	82656.25	0.82	0.0857
	C1-9	A.C.U.	9	3.52	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1187	0.0281	0.122	1797.8	115	2.5	82656.25	0.82	0.4914
	C1-10	A.C.U.	10	3.52	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.0788	0.0277	0.0836	2625.2	115	2.5	82656.25	0.82	0.2904
	C1-11	A.C.U.	11	36	40	70	0.72	50.4	52	73.08	0.0295	0.0276	0.0403	5437.4	115	16	3385600	0.86	0.4588
	C1-12	A.C.U.	12	1.95	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.0567	0.0274	0.063	3483.6	115	2.5	82656.25	0.81	0.0978
	C1-13	A.C.U.	13	1.95	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1054	0.028	0.1091	2010.9	115	2.5	82656.25	0.81	0.2323
	C1-14	A.C.U.	14	3.52	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1276	0.0282	0.1307	1678.6	115	2.5	82656.25	0.82	0.536
	C1-15	A.C.U.	15	11.58	16	30	0.72	21.6	20.8	31.32	0.0819	0.0281	0.0866	2533.6	115	4	211600	0.84	1.0341
	C1-16	A.C.U.	16	5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.07	0.0276	0.0752	2916.4	115	2.5	82656.25	0.82	0.349

TS	Circuito Nº	Tipo	Ambiente	Interruptor Automático	Contactor	Rele	Conductor	
							Detalle	Especificación
1	C1-1	A.C.U.	1	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1310 - 4-6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-2	A.C.U.	2	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-3	A.C.U.	3	C60N 3x16A	LC1D1810Q5	LR2D1316 - 10-13A	1(3x4)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-4	A.C.U.	4	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1310 - 4-6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-5	A.C.U.	5	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-6	A.C.U.	6	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1310 - 4-6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-7	A.C.U.	7	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-8	A.C.U.	8	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1306 - 1-1.6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-9	A.C.U.	9	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-10	A.C.U.	10	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-11	A.C.U.	11	C60N 3x40A	ATS48D38Y ARR SUAVE 25 HP		1(3x16)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-12	A.C.U.	12	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1307 - 1.6-2.5A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-13	A.C.U.	13	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1307 - 1.6-2.5A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-14	A.C.U.	14	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-15	A.C.U.	15	C60N 3x16A	LC1D1810Q5	LR2D1316 - 10-13A	1(3x4)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C1-16	A.C.U.	16	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1310 - 4-6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar



TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	I <sub>B</sub>	I <sub>N</sub>	I <sub>Z</sub>	Factor agrupa.		I <sub>2</sub>	1,45*I <sub>Z</sub>	R <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	Z <sub>circuito</sub>	I'' <sub>K</sub>	K	S	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	cos φ	ΔU (V)
							f <sub>agrup</sub>	f <sub>agrup</sub> *I <sub>Z</sub>											
2	C2-1	A.C.U.	17	6.81	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.08	0.0281	0.0848	2588	115	2.5	82656.25	0.81	0.5551
	C2-2	A.C.U.	18	3.52	10	22	0.88	19.36	13	28.072	0.111	0.0284	0.1146	1914.4	115	2.5	82656.25	0.82	0.4467
	C2-3	A.C.U.	19	6.81	10	22	0.88	19.36	13	28.072	0.1066	0.0284	0.1103	1989.1	115	2.5	82656.25	0.81	0.8112
	C2-4	A.C.U.	20	100.32	125	133	1	133	162.5	192.85	0.0258	0.028	0.0381	5757.2	115	50	33062500	0.89	0.5834
	C2-5	A.C.U.	21	15.58	20	30	0.72	21.6	26	31.32	0.0886	0.0286	0.0931	2357.5	115	4	211600	0.84	1.5178
	C2-6	A.C.U.	22	1.5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.0844	0.0281	0.089	2465.5	115	2.5	82656.25	0.82	0.1332
	C2-7	A.C.U.	23	6.81	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.0578	0.0278	0.0642	3418.9	115	2.5	82656.25	0.81	0.3416
	C2-8	A.C.U.	24	6.81	10	30	0.72	21.6	13	31.32	0.1327	0.0294	0.1359	1614.4	115	4	211600	0.81	1.0677
	C2-9	A.C.U.	25	3.52	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.1155	0.0285	0.1189	1845	115	2.5	82656.25	0.82	0.469
	C2-10	A.C.U.	26	5	10	30	0.72	21.6	13	31.32	0.1161	0.0291	0.1197	1832.5	115	4	211600	0.82	0.6742
	C2-11	A.C.U.	27	1.5	10	22	0.72	15.84	13	22.968	0.0844	0.0281	0.089	2465.5	115	2.5	82656.25	0.82	0.1332

TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	Interrupción Automática	Contactor	Rele	Conductor	
							Detalle	Especificación
2	C2-1	A.C.U.	17	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-2	A.C.U.	18	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-3	A.C.U.	19	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-4	A.C.U.	20	C120N 3x125A	ATS48C11Y ARR SUAVE 75 HP		1(3x50)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-5	A.C.U.	21	C60N 3x20A	LC1D2510Q5	LR2D1321 - 13-18A	1(3x4)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-6	A.C.U.	22	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1306 - 1-1.6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-7	A.C.U.	23	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-8	A.C.U.	24	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1312 - 5.5-8A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-9	A.C.U.	25	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-10	A.C.U.	26	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1310 - 4-6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C2-11	A.C.U.	27	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1306 - 1-1.6A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar

TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	I <sub>B</sub>	I <sub>N</sub>	I <sub>Z</sub>	Factor agrupa.		I <sub>2</sub>	1,45*I <sub>Z</sub>	R <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	Z'	I'' <sub>K</sub>	K	S	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	cos φ	ΔU (V)
							f <sub>agrup</sub>	f <sub>agrup</sub> *I <sub>Z</sub>											
3	C3-1	A.C.U.	28	11.58	16	30	0.75	22.5	20.8	32.625	0.094	0.0285	0.0983	2232.2	115	4	211600	0.84	0.9871
	C3-2	A.C.U.	29	3.52	10	22	0.75	16.5	13	23.925	0.1159	0.0284	0.1194	1838.2	115	2.5	82656.25	0.82	0.402
	C3-3	A.C.U.	30	3.52	10	22	0.75	16.5	13	23.925	0.1026	0.0283	0.1064	2061.1	115	2.5	82656.25	0.82	0.335
	C3-4	A.C.U.	31	11.58	16	30	0.75	22.5	20.8	32.625	0.2126	0.0307	0.2148	1021.2	115	4	211600	0.84	3.0083
	C3-5	A.C.U.	32	8.61	10	22	0.75	16.5	13	23.925	0.2666	0.0301	0.2683	817.6	115	2.5	82656.25	0.83	2.8747



TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	Interruptor Automático	Contactor	Rele	Conductor	
							Detalle	Especificación
3	C3-1	A.C.U.	28	C60N 3x16A	LC1D1810Q5	LR2D1316 - 10-13A	1(3x4)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C3-2	A.C.U.	29	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C3-3	A.C.U.	30	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1308 - 2.5-4A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C3-4	A.C.U.	31	C60N 3x16A	LC1D1810Q5	LR2D1316 - 10-13A	1(3x4)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C3-5	A.C.U.	32	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1314 - 7-10A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar

TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	I <sub>B</sub>	I <sub>N</sub>	I <sub>Z</sub>	Factor agrupa.		I <sub>2</sub>	1,45*I <sub>Z</sub>	R <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	Z'	I'' <sub>K</sub>	K	S	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	cos φ	ΔU (V)
							f <sub>agrup</sub>	f <sub>agrup</sub> *I <sub>Z</sub>											
4	C4-1	A.C.U.	33	11.58	16	30	0.88	26.4	20.8	38.28	0.079	0.0289	0.0841	2609.7	115	4	211600	0.81	0.2723
	C4-2	A.C.U.	34	3.52	10	22	0.88	19.36	13	28.072	0.1245	0.0293	0.1279	1715.8	115	2.5	82656.25	0.81	0.309
	C4-3	I.U.G.	VII-VIII-IX	2.73	10	22	0.8	17.6	13	25.52	0.1422	0.0295	0.1452	1510.7	115	2.5	82656.25	0.8	0.3044
	C4-4	T.U.G.	VII-VIII-IX	10	16	30	0.8	24	20.8	34.8	0.1121	0.0295	0.1159	1893.6	115	4	211600	0.8	0.6971
	C4-5	T.U.E.	VII	15	20	30	1	30	26	43.5	0.1121	0.0295	0.1159	1893.6	115	4	211600	0.8	1.0457

TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	Interruptor Automático	Contactor	Rele	Conductor	
							Detalle	Especificación
4	C4-1	A.C.U.	33	C60N 3x16A	LC1D1810Q5	LR2D1316 - 10-13A	1(3x4)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C4-2	A.C.U.	34	C60N 3x10A	LC1D0910Q5	LR2D1314 - 7-10A	1(3x2,5)	Payton Superflex 1,1 kV Tripolar
	C4-3	I.U.G.	VII-VIII-IX	C60N 2x16A			2(1x4)	Plastix CF
	C4-4	T.U.G.	VII-VIII-IX	C60N 2x16A			4(1x4)	Plastix CF
	C4-5	T.U.E.	VII	C60N 4x20A			4(1x4)	Plastix CF

TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	I <sub>B</sub>	I <sub>N</sub>	I <sub>Z</sub>	Factor agrupa.		I <sub>2</sub>	1,45*I <sub>Z</sub>	R <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	Z'	I'' <sub>K</sub>	K	S	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	cos φ	ΔU (V)
							f <sub>agrup</sub>	f <sub>agrup</sub> *I <sub>Z</sub>											
5	C5-1	I.U.G.	I-V-VI	12	16	30	0.73	21.9	20.8	31.755	0.183	0.0299	0.1854	1183.5	115	4	211600	0.8	2.6956
	C5-2	T.U.E.	I	15	20	30	0.73	21.9	26	31.755	0.1664	0.0296	0.169	1298.1	115	4	211600	0.8	3.0209
	C5-3	I.U.G.	II-III	2.05	16	30	0.73	21.9	20.8	31.755	0.1774	0.0298	0.1799	1219.4	115	4	211600	0.8	0.4446
	C5-4	I.U.G.	IV	6.36	10	22	0.73	16.06	13	23.287	0.422	0.0314	0.4231	518.5	115	2.5	82656.25	0.8	3.5455
	C5-5	T.U.G.	II-III-IV	10	16	30	0.73	21.9	20.8	31.755	0.2712	0.0314	0.273	803.58	115	4	211600	0.8	3.4857
	C5-6	I.U.G.	Exterior	4.09	10	22	0.73	16.06	13	23.287	0.4397	0.0316	0.4408	497.68	115	2.5	82656.25	0.8	2.3814



TS	Circuito N°	Tipo	Ambiente	Interruptor Automático			Conductor	
							Detalle	Especificación
5	C5-1	I.U.G.	I-V-VI	C60N 2x16A			2(1x4)	Plastix CF
	C5-2	T.U.E.	I	C60N 3x20A			4(1x4)	Plastix CF
	C5-3	I.U.G.	II-III	C60N 2x16A			2(1x4)	Plastix CF
	C5-4	I.U.G.	IV	C60N 2x10A			2(1x4)	Plastix CF
	C5-5	T.U.G.	I-II-III-IV	C60N 2x16A			2(1x2,5)	Plastix CF
	C5-6	I.U.G.	Exterior	C60N 2x10A			2(1x2,5)	Plastix CF



## **Cálculo térmico de tableros**

Se debe verificar en todos los tableros el balance térmico entre las pérdidas originadas por las protecciones, cables, juegos de barras, conexiones y otros elementos. El balance térmico se realiza en watt y los datos de pérdidas deben ser extraídos de los manuales o catálogos de cada fabricante.

Teniendo en cuenta el número de polos del instrumento y la pérdida en watt por cada uno, se obtiene el valor de la pérdida total de dicho instrumento.

Para dispositivos tetrapolares solo se tendrá en cuenta los 3 polos de fases.

Cálculo de la potencia de pérdidas originadas dentro del gabinete:

Definiciones:

$I_{ne}$ : es la corriente nominal del dispositivo de entrada o cabecera del tablero

$I_{nu}$ : es la suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.

$I_{nq}$ : es la corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = I_{ne} \times K_e$$

Donde  $K_e$  es el coeficiente que tiene en cuenta la corriente real que circula y la nominal del dispositivo, por convención se adopta  $K_e = 0,85$

La potencia total disipada dentro del tablero se calcula mediante la expresión

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au}$$

Donde

$P_{tot}$  es la potencia total disipada por todos los internos del tablero

$P_{dp}$  es la potencia total disipada por los dispositivos de protección en watt teniendo en cuenta los factores  $K_e$  y  $K$ .

$K$  es el factor de simultaneidad y se calcula como la relación  $K = I_{nq}/I_{nu}$

$0,2P_{dp}$  es la potencia disipada por conexiones, barras, relays, interruptores, diferenciales, interruptores seccionadores, etc.

$P_{au}$  es la potencia disipada por otros dispositivos instalados en el tablero que no se tienen en cuenta en  $P_{dp}$  y en  $0,2P_{dp}$ .



Por último, una vez calculado el valor de la potencia total disipada, se deberá verificar que los gabinetes cumplan con los valores obtenidos.

Del catalogo de Schneider se obtiene

Interruptor	Medida (A)	Disipación (w/polo)
C60	10	2
	16	2,6
	20	2,9
	32	3,5
	40	4,6
	50	4,5
NS100N TMD	100	8,80
NS160N TMD	160	13,95
NS400N	400	19,2

### Tablero Principal

TP	Posición	Circuito	$I_N$	Interruptor	# polos	watt/polo	total watt	Ke	K	watt x K <sup>2</sup>
1	Entrada		400	NS400N 4x400A	3	7,6	19,2	0,85		13,87
	Salida	TP-TS1	100	Sec. Fusible 4x100A	3	0	0		0,51	0
		TP-TS2	160	Sec. Fusible 4x160A	3	0	0		0,51	0
		TP-TS3	40	C60N 4x40A	3	4,6	13,8		0,51	3,61
		TP-TS4	50	C60N 4x50A	3	4,5	13,5		0,51	3,53
		TP-TS5	32	C60N 4x32A	3	3,5	10,5		0,51	2,75
						total	60,6	total Pdp	26,36	

La corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = 400A$$

La suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.

$$I_{nu} = 782A$$

Entonces el factor de simultaneidad quedará



$$K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}} = \frac{400}{782} = 0,511$$

La potencia total disipada será

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

Reemplazando los valores correspondientes

$$P_{tot} = 26,36 + 0,2 \cdot 26,36 + 0$$

$$P_{tot} = 31,635W$$

Por lo tanto el gabinete del Tablero Principal deberá disipar 32 W.

Se selecciona del catálogo Nöllducto un gabinete de 105 centímetros de alto, 75 de ancho, 30 de profundo y que posee un ducto de 20 centímetros, cuyo código comercial es ND 750.1050.00.

Al estar adosado a la pared se cumple

$$S = 1,4 \cdot L \cdot (H + P) + 1,8 \cdot P \cdot H$$

Donde

S Superficie útil de armario

L Ancho del gabinete

H Altura del gabinete

P Profundidad del gabinete

Reemplazando los valores

$$S = 1,4 \cdot 0,9 \cdot (1,05 + 0,3) + 1,8 \cdot 0,3 \cdot 1,05$$

$$S = 2,268 m^2$$

Estará construido de chapa de acero pintada, por lo tanto  $K=5,5W/m^2/^\circ C$ .

Las temperaturas a considerar en el entorno serán

Temperatura ambiente máxima  $T_{e \max} = 40^\circ C$

Temperatura ambiente mínima  $T_{e \min} = 10^\circ C$

Las temperaturas deseadas en el gabinete serán

Temperatura interna máxima  $T_{d \max} = 45^\circ C$

Temperatura interna mínima  $T_{d \min} = 20^\circ C$

Para obtener la temperatura final en el gabinete sin sistema térmico se tiene

$$\text{Temperatura interna máxima } T_{i \max} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \max}$$

$$\text{Temperatura interna mínima } T_{i \min} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \min}$$



Reemplazando se tiene

$$T_{i \max} = \frac{32}{5,5 \cdot 2,268} + 40 \quad T_{i \max} = 42,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{i \min} = \frac{32}{5,5 \cdot 2,268} + 10 \quad T_{i \min} = 12,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teniendo en cuenta que el rango de temperaturas finales en el gabinete se encuentra entre las temperaturas deseadas no se necesitará instalar ningún tipo de sistema de ventilación.

### Tablero Seccional 1

TS	Posición	Circuito	$I_N$	Interruptor	# polos	watt/polo	total watt	Ke	K	watt x K <sup>2</sup>
1	entrada		100	C120N 4x100A	3	8,8	26,4	0,85		19,07
	salida	C1-1	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-2	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-3	16	C60N 3x16A	3	2,6	7,8		0,50	1,91
		C1-4	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-5	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-6	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-7	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-8	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-9	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-10	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-11	40	C60N 3x40A	3	4,6	13,8		0,50	3,38
		C1-12	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-13	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-14	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
		C1-15	16	C60N 3x16A	3	2,6	7,8		0,50	1,91
		C1-16	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,50	1,47
						total	133,8	total Pdp	45,39	

La corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = 100A$$

La suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.

$$I_{nu} = 202A$$

Entonces el factor de simultaneidad quedará



$$K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}} = \frac{100}{202} = 0,495$$

La potencia total disipada será

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

Reemplazando los valores correspondientes

$$P_{tot} = 45,389 + 0,2 \cdot 45,389 + 0$$

$$P_{tot} = 54,567W$$

Por lo tanto el gabinete del Tablero Seccional 1 deberá disipar 55 W.

Se selecciona del catálogo Nöllbox un gabinete tipo pupitre de comando modular de 80 centímetros de alto, 120 de ancho y 35 de profundo, cuyo código comercial es NPAM-120.

Al ser accesible desde todos los lados se cumple

$$S = 1,8 \cdot H \cdot (L + P) + 1,4 \cdot L \cdot P$$

Reemplazando los valores

$$S = 1,8 \cdot 0,8 \cdot (1,20 + 0,35) + 1,4 \cdot 1,20 \cdot 0,35$$

$$S = 4,7044 \text{ m}^2$$

Estará construido de chapa de acero pintada, por lo tanto  $K=5,5W/m^2/^{\circ}C$ .

Las temperaturas a considerar en el entorno serán

Temperatura ambiente máxima  $T_{e \text{ max}} = 40^{\circ}C$

Temperatura ambiente mínima  $T_{e \text{ min}} = 10^{\circ}C$

Las temperaturas deseadas en el gabinete serán

Temperatura interna máxima  $T_{d \text{ max}} = 45^{\circ}C$

Temperatura interna mínima  $T_{d \text{ min}} = 20^{\circ}C$

Para obtener la temperatura final en el gabinete sin sistema térmico se tiene

$$\text{Temperatura interna máxima } T_{i \text{ max}} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \text{ max}}$$

$$\text{Temperatura interna mínima } T_{i \text{ min}} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \text{ min}}$$

Reemplazando se tiene

$$T_{i \text{ max}} = \frac{55}{5,5 \cdot 4,7044} + 40 \quad T_{i \text{ max}} = 42,13 \text{ } ^{\circ}C$$

$$T_{i \text{ min}} = \frac{55}{5,5 \cdot 4,7044} + 10 \quad T_{i \text{ min}} = 12,13 \text{ } ^{\circ}C$$



Teniendo en cuenta que el rango de temperaturas finales en el gabinete se encuentra entre las temperaturas deseadas no se necesitará instalar ningún tipo de sistema de ventilación.

### Tablero Seccional 2

TS	Posición	Circuito	$I_N$	Interruptor	# polos	watt/polo	total watt	Ke	K	watt x K <sup>2</sup>
2	entrada		160	NS160N 4x160A	3	13,95	41,85	0,85		30,24
	Salida	C2-1	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-2	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-3	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-4	125	C120N 3x125A	3	10,78	32,34		0,41	5,31
		C2-5	20	C60N 3x20A	3	2,9	8,7		0,41	1,43
		C2-6	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-7	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-8	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-9	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-10	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
		C2-11	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	0,98
						total	136,89	total Pdp	45,83	

La corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = 160A$$

La suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.

$$I_{mu} = 395A$$

Entonces el factor de simultaneidad quedará

$$K = \frac{I_{nq}}{I_{mu}} = \frac{160}{395} = 0,405$$

La potencia total disipada será

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

Reemplazando los valores correspondientes

$$P_{tot} = 45,83 + 0,2 \cdot 45,83 + 0$$

$$P_{tot} = 54,996W$$

Por lo tanto el gabinete del Tablero Seccional 2 deberá disipar 55 W.



Se selecciona del catálogo Nöllbox un gabinete tipo pupitre de comando modular de 90 centímetros de alto, 75 de ancho y 30 de profundo, cuyo código comercial es NI.600.750.00.

Al ser accesible desde todos los lados se cumple

$$S = 1,8 \cdot H \cdot (L + P) + 1,4 \cdot L \cdot P$$

Reemplazando los valores

$$S = 1,8 \cdot 0,90 \cdot (0,75 + 0,30) + 1,4 \cdot 0,75 \cdot 0,30$$

$$S = 2,016 \text{ m}^2$$

Estará construido de chapa de acero pintada, por lo tanto  $K=5,5\text{W/m}^2/\text{°C}$ .

Las temperaturas a considerar en el entorno serán

Temperatura ambiente máxima  $T_{e \text{ max}} = 40\text{°C}$

Temperatura ambiente mínima  $T_{e \text{ min}} = 10\text{°C}$

Las temperaturas deseadas en el gabinete serán

Temperatura interna máxima  $T_{d \text{ max}} = 45\text{°C}$

Temperatura interna mínima  $T_{d \text{ min}} = 20\text{°C}$

Para obtener la temperatura final en el gabinete sin sistema térmico se tiene

$$\text{Temperatura interna máxima } T_{i \text{ max}} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \text{ max}}$$

$$\text{Temperatura interna mínima } T_{i \text{ min}} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \text{ min}}$$

Reemplazando se tiene

$$T_{i \text{ max}} = \frac{55}{5,5 \cdot 2,016} + 40 \quad T_{i \text{ max}} = 44,96 \text{ °C}$$

$$T_{i \text{ min}} = \frac{55}{5,5 \cdot 2,016} + 10 \quad T_{i \text{ min}} = 14,96 \text{ °C}$$

Teniendo en cuenta que el rango de temperaturas finales en el gabinete se encuentra entre las temperaturas deseadas no se necesitará instalar ningún tipo de sistema de ventilación.



### Tablero Seccional 3

TS	Posición	Circuito	$I_N$	Interruptor	# polos	watt/polo	total watt	Ke	K	watt x K <sup>2</sup>
3	Entrada		40	C60N 4x40A	3	4,6	13,8	0,85		9,97
	Salida	C3-1	16	C60N 3x16A	3	2,6	7,8		0,39	1,20
		C3-2	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,39	0,92
		C3-3	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,39	0,92
		C3-4	16	C60N 3x16A	3	2,6	7,8		0,39	1,20
		C3-5	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,39	0,92
						total	47,4	total Pdp	15,14	

La corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = 40A$$

La suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.

$$I_{nu} = 102A$$

Entonces el factor de simultaneidad quedará

$$K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}} = \frac{40}{102} = 0,392$$

La potencia total disipada será

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

Reemplazando los valores correspondientes

$$P_{tot} = 15,137 + 0,2 \cdot 15,137 + 0$$

$$P_{tot} = 18,165W$$

Por lo tanto el gabinete del Tablero Seccional 3 deberá disipar 19 W.

Se selecciona del catálogo Nöllbox un gabinete tipo pupitre de comando modular de 60 centímetros de alto, 45 de ancho y 30 de profundo, cuyo código comercial es NI.450.600.00.

Al estar adosado a la pared se cumple

$$S = 1,4 \cdot L \cdot (H + P) + 1,8 \cdot P \cdot H$$

Reemplazando los valores

$$S = 1,4 \cdot 0,45 \cdot (0,60 + 0,30) + 1,8 \cdot 0,30 \cdot 0,60$$

$$S = 0,891 m^2$$

Estará construido de chapa de acero pintada, por lo tanto  $K=5,5W/m^2/^\circ C$ .



Las temperaturas a considerar en el entorno serán

Temperatura ambiente máxima  $T_{e \max} = 40^{\circ}\text{C}$

Temperatura ambiente mínima  $T_{e \min} = 10^{\circ}\text{C}$

Las temperaturas deseadas en el gabinete serán

Temperatura interna máxima  $T_{d \max} = 45^{\circ}\text{C}$

Temperatura interna mínima  $T_{d \min} = 20^{\circ}\text{C}$

Para obtener la temperatura final en el gabinete sin sistema térmico se tiene

$$T_{i \max} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \max}$$

$$T_{i \min} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \min}$$

Reemplazando se tiene

$$T_{i \max} = \frac{19}{5,5 \cdot 0,891} + 40 \quad T_{i \max} = 43,88^{\circ}\text{C}$$

$$T_{i \min} = \frac{19}{5,5 \cdot 0,891} + 10 \quad T_{i \min} = 13,88^{\circ}\text{C}$$

Teniendo en cuenta que el rango de temperaturas finales en el gabinete se encuentra entre las temperaturas deseadas no se necesitará instalar ningún tipo de sistema de ventilación.

#### Tablero Seccional 4

TS	Posición	Circuito	$I_N$	Interruptor	# polos	watt/polo	total watt	Ke	K	watt x K <sup>2</sup>
4	Entrada		50	C60N 4x50A	3	4,5	13,5	0,85		9,75
	Salida	C4-1	16	C60N 3x16A	3	2,6	7,8		0,41	1,31
		C4-2	10	C60N 3x10A	3	2	6		0,41	1,01
		C4-3	10	C60N 2x16A	2	2,6	5,2		0,41	0,87
		C4-4	16	C60N 2x16A	2	2,6	5,2		0,41	0,87
		C4-5	20	C60N 4x20A	3	2,9	8,7		0,41	1,46
						total	46,4	total Pdp	15,28	

La corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = 50\text{A}$$

La suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.



$$I_{nu} = 122A$$

Entonces el factor de simultaneidad quedará

$$K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}} = \frac{50}{122} = 0,409$$

La potencia total disipada será

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

Reemplazando los valores correspondientes

$$P_{tot} = 15,28 + 0,2 \cdot 15,28 + 0$$

$$P_{tot} = 18,336W$$

Por lo tanto el gabinete del Tablero Seccional 4 deberá disipar 19 W.

Se selecciona del catálogo Nöllbox un gabinete tipo pupitre de comando modular de 45 centímetros de alto, 45 de ancho y 30 de profundo, cuyo código comercial es NI.450.450.00.

Al estar adosado a la pared se cumple

$$S = 1,4 \cdot L \cdot (H + P) + 1,8 \cdot P \cdot H$$

Reemplazando los valores

$$S = 1,4 \cdot 0,45 \cdot (0,45 + 0,30) + 1,8 \cdot 0,30 \cdot 0,45$$

$$S = 0,7155 m^2$$

Estará construido de chapa de acero pintada, por lo tanto  $K=5,5W/m^2/^\circ C$ .

Las temperaturas a considerar en el entorno serán

Temperatura ambiente máxima  $T_{e \max} = 40^\circ C$

Temperatura ambiente mínima  $T_{e \min} = 10^\circ C$

Las temperaturas deseadas en el gabinete serán

Temperatura interna máxima  $T_{d \max} = 45^\circ C$

Temperatura interna mínima  $T_{d \min} = 20^\circ C$

Para obtener la temperatura final en el gabinete sin sistema térmico se tiene

$$T_{i \max} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \max}$$

$$T_{i \min} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \min}$$

Reemplazando se tiene

$$T_{i \max} = \frac{19}{5,5 \cdot 0,7155} + 40 \quad T_{i \max} = 44,83 \text{ } ^\circ C$$



$$T_{i \min} = \frac{19}{5,5 \cdot 0,7155} + 10 \quad T_{i \min} = 14,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teniendo en cuenta que el rango de temperaturas finales en el gabinete se encuentra entre las temperaturas deseadas no se necesitará instalar ningún tipo de sistema de ventilación.

### Tablero Seccional 5

TS	Posición	Circuito	I <sub>N</sub>	Interruptor	# polos	watt/polo	total watt	Ke	K	watt x K <sup>2</sup>
5	Entrada		32	C60N 4x32A	3	3,5	10,5	0,85		7,59
	Salida	C5-1	16	C60N 2x16A	2	2,6	5,2		0,27	0,37
		C5-2	20	C60N 3x20A	3	2,9	8,7		0,27	0,62
		C5-3	16	C60N 2x16A	2	2,6	5,2		0,27	0,37
		C5-4	10	C60N 2x10A	2	2	4		0,27	0,28
		C5-5	16	C60N 2x16A	2	2,6	5,2		0,27	0,37
		C5-6	10	C60N 2x10A	2	2	4		0,27	0,28
						total	42,8	total Pdp	9,88	

La corriente asignada de entrada al tablero

$$I_{nq} = 32A$$

La suma aritmética de las corrientes nominales de todos los dispositivos de salida susceptibles de usar al mismo tiempo.

$$I_{nu} = 120A$$

Entonces el factor de simultaneidad quedará

$$K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}} = \frac{32}{120} = 0,266$$

La potencia total disipada será

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

Reemplazando los valores correspondientes

$$P_{tot} = 9,883 + 0,2 \cdot 9,883 + 0$$

$$P_{tot} = 11,859W$$

Por lo tanto el gabinete del Tablero Seccional 5 deberá disipar 12 W.



Se selecciona del catálogo Nöllbox un gabinete tipo pupitre de comando modular de 45 centímetros de alto, 45 de ancho y 30 de profundo, cuyo código comercial es NI.450.450.00.

Al estar adosado a la pared se cumple

$$S = 1,4 \cdot L \cdot (H + P) + 1,8 \cdot P \cdot H$$

Reemplazando los valores

$$S = 1,4 \cdot 0,45 \cdot (0,45 + 0,30) + 1,8 \cdot 0,30 \cdot 0,45$$

$$S = 0,7155 \text{ m}^2$$

Estará construido de chapa de acero pintada, por lo tanto  $K=5,5\text{W}/\text{m}^2/^\circ\text{C}$ .

Las temperaturas a considerar en el entorno serán

Temperatura ambiente máxima  $T_{e \text{ max}} = 40^\circ\text{C}$

Temperatura ambiente mínima  $T_{e \text{ min}} = 10^\circ\text{C}$

Las temperaturas deseadas en el gabinete serán

Temperatura interna máxima  $T_{d \text{ max}} = 45^\circ\text{C}$

Temperatura interna mínima  $T_{d \text{ min}} = 20^\circ\text{C}$

Para obtener la temperatura final en el gabinete sin sistema térmico se tiene

$$\text{Temperatura interna máxima } T_{i \text{ max}} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \text{ max}}$$

$$\text{Temperatura interna mínima } T_{i \text{ min}} = \frac{P_{tot}}{K \cdot S} + T_{e \text{ min}}$$

Reemplazando se tiene

$$T_{i \text{ max}} = \frac{12}{5,5 \cdot 0,7155} + 40 \quad T_{i \text{ max}} = 43,05 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{i \text{ min}} = \frac{12}{5,5 \cdot 0,7155} + 10 \quad T_{i \text{ min}} = 13,05 \text{ }^\circ\text{C}$$

Teniendo en cuenta que el rango de temperaturas finales en el gabinete se encuentra entre las temperaturas deseadas no se necesitará instalar ningún tipo de sistema de ventilación.



## Bandejas Portacables

### Método para la elección

Para la elección de la bandeja portacables a instalar se deben tener en cuenta primeramente una serie de datos, primero la sección de los cables a transportar en la bandeja.

Se considerará la bandeja que sale del Tablero Seccional 1, hacia los motores de preparación y molienda. Para obtener el valor de la sección de la bandeja a utilizar se deben sumar las secciones de todos los cables que pasarán por dicha bandeja.

La reserva de espacio porcentual para futuras ampliaciones se considera del 20 %. Por lo tanto, a la sumatoria de las secciones de los conductores se le deben sumar el porcentaje de reserva considerado.

$$\sum \phi = 264,2mm$$

Teniendo en cuenta la reserva

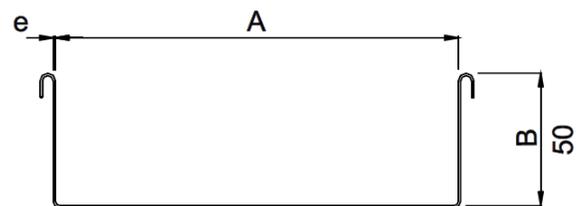
$$Sec = 264,2 \cdot 1,2$$

$$Sec = 317,04mm$$

Una vez obtenido el valor de la sección necesaria, se elige el valor más próximo superior de las Tablas de sección de acuerdo al tipo de bandeja a colocar, y las características que de desea tener en la instalación a construir.

#### ALA 50

CODIGO	A x B mm	SECCION mm <sup>2</sup>
TRP-50	50x50	2,450
TRP-100	100x50	4,900
TRP-150	150x50	7,350
TRP-200	200x50	9,800
TRP-250	250x50	12,250
TRP-300	300x50	14,700
TRP-450	450x50	22,050
TRP-600	600x50	29,400



Por lo tanto se adopta una bandeja Samet - Ala 50 - TRP-400.



Las bajadas de la bandeja hacia cada motor se realizan con caño de sección circular, tal cual lo requiere la Reglamentación en la página 83 Tabla 771.12.IX Máxima cantidad de conductores por canalización.



A continuación se adjuntan las tablas con la selección del resto de las bandejas a utilizar.

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Sumatoria de diámetros	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
A	C1-1	A.C.U.	1	2.5	15.7	264.2	20	317.04	Samet - Ala 50 - TRP-450	RS 19	1
	C1-2	A.C.U.	2	2.5	15.7					RS 19	2
	C1-3	A.C.U.	3	4	18					RS 22	3
	C1-4	A.C.U.	4	2.5	15.7					RS 19	4
	C1-5	A.C.U.	5	2.5	15.7					RS 19	5
	C1-6	A.C.U.	6	2.5	15.7					RS 19	6
	C1-7	A.C.U.	7	2.5	15.7					RS 19	7
	C1-8	A.C.U.	8	2.5	15.7					RS 19	8
	C1-9	A.C.U.	9	2.5	15.7					RS 19	9
	C1-10	A.C.U.	10	2.5	15.7					RS 19	10
	C1-11	A.C.U.	11	16	24.1						11
	C1-12	A.C.U.	12	2.5	15.7					RS 19	12
	C1-13	A.C.U.	13	2.5	15.7					RS 19	13
	C1-14	A.C.U.	14	2.5	15.7					RS 19	14
	C1-15	A.C.U.	15	4	18					RS 22	15
	C1-16	A.C.U.	16	2.5	15.7					RS 19	16

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
B	C1-1	A.C.U.	1	2.5	15.7	143.6	20	172.32	Samet - Ala 50 - TRP-200	RS 19	1
	C1-2	A.C.U.	2	2.5	15.7					RS 19	2
	C1-3	A.C.U.	3	4	18					RS 22	3
	C1-4	A.C.U.	4	2.5	15.7					RS 19	4
	C1-5	A.C.U.	5	2.5	15.7					RS 19	5
	C1-6	A.C.U.	6	2.5	15.7					RS 19	6
	C1-7	A.C.U.	7	2.5	15.7					RS 19	7
	C1-8	A.C.U.	8	2.5	15.7					RS 19	8
	C1-9	A.C.U.	9	2.5	15.7					RS 19	9



Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
C	C1-13	A.C.U.	13	2.5	15.7	65.1	20	78.12	Samet - Ala 50 - TRP-100	RS 19	13
	C1-14	A.C.U.	14	2.5	15.7					RS 19	14
	C1-15	A.C.U.	15	4	18					RS 22	15
	C1-16	A.C.U.	16	2.5	15.7					RS 19	16

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
D	C2-2	A.C.U.	18	2.5	15.7	31.4	20	37.68	Samet - Ala 50 - TRP-50	RS 19	18
	C2-3	A.C.U.	19	2.5	15.7					RS 19	19

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
E	C2-4	A.C.U.	20	50	36.8	36.8	20	44.16	Samet - Ala 50 - TRP-50		20

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
F	C2-1	A.C.U.	17	2.5	15.7	127.9	20	153.48	Samet - Ala 50 - TRP-200	RS 19	17
	C2-5	A.C.U.	21	4	18					RS 22	21
	C2-6	A.C.U.	22	2.5	15.7					RS 19	22
	C2-7	A.C.U.	23	2.5	15.7					RS 19	23
	C2-8	A.C.U.	24	2.5	15.7					RS 19	24
	C2-9	A.C.U.	25	2.5	15.7					RS 19	25
	C2-10	A.C.U.	26	2.5	15.7					RS 19	26
	C2-11	A.C.U.	27	2.5	15.7					RS 19	27



Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
G	C2-10	A.C.U.	26	2.5	15.7	15.7	20	18.84	Samet - Ala 50 - TRP-50	RS 19	26

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
H	C3-1	A.C.U.	28	4	18	83.1	20	99.72	Samet - Ala 50 - TRP-100	RS 22	28
	C3-2	A.C.U.	29	2.5	15.7					RS 19	29
	C3-3	A.C.U.	30	2.5	15.7					RS 19	30
	C3-4	A.C.U.	31	4	18					RS 22	31
	C3-5	A.C.U.	32	2.5	15.7					RS 19	32

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
I	C4-1	A.C.U.	33	4	18	33.7	20	40.44	Samet - Ala 50 - TRP-50	RS 22	33
	C4-2	A.C.U.	34	2.5	15.7					RS 19	34

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
J	C4-3	I.U.G.	VII-VIII-IX	2.5	15.7	33.7	20	40.44	Samet - Ala 50 - TRP-50	RS 22	VII-VIII-IX
	C4-4	T.U.G.	VII-VIII-IX	4	18					RS 22	VII-VIII-IX

Bandeja	Circuito N°	Tipo	Ambiente	S	Diámetro exterior	Coef. de apilamiento	Reserva de espacio	Sección útil de bandeja	Bandeja	Bajada	Ambiente
K	C5-1	I.U.G.	I-V-VI	4	18	87.7	20	105.24	Samet - Ala 50 - TRP-150	RS 22	I-V-VI
	C5-2	T.U.E.	I-V-VI	4	18					RS 22	I-V-VI
	C5-3	I.U.G.	II-III	4	18					RS 22	II-III
	C5-4	I.U.G.	IV	4	18					RS 22	IV
	C5-5	I.U.G.	Exterior	2.5	15.7					RS 19	Exterior



## **Puesta a Tierra**

### **Metodología de Cálculo**

Para el cálculo de la resistencia de dispersión a tierra del anillo y la verificación térmica de los conductores enterrados se siguen los lineamientos indicados en la ANSI / IEEE Std 80 – 1986 “An American National Standard – IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding” y de la Norma IRAM 2281-1.

Se tomarán sistemas de PAT individuales para cada local de la planta en forma de anillo, donde para cada uno de ellos se realizarán los cálculos correspondientes.

### **Datos**

Resistividad

Se adopta para todo el terreno un valor de resistividad uniforme e igual a:

$$\rho = 100 \Omega.m$$

Corriente de Cortocircuito

Se adopta para la verificación térmica, teniendo en cuenta la corriente de cortocircuito máxima calculada en la memoria de cálculo:

$$I''_{k-TP} = 6,721 \text{ kA en bornes del tablero}$$

Tiempo máximo de despeje de falla para la verificación térmica de los conductores enterrados

Adoptamos  $t = 0.5$  segundos

Profundidad de enterramiento promedio del sistema

Adoptamos  $h = 0.70$  metros

### **Cálculos**

Tensión de paso

Es la diferencia de potencial entre dos puntos de un terreno que pueden ser tocados simultáneamente por una persona; su valor permisible esta dado por:



$$E_p = \frac{165 + \rho}{\sqrt{t}}$$

Donde

Ep: Tensión de paso permisible en volt

$\rho$ : Resistividad del terreno

t: Tiempo máximo de despeje de falla

Reemplazando en la expresión anterior se tiene

$$E_p = \frac{165 + 100}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_p = 375V$$

Tensión de contacto

Es la diferencia de potencial entre un punto en la superficie del terreno y cualquier otro punto que se pueda ser tocado simultáneamente por una persona; su valor permisible está dado por:

$$E_t = \frac{165 + 0,25 \cdot \rho}{\sqrt{t}}$$

Donde

Et: Tensión de contacto permisible en volt

$$E_t = \frac{165 + 0,25 \cdot 100}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_t = 268.7V$$

Verificación térmica

Verificaremos la sección de los conductores en el área de proceso, en función de la intensidad de corriente que debe conducir.

Para conductores de cobre se cumple:

$$S_{cond} = I \left[ \frac{t_f \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}{K_{ct}} \right]^{\frac{1}{2}} \ln \left( 1 + \frac{T_m - T_a}{K_o + T_a} \right)$$

Donde



- $I''$  Intencidad de corriente de cortocircuito  
 $t_f$  Tiempo de duración de la falla en segundos  $t_f : 0,5$  s.  
 $\alpha_r$  Coeficiente térmico de la resistividad  $\alpha_r : 0,00393$  ( $1^\circ C$ )  
 $\rho_r$  Resistividad del conductor  $\rho_r : 1,7241$  ( $\mu\Omega.cm$ )  
 $K_{ct}$  Capacidad térmica  $K_{ct} : 3,422$  ( $J/cm^3 \cdot ^\circ C$ )  
 $T_m$  Temperatura máxima admisible  $T_m : 250^\circ C$   
 $T_a$  Temperatura ambiente  $T_a : 40^\circ C$   
 $K_o$  Constante del material  $K_o : 234^\circ C$

Reemplazando se tiene

$$S_{cond} = 6721 \left[ \frac{0,5 \cdot 0,00393 \cdot 1,7241 \cdot 10^4}{\frac{3,422}{\ln \left( 1 + \frac{250 - 40}{234 + 40} \right)}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$S_{cond} = 28035cm$$

Teniendo en cuenta que 1 CM equivale a  $5 \times 10^{-4} mm^2$  de sección de conductor entonces  $S_{cond} = 14,02mm^2$

Las dimensiones del anillo en estudio abarcarán un área de  $355 m^2$ . En base a esto, se obtendrá un diámetro equivalente para ser utilizado en el cálculo. Por lo tanto  $d = 21,26$  cm

Longitud total del conductor enterrados del anillo  $L = 100$  m

Cálculo de la resistencia de puesta a tierra (Según IRAM 2281-1)

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 L} \cdot \ln \left( \frac{4D}{\sqrt{hd}} \right)$$

Donde

- $\rho$  Resistividad del suelo  
 $L$  Longitud del conductor  
 $D$  Diámetro del sistema anillo  
 $h$  Profundidad de entierro del conductor  
 $d$  Diámetro del conductor

Aplicando la expresión anterior resulta

$$R = \frac{100}{\pi^2 95} \cdot \ln \left( \frac{21,26}{\sqrt{0,70 \cdot 0,01}} \right)$$

$$R = 0,5906 \text{ ohm}$$

La resistencia a tierra del conjunto no será mayor a 5 ohm



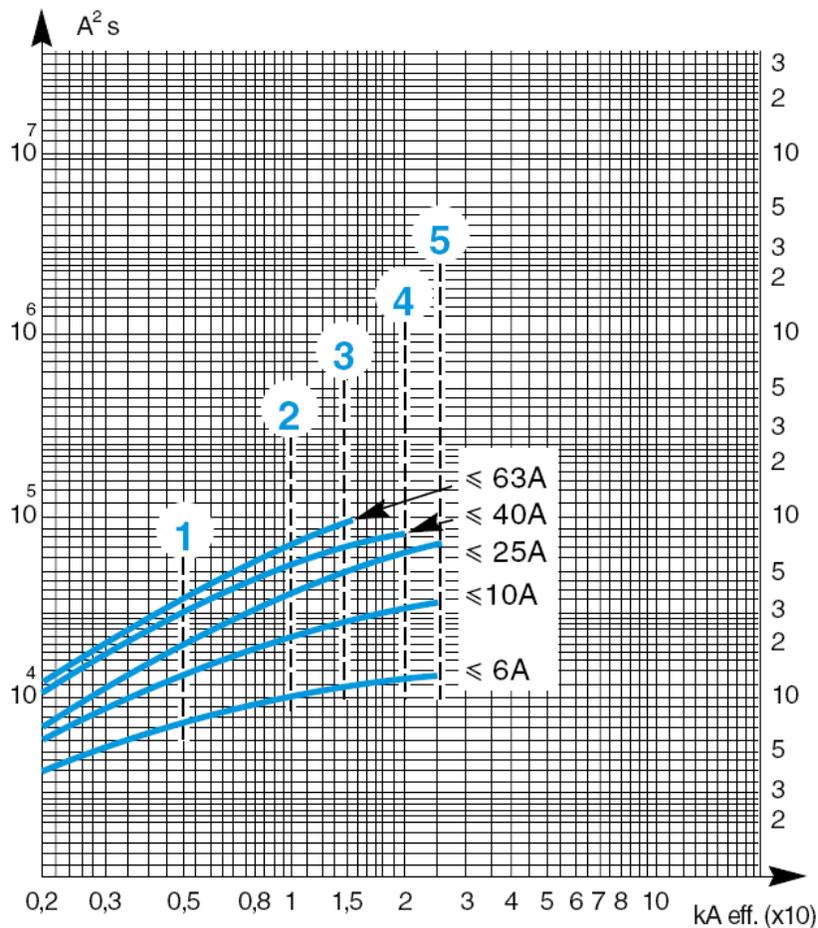
## Anexo 1

### Curvas de Limitación

#### Limitación en solicitud térmica

El poder de limitación de un interruptor automático se traduce en una curva que da, en función de la corriente de cortocircuito presunta (corriente que circula en ausencia de elemento de protección), la restricción térmica (en  $A^2s$ ), es decir, la energía disipada por el cortocircuito en un conductor de resistencia 1 W.

Para los Tableros Seccionales 3, 4 y 5 y los Circuitos Terminales, excepto para la Peleteadora (motor 20), se utilizaron Interruptores Automáticos C60N, de 2 y 3 polos. Cuya curva de Limitación en solicitud térmica es

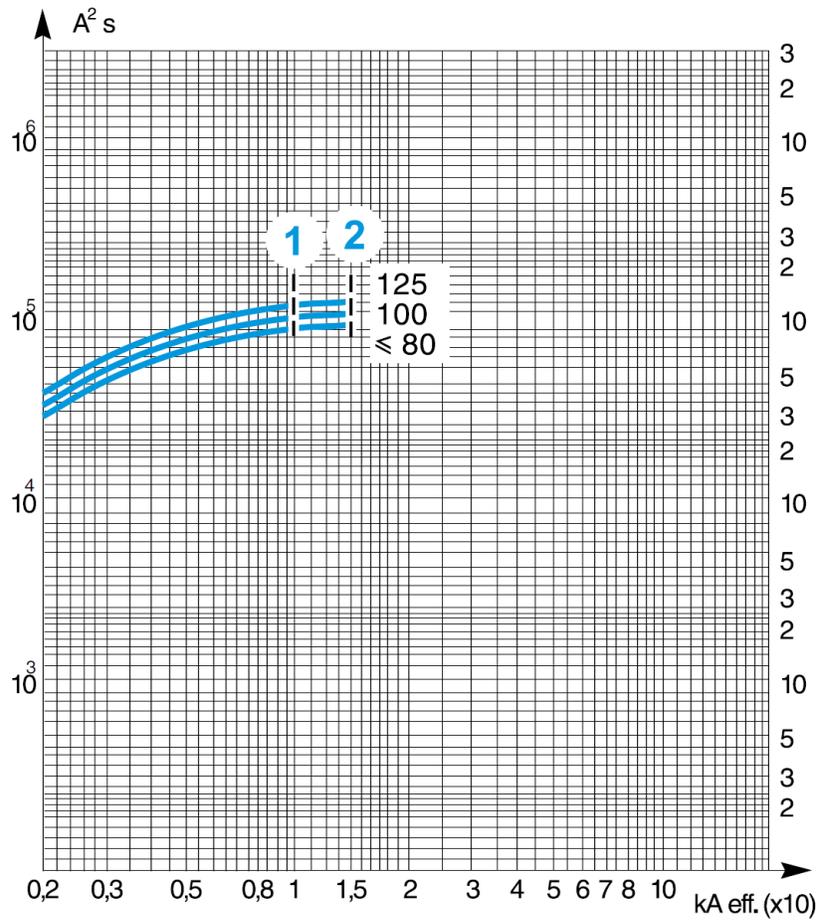




Donde el C60N es el señalado con el número 2.

Para el Tablero Seccional 1 y el Circuito Terminal de la Peleteadora (motor 20), se utilizaron Interruptores Automáticos C120N, de 3 y 4 polos. Cuya curva de Limitación en sollicitación térmica es

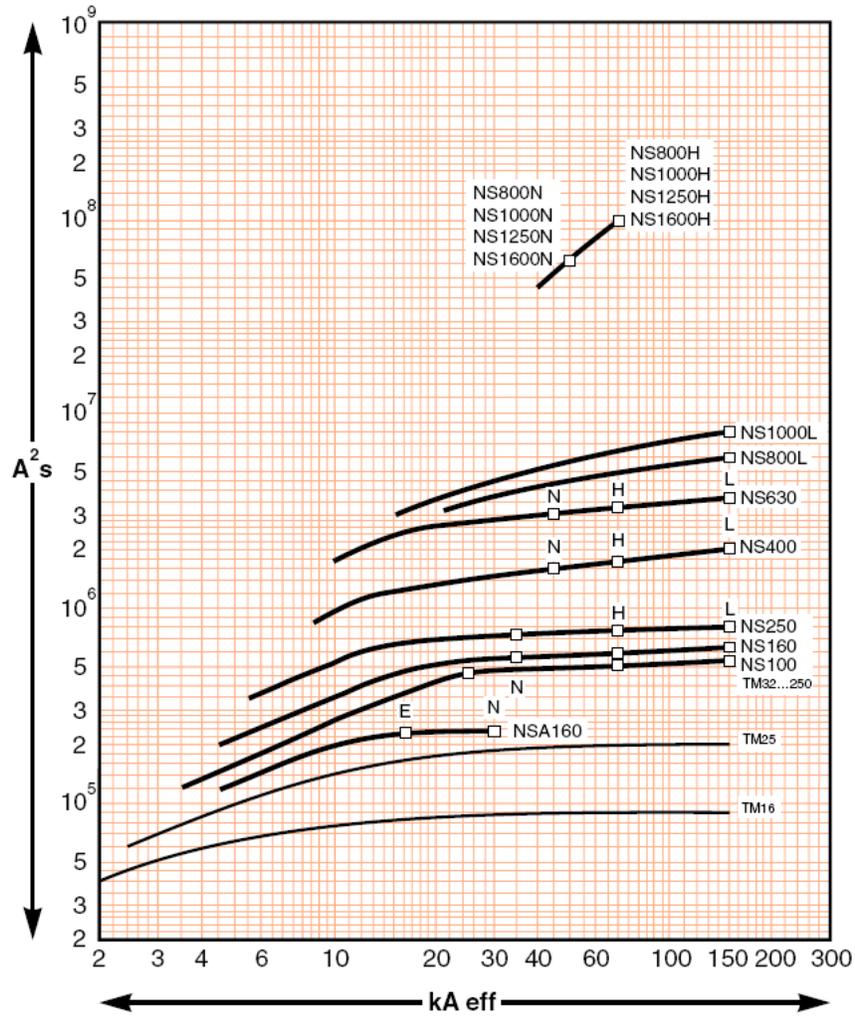
**C120 : 2, 3, 4 polos**



Donde el C120N es el señalado con el número 1.



Para el Tablero Principal y el Tablero Seccional 2, se utilizó un Interruptor Automático Compact NS, de 3 y 4 polos. Cuya curva de Limitación en sollicitación térmica es



Donde los Interruptores Automáticos utilizados son Compact NS160 y NS400.



## Anexo 2

### *Iluminación*

#### Método de Cálculo

Para dicho cálculo se tomará como referencia lo expresado en la norma IRAM AADL-J 20-06 "Iluminación artificial de interiores: Niveles de iluminación". Allí se encuentran las tablas de Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual e intensidad mínima de iluminación.

Los valores indicados en la primera tabla, se usarán para estimar los requerimientos para tareas que no han sido incluidos en la segunda tabla.

TABLA 1  
Intensidad Media de Iluminación para Diversas Clases de Tarea Visual

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros por ej. en lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósito de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; trabajo de molienda fina.
	3000	Trabajo fino de relojería y reparación
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.



TABLA 2  
Intensidad mínima de iluminación

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
Nave Principal	200
Depósito de Producto terminado	100
Molienda y tamizado	100
Local de elaboración	200
Caldera	100
Oficina	500

Para asegurar una uniformidad razonable en la iluminancia de un local, se exigirá una relación no menor de 0,5 entre sus valores mínimo y medio.

$$E_{\min} = \frac{E_{\text{media}}}{2}$$

La iluminancia media se determinará efectuando la media aritmética de la iluminancia general considerada en todo el local, y la iluminancia mínima será el menor valor de iluminancia en las superficies de trabajo o en un plano horizontal a 0,80 m. del suelo. Este procedimiento no se aplicará a lugares de tránsito, de ingreso o egreso de personal o iluminación de emergencia.



## **Cálculo lumínico de los locales**



## **Anexo 3**

### ***Planos***