

INSTALACIONES ELECTRICAS EN

BAJA TENSION



MISION DE PROCOBRE

Nuestra misión es promover el uso del cobre y sus aleaciones, especialmente en Chile y Latinoamérica, fomentando una disposición favorable hacia su utilización e impulsando la investigación y el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Colabora y trabaja coordinadamente con las empresas, el gobierno y los organismos relacionados con el cobre para materializar una acción convergente, con visión de largo plazo a nivel mundial.

Registro de Propiedad Intelectual:

Nº

ISBN:

1ª Edición 2003

Elaborado por:

Programa de Estudios e Investigaciones en Energía.

Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile.

Se agradece la colaboración de los ingenieros:

Guillermo Andrés Jiménez E. y Francisco Quintana

Procobre-Chile

Av. Nueva de Lyon 96, Of. 305, Edificio Costanera

Teléfono: 335 3264

Fax: 335 3264, anexo 111

Santiago de Chile

Diseño y Diagramación

Erica Paluba S.

Impresión

Impresos Lahosa S.A.



INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION

**APLICACIONES Y ANALISIS DE CASOS
CODIGO DE INSTALACIONES EN BAJA TENSION**



INDICE

1

Alambrado de una vivienda de 140 metros cuadrados. /PAG. 4

- Alambrado de los consumos de alumbrado./PAG.
- Alambrado de pequeños artefactos.
- Alambrado del circuito de una lavadora de ropa.
- Selección de conductores y ductos.
- Diagrama explicativo de los circuitos.

2

Regulación de tensión y parpadeo de la luz en viviendas y edificios comerciales. /PAG. 11

- Parpadeo provocado por la conexión del refrigerador.
- Efecto de la sección del conductor en el parpadeo de luces de una vivienda.

3

Circuitos eléctricos en instalaciones industriales /PAG. 19

- Alimentación de tableros de alumbrado y fuerza
- Dimensionamiento de los circuitos de fuerza.
- Dispositivos de protección.

4

Dimensionamiento del conductor de neutro en edificios comerciales. /PAG. 45

- Uso de circuitos expresamente dedicados a equipos electrónicos.
- Prácticas sugeridas para alimentar equipos electrónicos y computadores.
- Corrientes armónicas por el conductor del neutro.

INTRODUCCION

El trabajo que se entrega a continuación, pretende incorporar en un solo texto, el marco legal obligatorio aplicable a las instalaciones eléctricas de baja tensión así como el análisis de casos de aplicación. El marco legal que se presenta está compuesto por las Leyes y Reglamentos aprobados mediante Decretos publicados en el Diario Oficial. Los análisis de casos han sido seleccionados tomando en cuenta su carácter pedagógico, es decir, por requerir de la aplicación de varios de los conceptos reglamentados por la autoridad. Otro aspecto que se ha tomado en cuenta al elegir ejemplos de aplicación es que ellos correspondan a situaciones comunes, de tal modo que el usuario se familiarice fácilmente con el caso planteado y de él pueda desprender las reglas generales a aplicar en casos similares.

No se han adjuntado las normas completas aplicables a las instalaciones eléctricas de baja tensión para evitar incrementar el texto en forma excesiva, prefiriéndose transcribir - cada vez que se consideró necesario- el párrafo preciso que se requiere aplicar en cada caso. Incluso, se hizo uso de normas internacionales cuando las normas nacionales no establecían los parámetros de diseño o el método de cálculo que se requería. En tales casos, también se transcribió el párrafo de la norma internacional que se hizo uso.

Junto al libro se adjunta un archivo en Microsoft Power Point, que permite visualizar el contenido del Código de Instalaciones de Baja Tensión planteado. En el archivo, es posible visitar –según el lugar que se seleccione- la Ley o Reglamento que se desea consultar. Del mismo modo, es posible visualizar las pantallas de aplicación o análisis de casos que hacen uso de esos textos. Adicionalmente a estas pantallas se puede acceder a un documento que describe en detalle el caso analizado y cada uno de los cálculos realizados.

APLICACIONES Y ANÁLISIS DE CASOS

CASO N° 1.

Alumbrado de una vivienda unifamiliar

La vivienda tiene un área de 140 m², sin contar el sótano vacío, el desván sin acabado y los porches abiertos. Tiene una cocina a gas y una secadora eléctrica de ropa de 2 kW a 220 V. La demanda máxima de este artefacto se tomará de acuerdo a las secciones 220-18. Se asume que la capacidad del artefacto en kW es equivalente a kVA. Considérese una alimentación monofásica a 220 V.

CARGA CALCULADA

Carga de alumbrado general: (véase sección 7.2.1. de la NCh Eléc.4/2003)

7.2.1.- Estimación de cargas.

7.2.1.1.- La carga nominal de un alimentador, según la cual se dimensionará, no será menor que la suma de las cargas de todos los circuitos que sirve el alimentador, determinadas de acuerdo a las secciones 11 y siguientes, sujetas a las siguientes disposiciones:

(b) Para alimentadores que sirven consumo de alumbrado exclusivamente, a la carga total de los circuitos determinada de acuerdo a la sección 11 se le aplicará los factores de demanda señalados en la Tabla 7.5.

Estos factores de demanda no se aplicarán sobre subalimentadores en los que puede estar presente la totalidad de la carga en forma permanente o esporádica por períodos superiores a 15 minutos. Se aceptarán factores de demanda distintos a los valores indicados en esta tabla, cuando mediante un estudio realizado sobre la base de las características de uso de instalación o las de proceso, se justifique dicho valor.

11.1. ALUMBRADO DE VIVIENDAS

11.1.1. En una vivienda se deberán cumplir las siguientes condiciones:

11.1.1.1. Deberá proyectarse a lo menos un circuito de 10 A por cada 70m² o fracción de superficie construida.

11.1.1.2. Todo circuito en que existan enchufes deberá estar protegido mediante un protector diferencial.

11.1.1.3. Para viviendas de superficie superior a 70 m², podrán proyectarse circuitos mixtos de 10 A, pero deberá existir a lo menos un circuito que alimentará, exclusivamente, a enchufes instalados en la cocina y lavadero, con una capacidad mínima de 16 A.

Número mínimo de circuitos ramales requeridos (Véase sección 11.1.1.1. de la NCh Eléc.4/2003):

Alumbrado: Dos circuitos monofásicos de 10 A.

Carga de pequeños artefactos: La normativa nacional no incluye secciones que permitan estimar la carga para pequeños artefactos.

En este caso se proyectarán tres circuitos de 10 A, dos para habitaciones y áreas comunes y uno exclusivo para los baños. Se considerarán 10 enchufes por circuito en los dos primeros y 6 enchufes para los circuitos de baños.

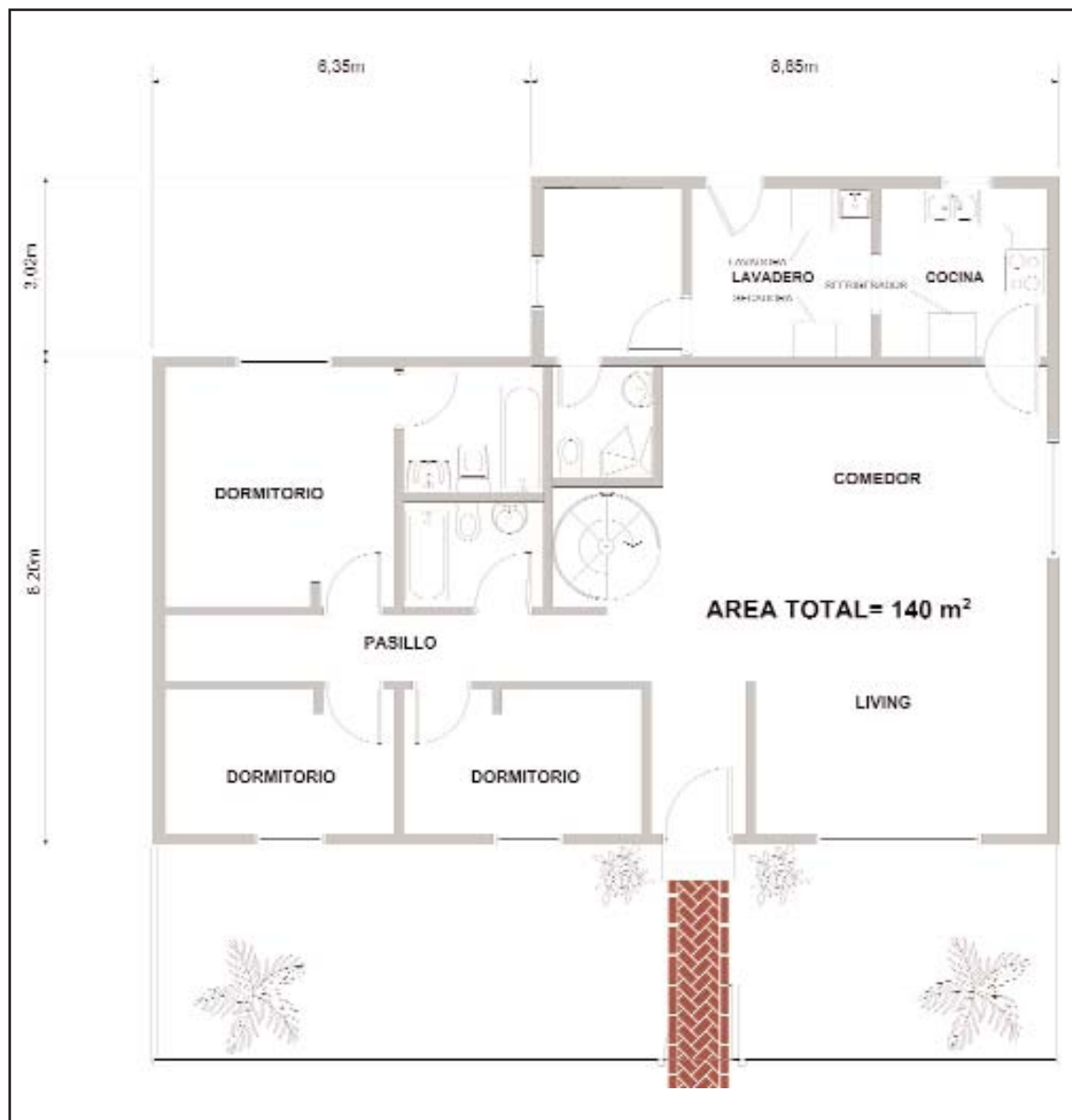
Nota: Cuando no está definida la carga en los circuitos de alumbrado ésta se estimará en 100 W.

Calibre mínimo de los alimentadores requeridos (Véase Tabla 7.5. de la NCh Eléc.4/2003)

TABLA N° 1.1 cargas estimadas (según Tabla 7.5 de la NCh Eléc.4/2003)

Carga calculada:	W
Alumbrado general	4.400
Pequeños artefactos	2.600
Total alumbrado y pequeños artefactos	7.000
3.000 W a 100%	3.000
7.000 – 3.000=4.000 W a 35%	1.400
Carga neta calculada	
(alumbrado y pequeños artefactos)	4.400
Lavadero y secadora	3.500
Carga Total (W)	7.900

CARGA DE LAVADERO: UN CIRCUITO MONOFÁSICO DE 16 A (SECCIÓN 11.1.1.3. DE LA NCH ELÉC.4/2003).



Plano de vivienda a electrificar.
Análisis de casos: Alambrado de una vivienda.

Selección de conductores (Tabla 8.7a de la NCh Eléc.4/2003)

Grupo A.- Hasta tres conductores en ducto, en cable o directamente enterrados.

Grupo B.- Conductor simple al aire libre. Para aplicar esta capacidad, en caso de conductores que corran paralelamente, debe existir entre ellos una separación mínima equivalente a un diámetro del conductor.

No obstante lo indicado en la tabla, las protecciones de cortocircuito de los conductores de 2,08 mm², 3,31 mm² y 5,26 mm², no deberán exceder de 16, 20 y 32 A, respectivamente

Selección de conductores (sección 7.1.1.2 de la NCh Eléc.4/2003)

7.1.1.2.- La sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será, por lo menos, la suficiente para servir las cargas determinadas de acuerdo a 7.2. En todo caso la sección mínima permisible será de 2,5 mm².

Para la acometida principal se seleccionará un conductor THW 75 °C de sección 5,26 mm², se considera la acometida aérea por lo cual se clasifica la instalación en el grupo B (Ver Tabla 8.7a de la NCh Eléc.4/2003)

Las secciones de los conductores de los circuitos interiores de la vivienda se clasifican en el grupo A y son las siguientes:

Alumbrado: Dos circuitos de 10 A, conductor THW 75°C de sección 3,31 mm².

Enchufes Lavadero: Un circuito de 16 A, conductor THW 75°C de sección 3,31 mm².

Tubería

Para las instalaciones interiores de la vivienda se utilizaran ductos de PVC y el diámetro indicado se seleccionará según la Tabla 8.18 de la NCh Eléc.4/2003.

Según la tabla N° 8.18 el diámetro mínimo permitido para un máximo de 3 conductores de 3,31 mm² de sección es 1/2"

TABLA N° 7.5 NCh Eléc.4/2003
Factores de Demanda para Cálculo de Alimentadores de Alumbrado

tipo de consumidor	potencia sobre la que se aplica el factor de demanda		factor de demanda
	Tramo	KW	
Casa habitación	Primeros	3,0	1,00
	Sobre	3,0	0,35
Hospitales	Primeros	50,0	0,40
	Sobre	50,0	0,20
Hoteles y moteles	Primeros	20	0,50
	Desde	20,1 a 100	0,40
	Sobre	100,0	0,30
Bodegas	Primeros	15	1,00
	Sobre	15	0,50
Todo otro tipo	Toda la potencia		1,00

TABLA Nº 8.7 a NCh Eléc.4/2003
Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados Fabricados según
Normas Norteamericanas. Secciones AWG Sobre la Base de una Temperatura
Ambiente de: 30° C

Sección [mm ²]	Temperatura de Servicio [°C]					
	60		75		90	
	Tipos TW, UF		Tipos THW, THWN, TTU, TTMU, PT, PW		Tipos THHN,XTU, XTMU, EVA, USE-RHH, USE- RHHM, ET, EN	
	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
2,08	20*	25*	20*	30*	25*	35*
3,31	25*	30*	25*	35*	30*	40*
5,26	30*	40*	35*	50*	40*	55*
8,37	40	60	50	70	55	80
13,3	55	80	65	95	75	105
21,2	70	105	85	125	95	140
26,7	85	120	100	145	110	165
33,6	95	140	115	170	130	190
42,4	110	165	130	195	150	220
53,5	125	195	150	230	170	260
67,4	145	225	175	265	195	300
85	165	260	200	310	225	350
107,2	195	300	230	360	260	405
126,7	215	340	255	405	290	455
151,8	240	375	285	445	320	505
177,3	250	420	310	505	350	570
202,7	280	455	335	545	380	615
253,2	320	515	380	620	430	700
303,6	355	575	420	690	475	780
354,7	385	630	460	755	520	855
379,5	400	655	475	785	535	885
405,4	410	680	490	815	555	920
456,0	435	730	520	870	585	985
506,7	455	780	545	935	615	1055
633,4	495	890	590	1065	665	1200
750,1	520	980	625	1175	705	1325
886,7	545	1070	650	1280	735	1455
1.013	560	1155	665	1385	750	1560

TABLA Nº 8.18 NCh Eléc.4/2003

Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Galvanizados de Pared Gruesa (Cañerías), Tuberías No Metálicas y Tuberías Metálicas Flexibles

Tipo de Ducto		t.p.p.	t.p.r.	c.a.g.			t.p.p. - t.p.r. - c.a.g.						t.p.p.	t.p.r.	c.a.g.
Diámetro Nominal	Conductor	1/2"	16 mm	1/2"	3/4"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"	3"	3 1/2"	4"	110 mm	4"	
		Cantidad de Conductores													
Tipo y Sección Nominal [mm ²]															
NSYA	THW-THWN														
1,5	-	4	5	7	12	20	36	-	-	-	-	-	-	-	
-	2,08	3	3	5	8	13	23	32	-	-	-	-	-	-	
2,5	-	3	4	6	10	16	28	39	-	-	-	-	-	-	
-	3,31	2	3	4	7	11	19	26	42	-	-	-	-	-	
4	-	2	3	4	8	13	22	30	50	-	-	-	-	-	
-	5,26	1	2	3	5	8	14	20	33	-	-	-	-	-	
6	-	2	2	3	6	10	18	24	40	-	-	-	-	-	
-	8,37	1	1	1	3	5	9	12	20	31	-	-	-	-	
10	-	1	1	2	4	6	11	16	26	37	-	-	-	-	
-	13,3	1	1	1	2	4	7	10	16	23	38	-	-	-	
16	-	1	1	1	2	4	7	10	16	23	36	-	-	-	
-	21,2	1	1	1	3	5	7	11	16	25	-	-	-	-	
25	-	1	1	1	3	5	6	9	15	24	32	-	-	-	
-	26,7	1	1	1	2	4	6	10	14	20	29	-	-	-	
-	33,6	1	1	1	2	4	5	8	12	14	24	29	30	31	
35	-	1	1	1	2	4	5	8	13	19	26	30	31	33	
-	42,4	1	1	1	2	4	6	9	13	18	21	22	23	23	
50	-	1	1	1	2	4	6	9	13	18	21	22	23	23	
-	53,5	1	1	1	2	3	5	7	11	15	18	19	20	20	
-	67,4	1	1	1	2	4	6	9	12	15	15	15	16	16	
70	-	1	2	3	4	6	10	14	16	17	18	18	18	18	
-	85,0	1	1	2	3	5	8	11	13	13	14	14	14	14	
95	-	1	1	2	3	5	8	10	12	13	13	13	13	13	
-	107,2	1	1	1	3	4	7	9	11	11	12	12	12	12	
120	-	1	1	1	3	4	6	8	10	10	10	10	11	11	
-	126,7	1	1	2	3	5	7	8	9	9	9	9	9	9	
150	-	1	1	2	3	4	6	7	8	8	8	8	8	8	
-	152	1	1	2	3	4	6	7	8	8	8	8	8	8	
-	177,3	1	1	1	3	4	5	6	7	7	7	7	7	7	
185	-	1	1	1	3	4	5	6	7	7	7	7	7	7	
-	202	1	1	1	2	4	5	6	6	6	6	6	6	6	
240	-	1	1	2	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	
-	253	1	1	2	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	
300	-	1	1	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
-	304,0	1	1	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
-	380,0	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
400	-	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
-	506,7	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	



Líderes en
tecnología,
calidad
y seguridad

Somos la Primera Compañía de
Conductores Eléctricos en recibir
Certificación ISO 9001:2000



Sobre la base de lo anteriormente tratado se puede elaborar el siguiente diagrama explicativo:

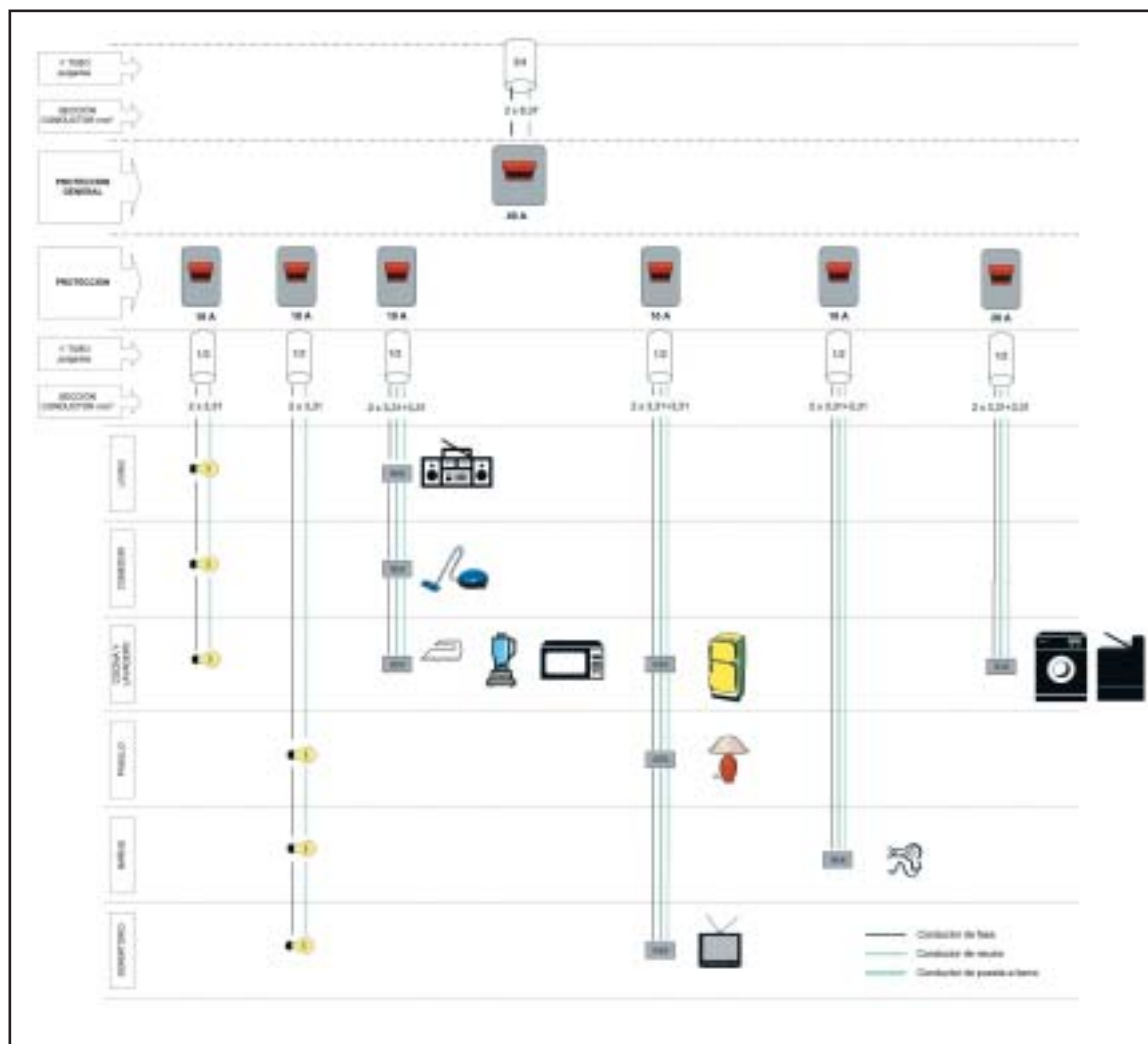


Diagrama explicativo del alambrado de una vivienda.
Análisis de casos: Alambrado de una vivienda.

APLICACIONES Y ANALISIS DE CASOS

CASO N° 2. Regulación de tensión y parpadeo de la luz en viviendas y edificios comerciales.

Los equipos de iluminación son muy sensibles a la tensión aplicada y el usuario es sensible a los cambios súbitos en la iluminación. Una variación de tensión de 0.25 a 0.5% causará una notoria reducción en la salida lumínica de una lámpara incandescente. Los equipos de operación intermitente como soldadores, partidas de motores y los hornos de arco pueden afectar el voltaje suministrado a los equipos de alumbrado de tal manera que el usuario puede presentar reclamos por luces con efecto de parpadeo.

Las partidas de motores y los cortocircuitos en líneas cercanas pueden causar parpadeo en lámparas e incluso caídas de tensión lo suficientemente prolongadas que pueden perturbar equipo sensible. Los hornos de arco y las soldadoras pueden causar flicker en el voltaje durante muchas veces en un segundo. Por lo tanto debe tenerse especial cuidado al diseñar sistemas que no produzcan efectos irritantes en el usuario por presencia de flicker y que

de igual manera no permita la presencia de perturbaciones en procesos industriales y comerciales.

Caídas de tensión durante la partida de motores

Los motores tienen una alta corriente de partida lo cual implica una carga bastante alta a un bajo factor de potencia por un periodo de tiempo muy corto. Este incremento repentino de la corriente que fluye hacia la carga causa un aumento momentáneo en la caída de tensión a lo largo del sistema de distribución y la correspondiente reducción de voltaje en el equipo utilizado.

En general, la corriente de partida de un motor estándar es aproximadamente entre 5 y 6 veces la corriente a plena carga del mismo. Los valores aproximados para todos los motores de corriente alterna (AC) sobre $\frac{1}{2}$ HP son indicados por una letra código en la placa del motor. Los valores de esas letras código están dados en la norma NEMA MG-1978.

Un motor requiere aproximadamente un (1) kVA por cada HP en operación normal, por lo tanto la corriente de partida será aproximadamente de 5 a 6 kVA por cada caballo de fuerza del motor. Cuando la potencia del motor es aproximadamente el 5% de la capacidad en kVA del secundario del transformador que lo alimenta, la corriente de partida del motor se aproximará al 25% de la capacidad del transformador y con una impedancia de este del 6 a 7% resultará en una notable caída de tensión del orden del 1%.

TABLA 2.1 – Voltajes estándar y límites de caballos de fuerza recomendados para motores de inducción polifásicos

Voltaje en placa del motor	Límites de HP recomendados
115 230 460 y 575	Motores de baja tensión Sin mínimo – 15 HP máximo Sin mínimo – 200 HP máximo 1 HP mínimo – 1000 HP máximo
2300 4000 4500 6000 13200	Motores de media tensión 50 HP mínimo – 6000 HP máximo 100 HP mínimo – 7500 HP máximo 250 HP mínimo – Sin máximo 400 HP mínimo – Sin máximo 1500 HP mínimo – Sin máximo

Fuente: IEE Standard 141-1993

En adición, una caída de tensión similar ocurrirá en el cableado entre el secundario del transformador y el motor cuando la corriente a plena carga de este sea del orden del 5% de la nominal del circuito. Esto repercutirá en una caída de tensión a plena carga de aproximadamente 4 a 5%. Sin embargo, la caída de tensión está distribuida a lo largo del circuito por lo que el máximo valor de ésta, sólo ocurre cuando el motor y el equipo afectado están localizados en el final del circuito. A medida que el motor se desplaza del final hacia el comienzo del circuito, la caída de tensión en el circuito se aproxima a cero.

La caída de tensión total es la suma de la caída en el secundario de la subestación transformadora y el circuito secundario. En el caso de motores muy grandes de cientos de caballos o incluso miles, la impedancia de la alimentación debería ser considerada.

Se debe tener en cuenta como un aparte especial cuando parten grandes motores para minimizar la caída de tensión y así no afectar la operación de otros equipos conectados al mismo sistema. Los grandes motores, ver Tabla 2.1, deben ser alimentados a media tensión como 2.400, 4.160, 6.900 ó 13.200 V de un transformador aparte para eliminar las caídas de voltaje en el sistema de baja tensión.

Flicker

En donde las cargas se encienden y apagan rápidamente como en el caso de soldadoras, u oscile rápidamente como en el caso de los hornos de arco, las rápidas fluctuaciones o parpadeo de la luz proveniente de lámparas incandescentes debidas a este fenómeno son denominados flicker. Si se utiliza equipo que conste de cargas fluctuantes y estas a su vez representen un 10% de la carga del transformador como del circuito secundario que les alimenta se deben hacer cálculos precisos utilizando las corrientes a plena carga y las impedancias del sistema para determinar su efecto en el equipo de alumbrado.

El usuario varía ampliamente su susceptibilidad al flicker, las pruebas indican que algunos de ellos se irritan con un nivel de flicker apenas notorio para otros. Los estudios muestran que la sensibilidad depende en cuanto cambia la iluminación (magnitud), cuan seguido ocurre (frecuencia) y el tipo de

actividad laboral desempeñada. El problema es aun más complejo si se tiene en cuenta el hecho de que las lámparas fluorescentes tienen diferentes respuestas a los cambios de voltaje. Por ejemplo, la iluminación incandescente varía más que la fluorescente, pero la fluorescente cambia más rápido que la incandescente. Los cambios bruscos de tensión de un ciclo a otro son más notorios que los graduales sobre varios ciclos y la severidad del flicker puede ser realmente alta si ocurre seguido y es cíclica.

ÍNDICES DE SEVERIDAD DE PARPADEO O FLICKER

Para la correcta estimación de índices de severidad de flicker se requiere realizar mediciones en forma simultánea de la tensión con un instrumento que cumpla con lo establecido en la norma IEC 868. Los índices que calcula este instrumento son:

- Pst : Índice de severidad de parpadeo o Flicker de corto plazo (10 minutos)
- Plt : Índice de severidad de parpadeo o Flicker de largo plazo (2 horas)

Para una correcta calidad del servicio en el Artículo 250 del D.S. 327/97 se considera el efecto de los índices de severidad de parpadeo o flicker:

“Artículo 250. – Los índices de severidad de parpadeo o flicker y de contaminación por inyección de corrientes armónicas a la red, deberán sujetarse a lo que indique la norma técnica correspondiente...”.

La norma técnica citada anteriormente ya fue emitida por la CNE y fija los valores límites para los índices de severidad de flicker. Estos valores se ilustran en la Tabla 2.2.

En el caso que se está tratando aquí solo nos ocuparemos de sistemas urbanos y tensiones menores a 110 kV. Se considera que un índice de severidad $Pst = 1,0$ ya causa irritación en el usuario, en el reporte IEC 1000-3-7 se presenta una curva desarrollada en la cual todos los puntos que la conforman tienen un índice de severidad $Pst = 1,0$. La curva presenta la variación de tensión $\Delta V/V$ (%) en función de la frecuencia de variación (veces/minuto). Con eso se pueden estimar los

TABLA 2.2
Valores límites de los Pst (10 minutos) y Plt (2 horas)

PARA SISTEMAS O REDES ELECTRICAS		
Nivel de tensión	Pst (10 minutos)	Plt (2 horas)
Menor o igual a 110 kV	1,0	0,8
Mayor que 110 kV	0,8	0,6
PARA SISTEMAS O REDES ELECTRICAS DE ZONAS RURALES		
Nivel de tensión	Pst (10 minutos)	Plt (2 horas)
Menor o igual a 23 kV	1,25	1,0

cambios en la tensión y la frecuencia de variación que permiten índices de severidad menores a 1,0, en cumplimiento con la norma. La línea horizontal a la altura del 3% se utiliza porque sin importar la frecuencia de cambio en la tensión, una variación de este tipo ya es notoria para cualquier usuario.

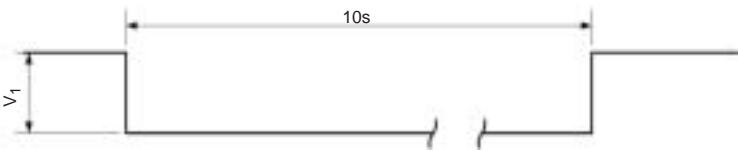

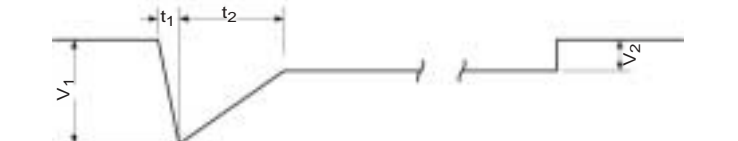
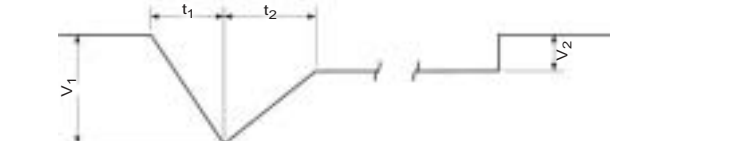
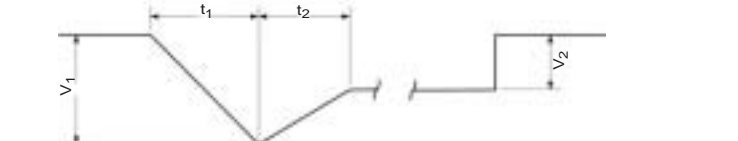
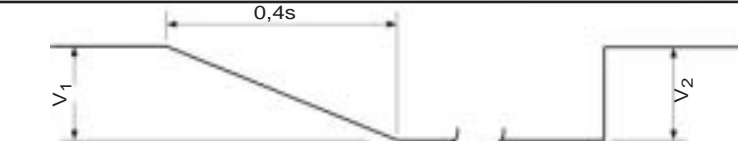
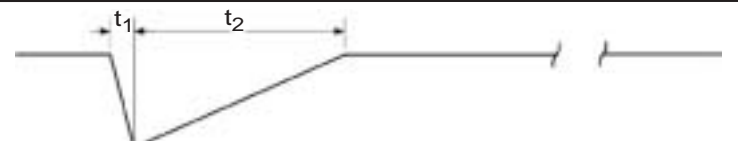
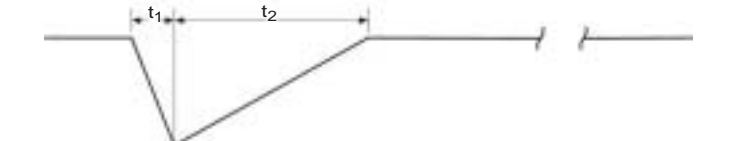
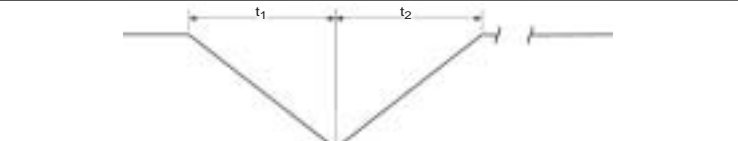
En la tabla 2.3 se ilustran distintas forma de onda que representan cambios en la tensión de alimentación. La forma de onda rectangular de F1 se incluye porque es la que mas se ha utilizado en los estudios de flicker. Las formas de onda F2 a F5 representan la partida de motor de equipos domésticos. La forma de onda F6 representa el efecto de un partidador suave. En las formas de onda F7 a F9

el escalón de desconexión (V2) fue suprimido para determinar un cambio gradual de la misma. Se utilizó un ciclo de tiempo de 20s en cada caso, el intervalo entre la partida del motor y su desconexión es 10 s. Para las formas de onda F7 a F9 se ajustó el ciclo de tiempo de tal manera que los cambios de la tensión por minuto sean los mismos que para las formas de onda rectangulares.

Cuando hay presencia de flicker molesto, se debe reducir o eliminar la carga, o la capacidad del sistema de alimentación debe ser aumentada para si disminuir la caída de tensión causada por la carga fluctuante. En grandes plantas industriales, el equipo que produce flicker debe ser alimentado

GRAFICO PENDIENTE

TABLA 2.3.
Variaciones de voltaje que producen un parpadeo de la luz ($P_{st} > 1$)
Análisis de casos: Regulación de tensión y parpadeo
de la luz en viviendas y edificios comerciales

	Forma de onda	t1	t2	V1	V2	Pst
F1		NA	NA	1,64%	1,64%	1,05
F2		0,01	0,15	2,05%	V1/7	1,00
F3		0,01	0,15	2,60%	V1/4	1,25
F4		0,1	0,15	3,00%	V1/3	1,10
F5		0,2	0,15	3,05%	V1/2	1,00
F6		NA	NA	2,25%	V1	1,20
F7		0,01	0,4	1,93%	NA	1,19
F8		0,1	0,4	2,60%	NA	1,15
F9		0,4	0,4	3,40%	NA	1,09

por transformadores y circuitos exclusivos de tal manera que no produzcan perturbaciones en equipo sensible al flicker.

Ejemplo

Una vivienda consta de varios circuitos, durante un determinado momento se encuentra consumiendo 1.500 W en iluminación a través de uno de sus circuitos de alumbrado. En ese instante el refrigerador comienza a funcionar trayendo como consecuencia una variación en la iluminación. Teniendo en cuenta los datos de la figura 2.1, calcule la caída de tensión causante del parpadeo y cual es la solución indicada para evitar este fenómeno. El alimentador esta energizado a 220 V.

Para desarrollar el problema se consideraran dos casos:

- **Caso 1.** Cuando inicialmente solo esta encendido el alumbrado.
- **Caso 2.** Cuando comienza a funcionar el refrigerador.

CASO 1.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500}{220} = 6,8 \text{ A}$$

La corriente que devenga el sistema de alumbrado esta dada por:

Como el refrigerador no se encuentra encendido la corriente que circula por el alimentador es la misma que la del circuito de alumbrado 6,8 A.

La caída de tensión en el alimentador es:

$$\Delta V = 2RLI \text{ Cos}\Phi$$

donde,

- R = resistividad del conductor en Ohm/km
 L = longitud del conductor en km
 I = corriente que circula por el conductor en A
 Cos ϕ = factor de potencia de la carga

Para este caso se tienen los siguientes valores,

- R = 5,315 Ohm/km
 L = 0,08 km
 I = 6,8 A
 Cos ϕ = 1, la carga se considera completamente resistiva

Luego,

$$\Delta V = 2 \cdot 5,315 \cdot 0,08 \cdot 6,8 \cdot 1 = 5,78 \text{ V}$$

$$\Delta V / V (\%) = 2,63\%$$

La caída de tensión en el circuito de alumbrado es:

$$\Delta V = 2 \cdot 5,315 \cdot 0,005 \cdot 6,8 \cdot 1 = 0,36 \text{ V}$$

$$\Delta V / V (\%) = 0,16\%$$

La caída de tensión total es:

$$\Delta V / V (\%) = 2,79\%$$

CASO 2

En este caso hay que tener en cuenta la corriente de partida del motor de $1/4$ HP que se encuentra en el refrigerador que es 12,8 A. También es importante considerar el factor de potencia del motor durante la partida, en el caso de los motores monofásicos el factor de potencia es casi la unidad por el efecto que aporta el condensador en ese momento. Aquí hemos considerado un factor de potencia de 0,9. Por lo tanto la corriente la podemos escribir como,

IR = 12,8 A con un ángulo de desfase de -25,8°

La corriente que circula por el alimentador es la suma vectorial de la corriente de partida del motor con la corriente demandada por la carga lumínica

IA = 19,15 A con un ángulo de desfase de -16,9°

Luego, la caída de tensión en el alimentador es:

$$\Delta V = 2 \cdot 5,315 \cdot 0,08 \cdot 19,5 \cdot 0,96 = 15,6V$$

$$\Delta V / V(\%) = 7,08\%$$

La caída de tensión en el circuito de alumbrado es la misma que en el caso anterior,

$$\Delta V = 2 \cdot 5,315 \cdot 0,005 \cdot 6,8 \cdot 1 = 0,36V$$

$$\Delta V / V(\%) = 0,16\%$$

Luego, la caída de tensión total es,

$$\Delta V / V(\%) = 7,24\%$$

Inicialmente cuando sólo estaba en servicio el alumbrado la caída de tensión en la primera luminaria era de 2,79 %, al partir el refrigerador esta

aumentó considerablemente a 7,24 %. La diferencia entre estas dos es el parpadeo que siente el usuario que es de 4,45%. De acuerdo con la curva de $P_{st}=1$ y sin importar la frecuencia de variación de la tensión un cambio superior al 3% es visible, luego existe la presencia de flicker cuando parte el refrigerador.

Para solucionar este inconveniente es recomendable aumentar la sección del conductor del alimentador. Se cambia el conductor a uno de 5,26 mm² y se desarrolla el problema de igual manera que el anterior con el único cambio de una resistividad de 3,343 Ohm/km.

La diferencia de tensión sentida por el usuario en el circuito de alumbrado es:

$$\Delta V / V(\%) = 4,61\% - 1,81\% = 2,8\%$$

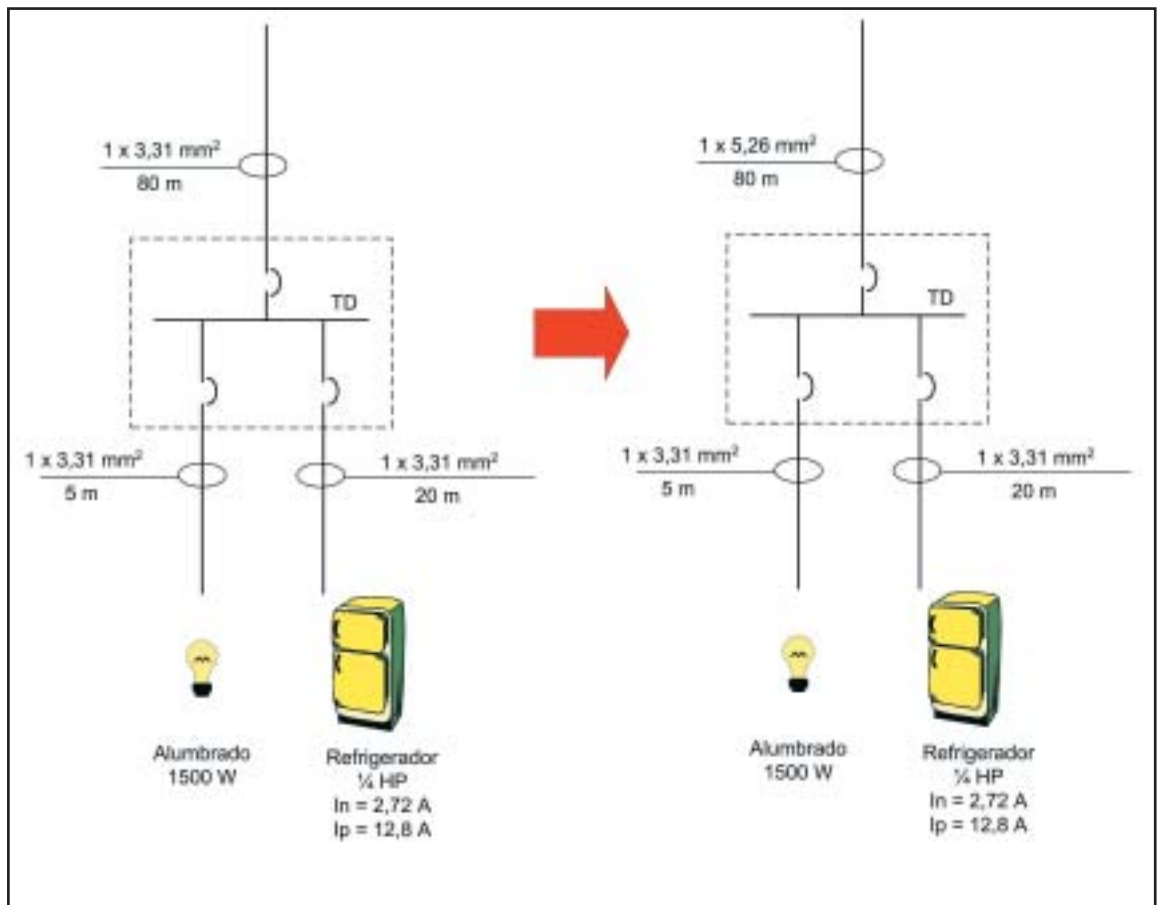


Figura 2.1. Conductores sugeridos para que el parpadeo de luz sea despreciable
Análisis de casos: Regulación de tensión y parpadeo de la luz en viviendas y edificios comerciales.



bhpbilliton
Cerro Colorado



G e n t e c r e a n d o v a l o r

Iquique: San Martín 255, oficina 46, fono (56-57) 417553. • Santiago: Av. Américo Vespucio 100, Piso 10, Las Condes, fono (56-2) 330 5000. • Faena: fono (56-57) 404000.

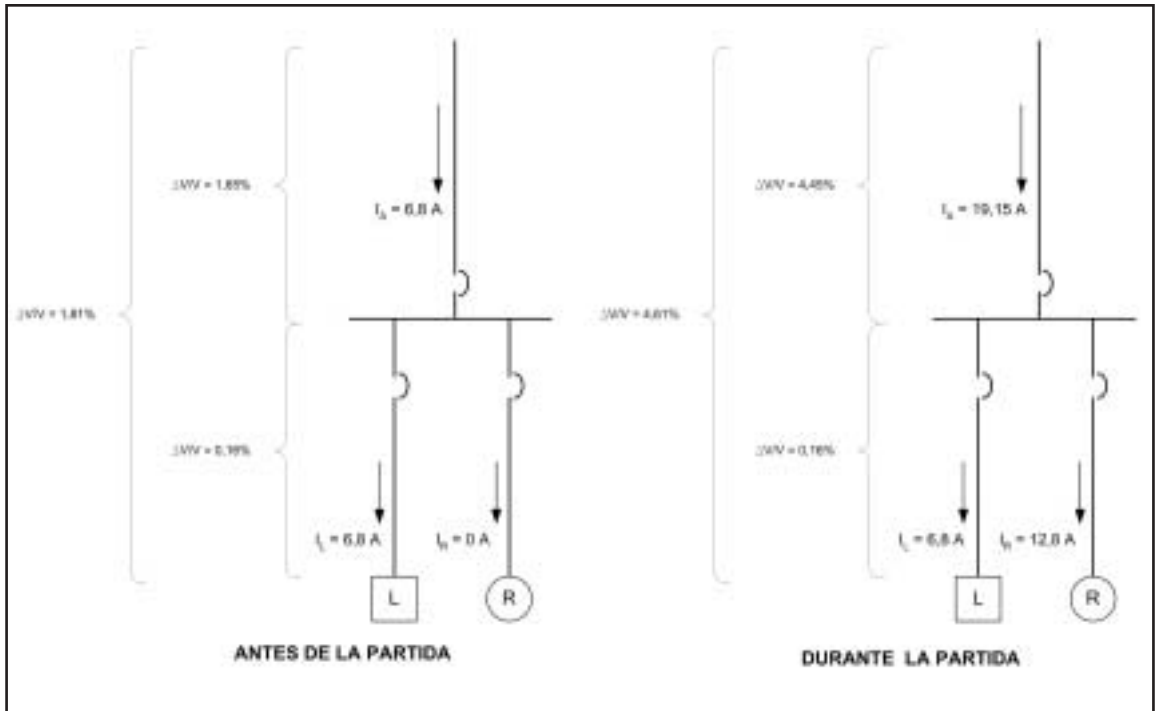


Figura 2.2. Caídas de voltaje durante la del motor de un refrigerador. Sección del alimentador. 5,26 mm²
Análisis de casos: Regulación de tensión y parpadeo de la luz en viviendas y edificios comerciales.

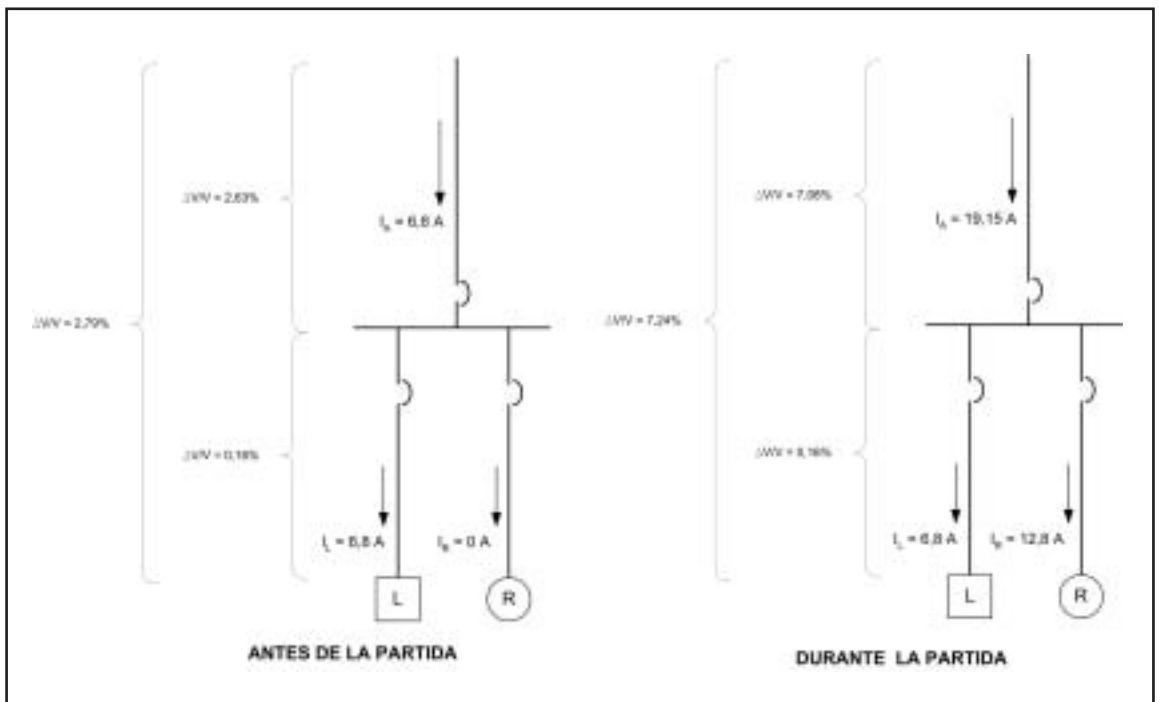


Figura 2.3. Caídas de voltaje durante la conexión del motor de un refrigerador.
Sección del alimentador. 3,31 mm²
Análisis de casos: Regulación de tensión y parpadeo de la luz en viviendas y edificios comerciales.

APLICACIONES Y ANÁLISIS DE CASOS

CASO N°. 3. Instalación Industrial, planta faenadora de alimentos.

Una planta faenadora y procesadora de alimentos presenta un esquema unilíneal como el que se enseña en la Figura 3.1.

Los detalles correspondientes a cada uno de los tableros y las cargas se ilustrarán a medida que se desarrolle el problema. Se requiere calcular las corrientes por los alimentadores, la dimensión de los conductores y las protecciones del sistema eléctrico de la planta faenadora en cuestión.

La descripción de cargas se enseña en la Tabla 3.1.

Desarrollo

Cálculo de la Carga para los Tableros de Alumbrado (T.A.). Se debe aplicar la Tabla 7.5. de la NCh Eléc.4/2003 para el caso del tablero TDA1 se desarrolló como se enseña en la Tabla 3.2

Para el Tablero de Alumbrado 1 (TDA 1)

TABLA 3.2. Carga tablero TDA 1

DESCRIPCIÓN	POTENCIA (W)
Servicios	4.400
Lavandería salas	640
Pasillos	1.120
Casinos	1.920
Casinos	
Oficina Veterinario	640
Oficinas y recepción	1.500
Oficinas y recepción	1.500
Exterior edificio	1.500
Exterior edificio	1.500
Bodega	1.500
Bodega	1.500
Reserva alumbrado	1.500
Reserva alumbrado	1.500
Enchufes 10 A	1.500
Enchufes 10 A	1.500
Enchufes 10 A	1.500
Enchufes 10 A	1.500
Enchufes 15 A	2.500
Enchufes 15 A	2.500
Reserva enchufes	2.500
Subtotal TDA 1	34.220
15.000 W al 100%	15.000
Resto al 50%	9.610
Carga Neta TDA 1	24.610

TABLA 3.1. Descripción de cargas

Descripción	Potencia Instalada (kW)	Tensión (V)	Longitud alimentador (m)
Casino	20	380	80
TDA1	34,2	380	100
TDA 2	80,5	380	20
TDA 3	26,6	380	75
TDA 4	30,1	380	90
Túneles	2 x 90	380	90, 85
Compresores Cámaras de frío	3 x 30	380	65, 70, 80
Sistema ventilación	18	380	80
TDF 3	80	380	70
TDF2	158	380	20
TDF1	74,4	380	100

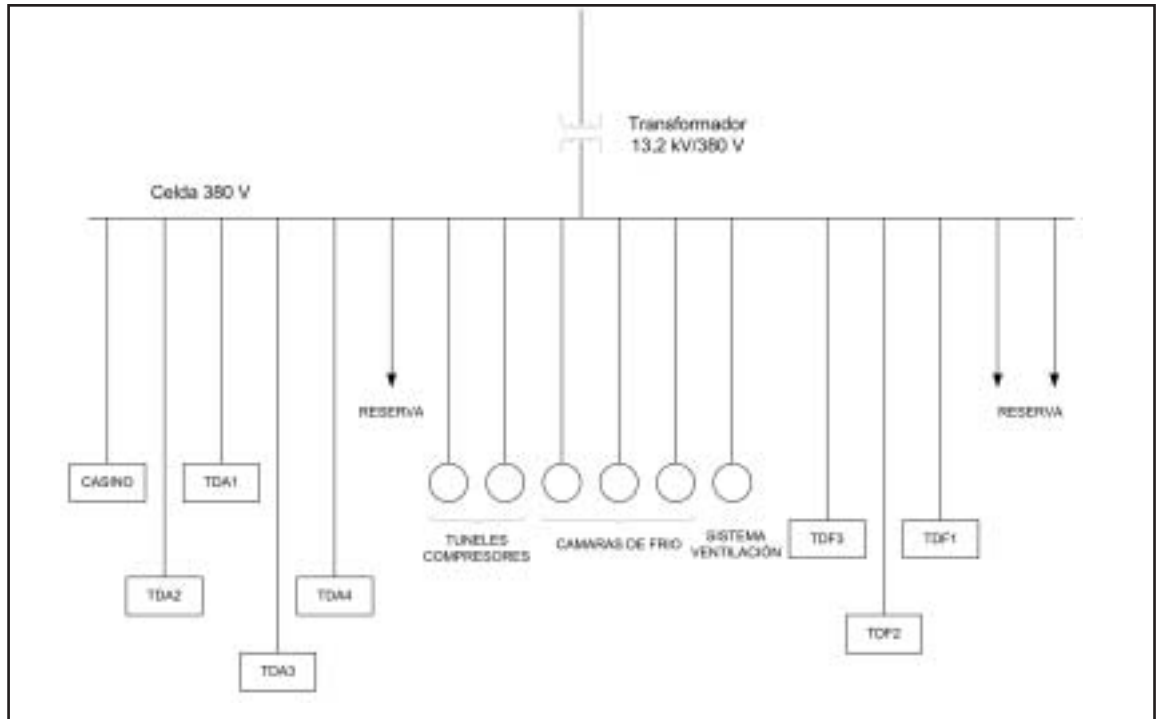


Figura 3.1. Esquema de planta faneadora y procesadora de alimentos.

Alimentador para el Tablero de Alumbrado

Corriente Nominal para el alimentador:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{24 \cdot 610}{\sqrt{3} \cdot 380} = 37,4 \text{ A}$$

Por lo tanto, la corriente para la protección es:

$$I_{sc} = I_n \times 1,25 = 46,7 \text{ A}$$

PROTECCIÓN PARA EL ALIMENTADOR TABLERO T.D.A 1

La protección adecuada para el alimentador es un interruptor trifásico de 50 A, es decir, 3 x 50 A.

SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA EL ALIMENTADOR T.D.A. 1

Para esta aplicación industrial se seleccionarán conductores con aislamiento XTU, diseñados para una temperatura máxima de servicio de 90°C y una tensión de 600 V.

Las capacidades máximas de corriente se enseñan en la Tabla 3.3.

Se asume que para el desarrollo de este ejercicio se utilizaran cables en ducto y una temperatura ambiente de 20°C, es decir, se emplean los valores correspondientes a la columna 3.

SELECCIÓN DE CONDUCTORES (SECCIÓN 7.1.1.2 DE LA NCH ELÉC.4/2003)

7.1.1.2.- La sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será, por lo menos, la suficiente para servir las cargas determinadas de acuerdo a 7.2. En todo caso la sección mínima permisible será de $2,5 \text{ mm}^2$.

7.1.1.3.- La sección de los conductores de los alimentadores o subalimentadores será tal que la caída de tensión provocada por la corriente máxima que circula por ellos determinada de acuerdo a 7.2.1.1, no exceda del 3% de la tensión nominal de la alimentación, siempre que la caída de tensión total en el punto más desfavorable de la instalación no exceda del 5% de dicha tensión.

De acuerdo con lo especificado en la norma, el conductor se selecciona para la corriente I_{sc} , es decir, aquella calculada para sobrecarga. El conductor seleccionado inicialmente es 10 AWG con una sección de $5,26 \text{ mm}^2$, de acuerdo al límite indicado en la tabla anterior (columna 3). Falta verificar si la caída de tensión en el alimentador es menor que la requerida por las normas.

CALCULO DE CAÍDA DE TENSION EN EL ALIMENTADOR

Para calcular la caída de tensión en un alimentador trifásico se aplicará la siguiente fórmula:

$$V = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

Donde:

- I = Corriente por el alimentador (A)
L = Longitud del alimentador en kilómetros

- R = Resistencia del conductor por unidad de longitud (Ω/km)
X = Reactancia del conductor por unidad de longitud (Ω/km)
 ϕ = Angulo de desfase entre tensión y corriente

Por lo tanto, para el alimentador se tienen los siguientes datos:

- I = 47,4 A
L = 100 m
R = 3,343 (Ω/km)
X = 0,00 (Ω/km)
 ϕ = 0° , se considera una carga resistiva.

Por lo tanto la caída de tensión es,

$$V = \sqrt{3} \cdot 47,4 \cdot 0,1 (3,343 \cdot 1 + 0) = 27,06 \text{ V}$$

TABLA 3.3.
Capacidad máxima de corriente (sólo para instalaciones exteriores)

MEDIDA AWG MCM	SECCION NOMINAL mm2	3 CABLES EN DUCTO TEMPERATURA AMBIENTE (TIERRA) 20°C (A)	DIRECTAMENTE BAJO TIERRA 3 CABLES. TEMPERATURA AMBIENTE (TIERRA) 20°C (A)	AL AIRE LIBRE O BANDEJAS ABIERTAS TEMPERATURA AMBIENTE 40°C (A)
14	2,08	26	40	-
12	3,31	40	53	-
10	5,26	51	69	-
8	8,37	64	92	66
6	13,3	85	118	89
4	21,2	111	153	117
2	33,6	146	197	158
1	42,4	168	223	185
1/0	53,5	193	255	214
2/0	67,4	220	289	247
3/0	85	252	329	287
4/0	107,2	290	373	335
250	126,7	319	408	374
350	151,3	387	490	464
500	177,3	471	592	580
750	379,5	585	724	747
1000	506,7	670	825	879

La regulación de tensión es de 7,12%, por lo que es necesario usar un conductor de sección superior, pues la caída de tensión debe ser inferior a 3%.

Para un conductor 8 AWG,

$$V = \sqrt{3} \cdot 47,4 \cdot 0,1 (2,102 \cdot 1 + 0) = 17,02 \text{ V}$$

Lo cual significa una regulación de 4,48%, razón por la cual se debe utilizar otro conductor. Para un conductor 6 AWG,

$$V = \sqrt{3} \cdot 47,4 \cdot 0,1 (1,323 \cdot 1 + 0) = 10,71 \text{ V}$$

Una caída de tensión de 10,71 V implica una regulación de 2,82 %, lo que es permitido por la norma, pero se debe tener precaución pues la caída de tensión en los circuitos dependientes de este alimentador no debe superar 2,18 % para no superar el 5% total de regulación que exige la norma.

El circuito de servicios, es un circuito monofásico a 220 V, la corriente nominal del circuito es:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4400}{220} = 20 \text{ A}$$

La corriente para la protección por lo tanto es:

$$I_{sc} = I_n \times 1,25 = 25 \text{ A}$$

Para este nivel de corriente se puede hacer uso de un conductor 12 AWG. Como el circuito tiene una longitud de 40 m, la caída de tensión para este circuito es:

$$V = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 0,040 (5,315 \cdot 1 + 0) = 9,21 \text{ V}$$

Lo cual equivale a una regulación de 2,42%. Si se suman las regulaciones del circuito y su alimentador se tiene que se llega a un 5,24%. Por lo tanto, se recomienda cambiar la sección del alimentador para evitar que se tengan problemas similares en los demás circuitos. Por esta razón, se selecciona un conductor 4 AWG, cuya caída de tensión es:

$$V = \sqrt{3} \cdot 47,4 \cdot 0,1 (0,831 \cdot 1 + 0) = 6,73 \text{ V}$$

esta caída de tensión equivale a una regulación de 1,77 %, que es inferior a 3% y que sumada con la regulación del circuito de servicios alcanza el 4,19% cumpliendo con la normativa señalada.

Adjunto se presentan las tablas 3.4 a 3.7 donde se calculan las acometidas para los circuitos con sus respectivas protecciones, así como también el alimentador para cada tablero de alumbrado tratado en el problema. Además se presentan los correspondientes diagramas unilineales para cada caso. Todos los tableros de alumbrado se trabajan aplicando la misma metodología.

Tablero de Fuerza 1

Por tratarse de un tablero cuyas cargas representan motores y máquinas se procede de una manera distinta, ya que se deben tener en cuenta diferentes factores como:

- fc El factor de carga de la máquina
- fd Factor de dimensionamiento aplicado si la máquina no opera en régimen continuo
- Cosφ El factor de potencia de la máquina
- η Eficiencia de la máquina

Una de las cargas correspondientes al TDF1 es el motor de la sala de procesos cuya potencia mecánica es de 6,5 kW. La corriente a plena carga de la bomba es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{6500}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 12,34 \text{ A}$$

Para una buena estimación de la corriente consumida por el motor se considera un factor 0,8 equivalente al producto de la eficiencia y el factor de potencia de la máquina.

Pero si la bomba no se encuentra a un 100% de carga esta corriente debe afectarse por el factor de carga, por lo tanto si la bomba tiene un factor de carga de 0,9 su corriente nominal es:

$$I_n = I \times f_c = 12,34 \times 0,9 = 11,11 \text{ A}$$

Protección para motores de la sala de procesos

TABLA 3.4
TABLERO DE ALUMBRADO 1 (TDA 1) - OFICINAS, SERVICIOS Y BODEGA SECA

Circuito	Descripción	Potencia (W)	I nominal (A)	I protección (A)	Protección	Conductor	Acometida
1	Servicios	4,400	20.00	25.00	1 x 25	12 AWG	1F+1N+1T
2	Lavandería salas	640	2.91	3.64	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
3	Pasillos	1,120	5.09	6.36	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
4	Casinos	1,920	4.36	5.45	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
5	Casinos		4.36	5.45	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
6	Oficina Veterinario	640	2.91	3.64	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
7	Oficinas y recepción	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
8	Oficinas y recepción	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
9	Exterior edificio	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
10	Exterior edificio	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
11	Bodega	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
12	Bodega	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
13	Reserva alumbrado	1,500	0.00	0.00	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
14	Reserva alumbrado	1,500	0.00	0.00	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
15	Enchufes 10 A	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
16	Enchufes 10 A	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
17	Enchufes 10 A	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
18	Enchufes 10 A	1,500	6.82	8.52	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
19	Enchufes 15 A	2,500	11.36	14.20	1 x 16	12 AWG	1F+1N+1T
20	Enchufes 15 A	2,500	11.36	14.20	1 x 16	12 AWG	1F+1N+1T
21	Reserva enchufes	2,500	0.00	0.00	1 x 16	12 AWG	1F+1N+1T

Potencia Total (W) 34,220

Primeros 15.000 W al 100% 15,000

Resto a 50% 9,610

Potencia a estimar (W) 24,610

Cálculo de Conductor Acometida

Longitud Circuito (m) 100

Corriente (A) 46.74

Resistencia (Ω /Km) 0.831

Factor de potencia carga 1

Caída de Tensión (V) 6.73

Regulación de voltaje 1.77%

Alimentador			37.39	46.74	3 x 50	4 AWG	3F+1N
-------------	--	--	-------	-------	--------	-------	-------

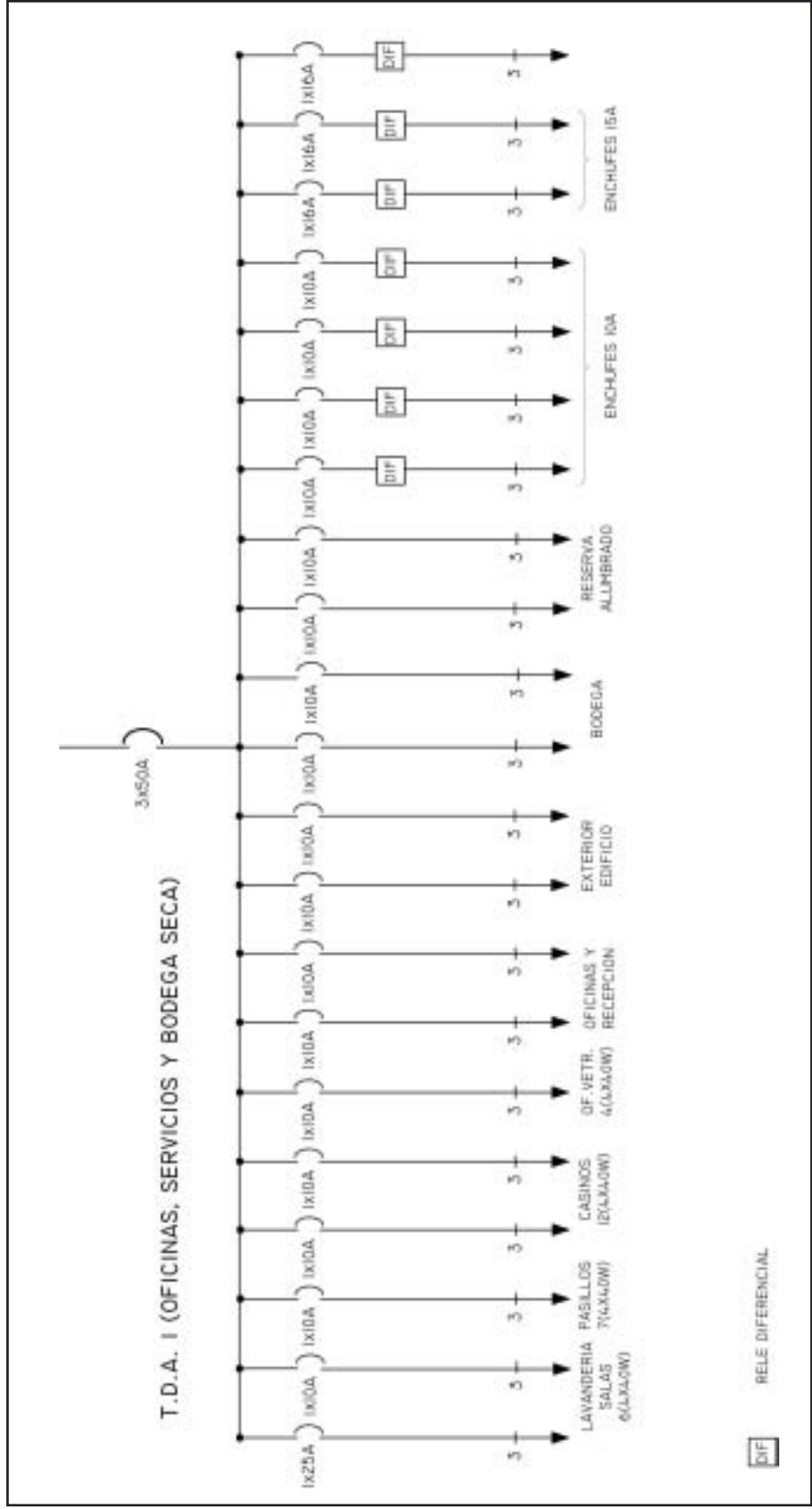


Figura 3.1. Diagrama unilineal tablero TDA1.

TABLA 3.5
TABLERO DE ALUMBRADO 2 (TDA 2) - SALAS DE FAENAMIENTO Y PROCESAMIENTO

Circuito	Descripción	Potencia (W)	I nominal (A)	I protección (A)	Protección	Conductor	Acometida
1	Salas de faenamiento	16,200	24.61	30.77	3 x 40	10 AWG	3F+1N+1T
2	Salas de faenamiento		24.61	30.77	3 x 40	10 AWG	3F+1N+1T
3	Sala No comestibles	6,600	10.03	12.53	3 x 20	12 AWG	1F+1N+1T
4	Salas Caldera Taller	2,500	3.80	4.75	3 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
5	Otras Dependencias	2,500	3.80	4.75	3 x 10	12 AWG	3F+1N+1T
6	Salas Oreo Túneles	21,200	32.21	40.26	3 x 50	10 AWG	3F+1N+1T
7	Area despacho cámara de frío	21,200	32.21	40.26	3 x 50	10 AWG	3F+1N+1T
8	Pasillos accesos	2,000	3.04	3.80	3 x 10	12 AWG	3F+1N+1T
9	Planta Refrigeración	2,240	3.40	4.25	3 x 10	12 AWG	3F+1N+1T
10	Enchufes	3,000	4.56	5.70	3 x 15	12 AWG	3F+1N+1T
11	Enchufes	3,000	4.56	5.70	3 x 15	12 AWG	3F+1N+1T

Potencia total (W) 80,440

Toda la carga al 100% 80,440

Potencia a estimar (W) 80,440

Cálculo de Conductor Acometida

Longitud Circuito (m) 20

Corriente (A) 152.77

Resistencia (Ω /Km) 0.415

Factor de potencia carga

Caída de Tensión (V) 2

Regulación de voltaje 0.58%

Alimentador			122.22	152.77	3 x 175	1 AWG	3F+1N
-------------	--	--	--------	--------	---------	-------	-------

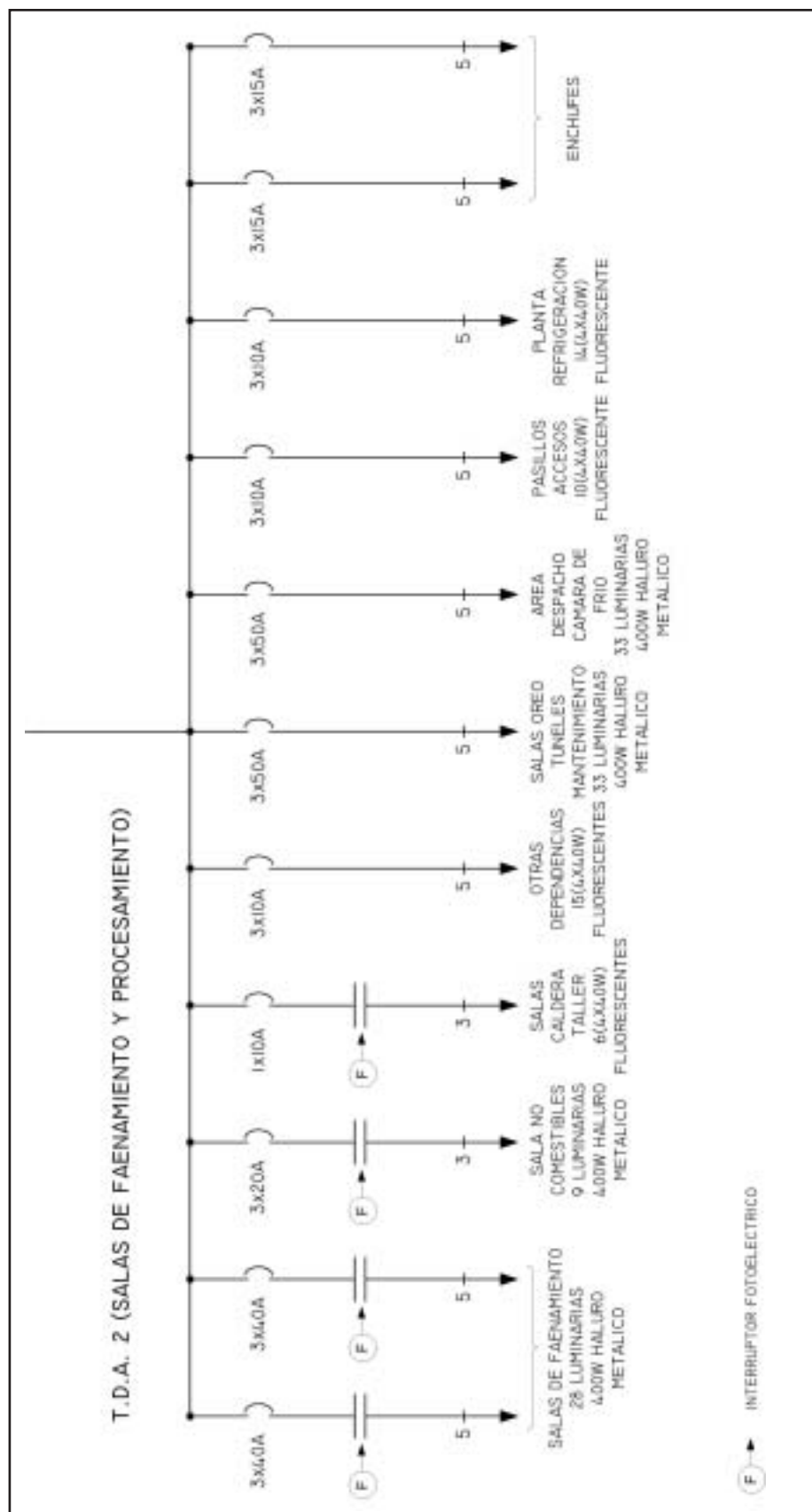


Figura 3.2. Diagrama unilineal tablero TDA2.

TABLA 3.6
TABLERO DE ALUMBRADO 3 (TDA 3) - CORRALES

Circuito	Descripción	Potencia (W)	I nominal (A)	I protección (A)	Protección	Conductor	Acometida
1	Oficinas y baños	1,000	4.55	5.68	1 x10	12 AWG	1F+1N
2	Otros	1,000	4.55	5.68	1 x 10	12 AWG	1F+1N
3	Zona lavado de camiones	2,000	9.09	11.36	1 x 15	12 AWG	1F+1N+1T
4	Reserva alumbrado	2,000	4.55	5.68	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
5	Reserva alumbrado		4.55	5.68	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
6	Enchufes	1,000	4.55	5.68	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
7	Enchufes	1,000	4.55	5.68	1 x10	12 AWG	1F+1N+1T
8	Reserva enchufes	1,000	4.55	5.68	1 x10	12 AWG	1F+1N+1T
9	Alumbrado corrales	17,600	26.74	33.43	3 x410	10 AWG	3F+1N+1T

Potencia total (W) 26,600

Toda la carga al 100% 26,600

Potencia a estimar (W) 26,600

Cálculo de Conductor Acometida

Longitud Circuito (m) 75

Corriente (A) 50.52

Resistencia (Ω /Km) 1.323

Factor de potencia carga 1

Caida de Tensión (V) 9

Regulación de voltaje 2.28%

Alimentador			40.41	50.52	3 x 60	6 AWG	3F+1N
-------------	--	--	-------	-------	--------	-------	-------

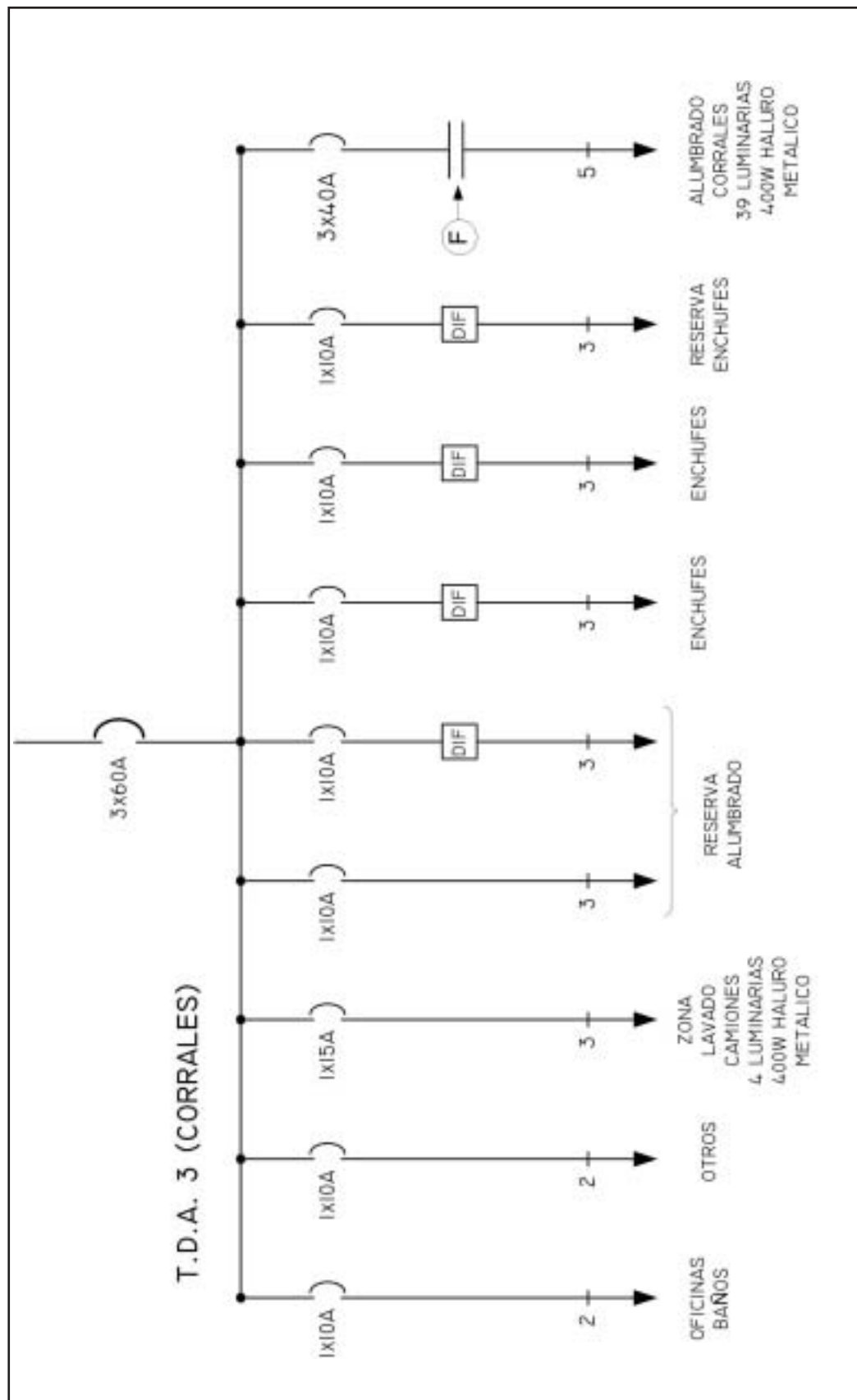


Figura 3.3. Diagrama unilineal tablero TDA3.

TABLA 3.7
TABLERO DE ALUMBRADO 4 (TDA 4) - EDIFICIO DE REPROCESAMIENTO

Circuito	Descripción	Potencia (W)	I nominal (A)	I protección (A)	Protección	Conductor	Acometida
1	Sala de reprocesamiento	6,000	9.12	11.40	3 x 15	12 AWG	3F+1N+1T
2	Salas de calderas	1,120	5.09	6.36	1 x 10	12 AWG	1F+1N+1T
3	Oficina baño	1,000	4.55	5.68	1 x 15	12 AWG	1F+1N+1T
4	Taller alumbrado	2,000	9.09	11.36	1 x 15	12 AWG	1F+1N
5	Exterior	12,000	18.23	22.79	3 x 25	12 AWG	1F+1N+1T
6	Reserva	8,000	12.15	15.19	3 x 20	12 AWG	1F+1N+1T

Potencia total (W) **30,120**

Toda la carga al 100% 30,120

Potencia a estimar (W) **30,120**

Cálculo de Conductor Acometida

Longitud Circuito (m) 90

Corriente (A) 57.20

Resistencia (Ω /Km) 0.831

Factor de potencia carga 1

Caída de Tensión (V) 7

Regulación de voltaje 1.95%

Alimentador			45.76	57.20	3 x 63	4 AWG	3F+1N
-------------	--	--	-------	-------	--------	-------	-------

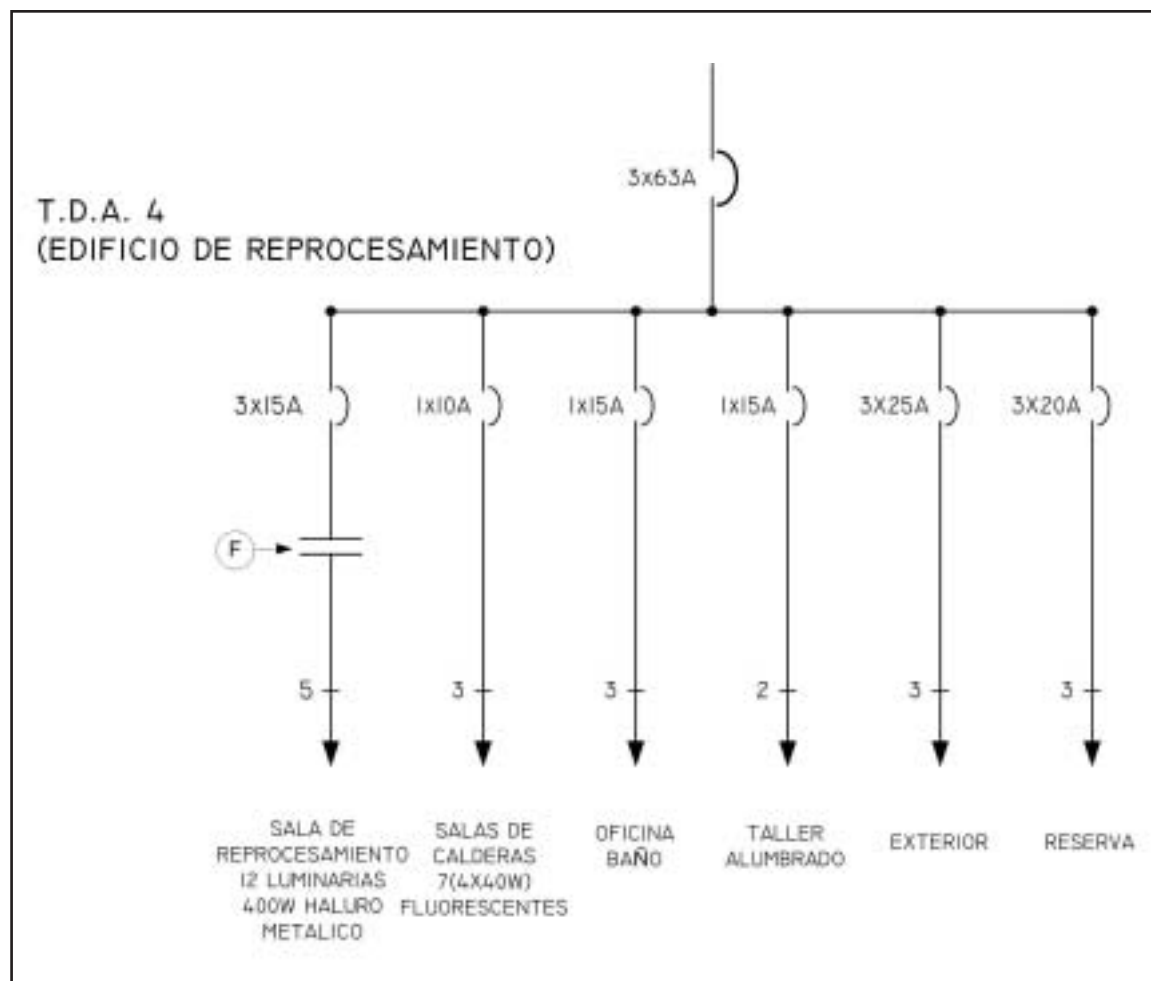


Figura 3.4. Diagrama unilineal tablero TDA4.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS (SECCIÓN 12.3.1.2 DE LA NCH ELÉC.4/2003)

12.3.1.2.- *Todo motor de régimen permanente cuya potencia sea superior a 1 HP deberá protegerse, contra las sobrecargas, mediante un dispositivo de protección que responda a la corriente del motor. Este protector tendrá una capacidad nominal o estará regulado a no más de 1,25 veces la corriente nominal del motor si se trata de motores con factor de servicio no inferior a 1,15 ó, a no más de 1,15 veces la corriente nominal del motor para todo otro caso.*

N.A.- *El factor de servicio es un coeficiente usado en los motores fabricados de acuerdo a Normas Norteamericanas y señala la sobrecarga permanente que el motor tolera. Usualmente se lo identifica en placa por las letras F.S. o S.F.*

También los motores fabricados bajo normas europeas dan estos coeficientes

Para estimar la protección debe considerarse la corriente a plena carga del motor, por lo tanto la corriente para la protección es:

$$I_{sc} = I \times 1,25 = 12,34 \times 1,25 = 15,43 \text{ A}$$

El valor normalizado inmediatamente superior para esta protección es de 3 x 30A

PROTECCIÓN DE CORTOCIRCUITO (SECCIONES 12.3.2.1 A 12.3.2.2)

12.3.2.1.- *Todo motor deberá contar con una protección de cortocircuito. Esta protección se dimensionará de modo tal que sea capaz de soportar sin operar, la corriente de partida del motor.*

12.3.2.2.- *La capacidad nominal de las protecciones de cortocircuito de un motor se dimensionará comparando la característica de la corriente de partida y el correspondiente valor durante el período de aceleración del motor o máquina, si es que el motor parte acoplado a su carga, con la curva de respuesta de la protección seleccionada de modo que ésta no opere bajo condiciones normales de partida.*

A pesar de que se fijan los parámetros a tener en cuenta para la selección del dispositivo de protección de cortocircuito, no se entregan datos concretos para el cálculo y el tipo de protección a implementar. Para

tal efecto, se introduce aquí un apartado del NEC (National Electrical Code) donde se establecen metodologías para el cálculo y selección de la protección.

430-52. Corriente máxima o de programación de los circuitos individuales de motores.

(a) **General.** *El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito ramal debe cumplir los siguientes apartados (b) y (c) o (d), según proceda.*

(b) **Todos los motores.** *El dispositivo de protección del motor contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito ramal, debe ser capaz de transportar la corriente de partida del motor.*

(c) **Corriente nominal o de disparo.**

(1) *Se debe emplear un dispositivo protector con una corriente nominal o un valor de disparo que no supere el valor calculado de acuerdo con lo establecido en la Tabla 430-152.*

Excepción N°. 1: Cuando los valores de los dispositivos de protección de los circuitos ramales contra cortocircuitos y fallas a tierra, calculados según la Tabla 430-152, no correspondan con los valores normalizados de los fusibles, interruptores automáticos no ajustables, protectores térmicos o interruptores automático ajustables, se permite utilizar el valor inmediatamente superior.

Excepción N°. 2: Cuando los valores especificados por la Tabla 430-152 modificado por la excepción No. 1, no es suficiente para la corriente de partida del motor:

a. *Se permite aumentar el valor nominal de un fusible sin retardo de tiempo que no exceda los 600 A o un fusible con retardo de tiempo del tipo Clase CC, pero que en ningún caso exceda el 400% de la corriente a plena carga.*

b. *Se permite aumentar el valor nominal de un fusible con retardo (de dos elementos), pero que en ningún caso exceda el 225% de la corriente a plena carga.*

c. *Se permite aumentar el valor nominal de un interruptor automático de tiempo inverso, pero que en ningún caso pueda superar (1) el 400% de la corriente a plena carga para corrientes de 100 A o menos o (2) el 300% de la corriente a plena carga para más de 100 A.*

d. *Se permite aumentar el valor nominal de un fusible de 601-6.000 A, pero que en ningún caso pueda superar el 300% de la corriente a plena carga.*

TABLA 430-152
Corriente máxima o ajuste de los dispositivos de protección
contra cortocircuitos y fallas a tierra de los circuitos ramales de motores

TIPO DE MOTOR	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo **	Fusible con retardo ** (de dos componentes)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tipo inverso*
Monofásico	300	175	800	250
Polifásico de c.a. sin rotor bobinado				
De jaula de ardilla: Todos menos los de Tipo E	300	175	800	250
Los de Tipo E	300	175	1100	250
Síncronos#	300	175	800	250
Con rotor bobinado	150	150	800	150
De c.a. (tensión constante)		150	150	250 150

Para las excepciones a los valores especificados, véanse los Artículos 430-52 a 430-54.

* Los valores de la última columna también cubren las corrientes de los interruptores automáticos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse según el Artículo 430-52.

** Los valores de esta columna son para fusibles de Clase CC con retardo.

Los motores síncronos de bajo par y baja velocidad (normalmente 450 rpm o menos), tales como los utilizados con compresores recíprocos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que la corriente de los fusibles o interruptores automáticos sea mayor del 200% de la corriente a plena carga.

Se desea utilizar como dispositivo de protección un interruptor automático, con una intensidad nominal de disparo de ocho veces la corriente nominal en régimen permanente del motor, por lo tanto:

$$I \text{ protección} = I_n \text{ motor} \times 8 = 88,9 \text{ A}$$

Nota: la corriente de corto circuito es aquella que se produce, en este caso, en bornes del motor o en algún punto del circuito, cuando hay contacto ente fases o entre una fase y tierra , pudiendo ésta alcanzar valores mucho mayores de los 88,9 A establecidos anteriormente dependiendo de la impedancia que exista hasta el punto de contacto. Es esta corriente la que se debe limitar mediante la operación de este dispositivo de protección y ella se establece en este caso como de 8 veces la corriente nominal del motor, pero en rigor no es la corriente de cortocircuito, sino que es el valor nominal de corriente que corresponde a la “protección de cortocircuito”.

El valor normalizado inmediatamente superior para esta protección es 100 A

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES (SECCIONES 12.2.2 A 12.2.3 DE LA NCH ELÉC.4/2003)

12.2.2.- *La sección de los conductores que alimenten a un motor de régimen permanente será tal que asegurar una capacidad de*

transporte, por lo menos, igual a 1,25 veces la corriente de plena carga del motor.

12.2.3.- *La sección de los conductores que alimenten a un motor, sea éste de régimen periódico, intermitente o de breve duración, será tal que asegure una capacidad de transporte como mínimo igual a la corriente de plena carga afectada por un factor determinado de acuerdo a la tabla N° 12.28.*

Por lo tanto tratándose de un motor de régimen permanente la corriente para el conductor corresponde a la nominal a plena carga multiplicada por 1,25.

$$I \text{ conductor} = I \times 1,25 = 15,43 \text{ A}$$

Se selecciona un conductor 12 AWG y se procede a estimar su regulación de tensión de acuerdo como se especificó con las cargas de alumbrado. Por lo tanto, la regulación correspondiente a este conductor es,

$$V = \sqrt{3} \cdot 15,43 \cdot 0,08(5,315 \cdot 0,85 + 0) = 9,66 \text{ V}$$

Lo cual equivale a una regulación de 2,54%. El conductor se encuentra en la norma y es el indicado para el circuito.

En la tabla 3.7 se ilustran los resultados obtenidos para todas las cargas pertenecientes al tablero de fuerza 1 (TDF1)

TABLA N° 12.28
Factores de Dimensionamiento de Alimentación a Motores de Régimen No Permanente

Tipo de Régimen	Período de Funcionamiento			
	5 minutos	15 minutos	30 – 60 minutos	Más de 60 minutos
Breve duración (operación de válvulas odescenso de rodillos y otros similares)	1,1	1,2	1,5	
Intermitentes (ascensores, montacargas, máquinas herramientas, bombas, puentes levadizos, tornamesas, etc.)	0,85	0,85	0,9	1,4
Periódicos (rodillos, laminadores, etc.)	0,85	0,9	0,95	1,4
Variables	1,1	1,2	1,5	2

Nota: En la norma NCh Eléc. 4/84 esta tabla corresponde a la número 12.26

TABLA 3.7. DESCRIPCIÓN DE CARGAS TDF1

DESCRIPCIÓN	P (kW)	fc	fd	In (A)	I sc (A)	Protección sobrecarga	I cc* (A)	Protección cortocircuito	L(m)	Conductor	R (Ω /km)	Regulación (%)
Sistema acondicionado	2,00	0,70	0,85	2,66	4,75	3 x 10	21,3	3 x 32	20,0	12 AWG	5,315	0,20%
Bombas agitador	8,00	0,70	0,85	10,64	18,99	3 x 32	85,1	3 x 125	50,0	10 AWG	3,343	1,23%
Bombas agua sala calderas	7,00	0,70	0,85	9,31	16,62	3 x 32	74,4	3 x 110	20,0	10 AWG	3,343	0,43%
Bombas agua sala calderas	7,00	0,70	0,85	9,31	16,62	3 x 32	74,4	3 x 110	15,0	10 AWG	3,343	0,32%
Bombas agua sala calderas	7,00	0,70	0,85	9,31	16,62	3 x 32	74,4	3 x 110	30,0	10 AWG	3,343	0,65%
Tornillo sin fin	6,50	0,70	0,85	8,64	15,43	3 x 32	69,1	3 x 100	45,0	10 AWG	3,343	0,90%
Sala de subproductos	7,00	1,00	1,00	13,29	16,62	3 x 32	106,4	3 x 110	60,0	10 AWG	3,343	1,29%
Sala de procesos	4,15	1,00	1,00	7,88	9,85	3 x 15	63,1	3 x 70	75,0	12 AWG	5,315	1,52%
Sala de procesos	6,50	0,90	1,00	11,11	15,43	3 x 20	88,9	3 x 100	80,0	12 AWG	5,315	2,54%
Sala de procesos	4,20	1,00	1,00	7,98	9,97	3 x 15	63,8	3 x 70	35,0	12 AWG	5,315	0,72%
Reservas	5,00	-	1,00	0,00		3 x 15						
Reservas	5,00	-	1,00	0,00		3 x 15						
Enchufes, sala de procesos	5,00	1,00	0,85	9,50	11,87	3 x 15	76,0	3 x 80	4,0	12 AWG	5,315	0,10%

* Se usa para representar la corriente calculada para accionar la protección de corto circuito, pues no corresponde a la corriente de cortocircuito teórica del motor

ALIMENTADOR TDF1

Dimensionamiento de conductores (sección 12.2.6)

12.2.6.- *En grupos de motores en que existan motores de régimen permanente, periódico, intermitente y/o de breve duración, la sección de los conductores que alimentan al grupo deberá permitir una capacidad de transporte para una corriente que se determina como sigue:*

- *La suma de las corrientes de plena carga de los motores de régimen permanente, más*
- *La suma de las corrientes de plena carga de los motores de régimen no permanente, afectada por el factor que corresponda, determinado de acuerdo a la tabla N° 12.28, más*
- *0,25 veces la corriente de plena carga del motor de mayor potencia afectada por el factor correspondiente de acuerdo a la tabla N° 12.26 si el motor no es de régimen permanente.*

Por lo tanto,

$$I = 13,29 + 7,88 + 11,11 + 7,98 + 2,66 \times 0,85 + 10,64 \times 0,85 + 3 (9,31 \times 0,85) + 8,64 \times 0,85 + 9,5 \times 0,85 + 13,29 \times 0,25 = 92,9 \text{ A}$$

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DEL ALIMENTADOR:

De acuerdo a la capacidad de corriente necesaria para el alimentador, se selecciona un conductor 2 AWG cuya regulación es de 1,88%.

Para los demás tableros de fuerza la metodología de trabajo es la misma, adjunto se observa a las tablas 3.8 a 3.11 con el desarrollo de los tableros de fuerza restantes y sus respectivos diagramas unilineales. De igual manera también se añade el desarrollo de la celda principal a 380 V.

CÁLCULO DE TRANSFORMADOR

Si se observa la tabla correspondiente a la celda principal a 380 V, la corriente para toda la planta es de aproximadamente 1000 A. Por lo tanto la potencia aproximada del transformador es:

$$P = \sqrt{3} \times 1000 \times 380 = 650 \text{ kVA}$$

La corriente del primario lado del transformador es 28,5 A

TABLA 3.8 TABLERO DE FUERZA 1 (TDF 1) - SALAS DE FAENAMIENTO Y PROCESAMIENTO

Circuito	Descripción	Potencia (kW)	fc	fd	In (A)	I sc (A)	Protección sobrecarga	I cc * (A)	Protección cortocircuito	L(m)	Conductor (Ω/km)	R (%)	Regulación	Acometida
1	Sistema acondicionado	2.00	0.70	0.85	2.66	4.75	3 x 10	21.3	3 x 32	20.0	12 AWG	5.315	0.20%	3F
2	Bombas agitador	8.00	0.70	0.85	10.64	18.99	3 x 32	85.1	3 x 125	50.0	10 AWG	3.343	1.23%	3F+1T
3	Bombas agua sala calderas	7.00	0.70	0.85	9.31	16.62	3 x 32	74.4	3 x 110	30.0	12 AWG	5.315	1.03%	3F+1N+1T
4	Bombas agua sala calderas	7.00	0.70	0.85	9.31	16.62	3 x 32	74.4	3 x 110	15.0	12 AWG	5.315	0.51%	3F+1N+1T
5	Bombas agua sala calderas	7.00	0.70	0.85	9.31	16.62	3 x 32	74.4	3 x 110	30.0	12 AWG	5.315	1.03%	3F+1N+1T
6	Tornillo sin fin	6.50	0.70	0.85	8.64	15.43	3 x 32	69.1	3 x 100	45.0	10 AWG	3.343	0.90%	3F+1N+1T
7	Sala de subproductos	7.00	1.00	1.00	13.29	16.62	3 x 32	106.4	3 x 110	60.0	10 AWG	3.343	1.29%	3F+1N+1T
8	Sala de procesos	4.15	1.00	1.00	7.88	9.85	3 x 15	63.1	3 x 70	75.0	12 AWG	5.315	1.52%	3F+1N+1T
9	Sala de procesos	6.50	0.90	1.00	11.11	15.43	3 x 20	88.9	3 x 100	80.0	12 AWG	5.315	2.54%	3F+1N+1T
10	Sala de procesos	4.20	1.0	1.00	7.98	9.97	3 x 15	63.8	3 x 70	35.0	12 AWG	5.315	0.72%	3F+1N+1T
11	Reservas	5.00	-	1.00	0.00	3 x 15								
12	Reservas	5.00	-	1.00	0.00	3 x 15								
11	Enchufes, sala de procesos	5.00	1.00	0.85	9.50	11.87	3 x 15	76.0	3 x 80	4.0	12 AWG	5.315	0.10%	3F+1N+1T
Alimentador	Corriente alimentador (A)					92.97	3 x 100			100.0	2 AWG	0.523	1.88%	3F+1N

POTENCIA TOTAL (kW) 74.35

* Se usa para representar la corriente calculada para accionar la protección de cortocircuito, pues no corresponde a la corriente de cortocircuito teórica del motor.

TABLA 3.9 TABLERO DE FUERZA 2(TDF 2) - EDIFICIO DE REPROCESAMIENTO

Circuito	Descripción	Potencia (kW)	fc	fd	In (A)	I sc (A)	Protección sobrecarga	I cc * (A)	Protección cortocircuito	L(m)	Conductor (Ω/km)	R (%)	Regulación (%)	Acometida
1	Triturador	30.00	0.70	0.85	39.88	71.22	3 x 75	319.1	3x 500	20.0	6 AWG	1.323	0.73%	3F+1T
2	Digestor	30.00	0.70	0.85	39.88	71.22	3 x 75	319.1	3 x 500	50.0	6 AWG	1.323	1.83%	3F+1T
3	Molino	30.00	1.00	0.85	56.98	71.22	3 x 75	455.8	3 x 500	20.0	8 AWG	2.102	1.16%	3F+1T
4	Prensa	22.00	0.80	0.85	33.43	52.23	3 x 63	267.4	3 x 350	15.0	10 AWG	3.343	1.01%	3F+1T
5	Tronillos sin fin	7.00	0.70	0.85	9.31	16.62	3 x 20	74.4	3x 110	30.0	12 AWG	5.315	1.03%	3F+1T
6	Percolador, enfriadora	7.00	0.70	0.85	9.31	16.62	3 x 20	74.4	3x110	45.0	12 AWG	5.315	1.54%	3F+1T
7	Bombas de agua	11.00	0.70	0.85	14.62	26.11	3 x 32	117.0	3x 175	60.0	10 AWG	3.343	2.03%	3F+1T
8	Bombas de agua	11.00	0.70	0.85	14.62	26.11	3 x 32	117.0	3x 175	75.0	10 AWG	3.343	2.54%	3F+1T
9	Reservas	5.00	-	1.00	0.00	0.00	3 x 15							
10	Reservas	5.00	-	1.00	0.00	0.00	3 x 15							
Alimentador	Corriente alimentador (A)					195.29	3 x 225			20.0	2/0 AWG	0.261	0.39%	3F+1N

POTENCIA TOTAL (kW) 158.00

* Se usa para representar la corriente calculada para accionar la protección de cortocircuito, pues no corresponde a la corriente de cortocircuito teórica del motor.

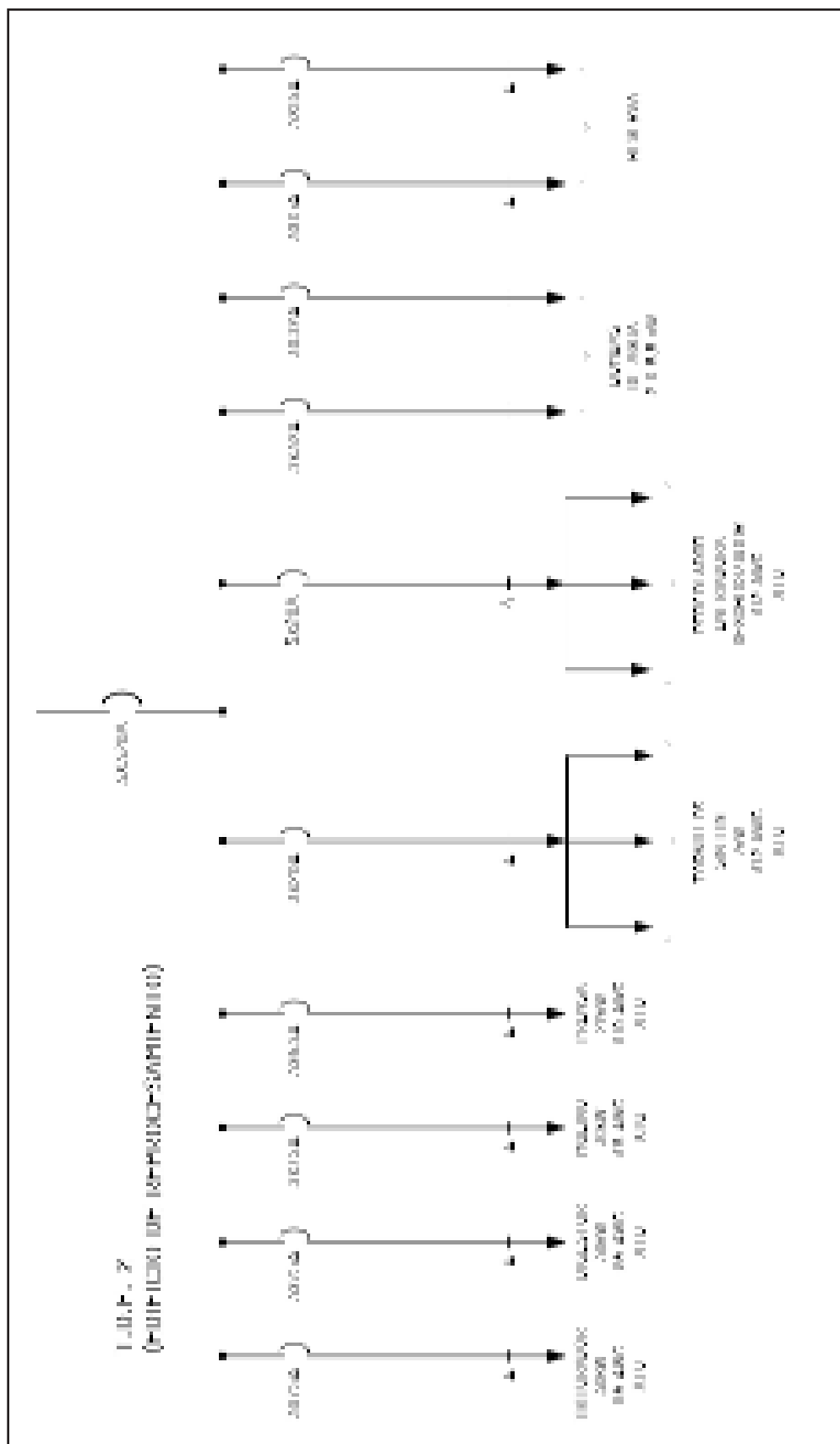


Figura 3.6. Diagrama unilineal tablero TDF2.

TABLERO DE FUERZA 3 (TDF 3) - TALLER MANTENIMIENTO

Circuito	Descripción	Potencia (kW)	fc	fd	In (A)	I sc (A)	Protección sobrecarga	I cc * (A)	Protección cortocircuito	L(m)	Conductor	R (Ω /km)	Regulación (%)	Acometida
1	Máquinas electromecánicas	25.00	0.70	0.85	33.24	59.35	3 x 60	265.9	3 x 400	40.0	8 AWG	2.102	1.93%	3F+1T
2	Máquinas electromecánicas	25.00	0.70	0.85	33.24	59.35	3 x 60	265.9	3 x 400	50.0	8 AWG	2.102	2.42%	3F+1T
3	Máquinas electromecánicas	15.00	0.70	0.85	19.94	35.61	3 x 40	159.5	3 x 250	35.0	10 AWG	3.343	1.61%	3F+1T
4	Máquinas electromecánicas	15.00	0.70	0.85	19.94	35.61	3 x 40	159.5	3 x 250	29.0	10 AWG	3.343	1.34%	3F+1T

Alimentador	Corriente alimentador (A)					97.46	3 x 125	850.8		70.0	2 AWG	0.523	1.38%	3F+1T
-------------	---------------------------	--	--	--	--	-------	---------	-------	--	------	-------	-------	-------	-------

POTENCIA TOTAL (kW) 80.00

* Se usa para representar la corriente calculada para accionar la protección de cortocircuito, pues no corresponde a la corriente de cortocircuito teórica del motor.

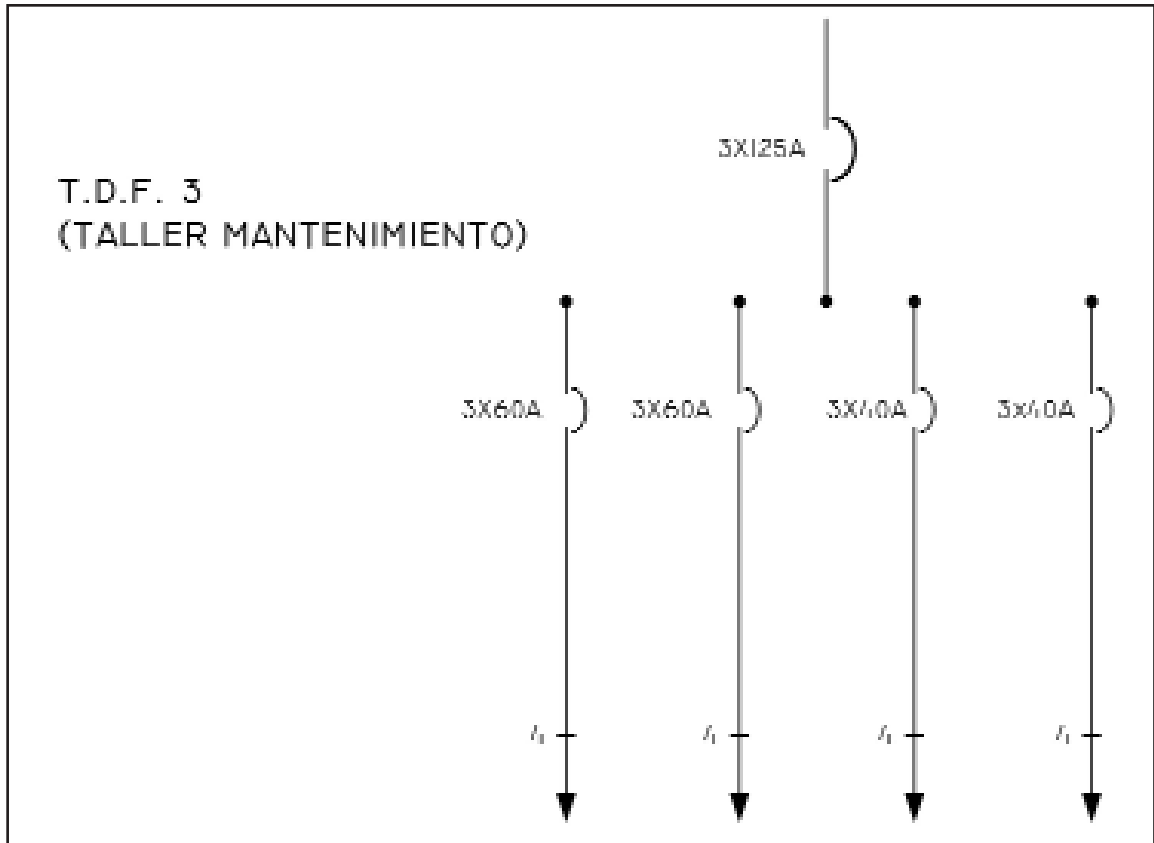


Figura 3.7. Diagrama unilineal tablero TDF3.

TABLA 3.11 CELDA 380 V

Circuito	Descripción	Potencia (kW)	fc	fd	In (A)	I se (A)	Protección sobrecarga	L(m)	Conductor	R (Ω /km)	Regulación (%)	Acometida
1	Casino personal	20.00	1.00	0.85	30.39	37.98	3 x 50	80.0	6 AWG	1.323	1.83%	3F
2	TDA 2	80.44	1.00	1.00	122.22	152.77	3 x 200	20.0	1 AWG	0.415	0.58%	3F+1T
3	TDA 1	24.61	1.00	1.00	37.39	46.74	3 x 60	100.0	4 AWG	0.831	1.77%	3F+1N+1T
4	TDA 3	26.60	1.00	1.00	40.41	50.52	3 x 60	75.0	6 AWG	1.323	2.28%	3F+1N+1T
5	TDA 4	30.12	1.00	1.00	45.76	57.20	3 x 60	90.0	4 AWG	0.831	1.95%	3F+1N+1T
6	Reserva (iluminación)	25.00	-	1.00	0.00	0.00	3 x 50					
7	Túneles compresores	90.00	0.60	0.85	102.56	213.66	3 x 225	85.0	4/0 AWG	0.164	1.15%	3F+1N+1T
8	Túneles compresores	90.00	0.60	0.85	102.56	213.66	3 x 225	90.0	4/0 AWG	0.164	1.22%	3F+1N+1T
9	Cámaras de frío	30.00	0.60	0.85	34.19	71.22	3 x 80	65.0	4 AWG	0.831	1.49%	3F+1N+1T
10	Cámaras de frío	30.00	0.60	0.85	34.19	71.22	3 x 80	70.0	4 AWG	0.831	1.61%	3F+1N+1T
11	Cámaras de frío	30.00	0.60	0.85	34.19	71.22	3 x 80	80.0	4 AWG	0.831	1.83%	3F+1N+1T
12	Sistema Ventilación	18.00	0.80	0.85	27.35	42.73	3 x 50	15.0	10 AWG	3.343	0.83%	3F+1N+1T
13	Taller Mantenimiento	80.00	1.00	1.00	97.46	97.46	3 x 125	70.0	2 AWG	0.523	1.38%	3F+1N+1T
14	TDF 2	158.00	1.00	1.00	195.29	195.29	3 x 225	20.0	2/0 AWG	0.261	0.39%	3F+1N+1T
15	TDF 1	74.35	1.00	1.00	92.97	92.97	3 x 100	100.0	2 AWG	0.523	1.88%	3F+1N+1T
16	Reserva	10.00	-	1.00	0.00	0.00	3 x 30					
17	Reserva	10.00	-	1.00	0.00	0.00	3 x 30					

Alimentador	Corriente alimentador (A)**		990.92	3 x 1000	150.0	750 MCM	0.0463	1.33%	3F+1N
-------------	-----------------------------	--	--------	----------	-------	---------	--------	-------	-------

** Se hace uso de dos conductores por fase y por neutro.

MADECO

60 años

Presente en el Desarrollo de Chile

LIDERES EN CABLES DE ALTA TENSION



MADECO

Ureta Cox 930, San Miguel, Santiago, Chile
Fono (56-2) 5201406 Fax (56-2) 5201111
e-mail: [ventas@medaco .cl](mailto:ventas@medaco.cl)

APLICACIONES Y ANÁLISIS DE CASOS

CASO N° 4. Dimensionamiento del conductor neutro en edificios comerciales

La presencia de una corriente excesiva en el neutro ocurre a medida que las terceras armónicas se suman en éste gracias a que éstas están en fase y espaciadas en 120 grados eléctricos. Por lo tanto, en el peor de los casos, la corriente rms del neutro puede ser 1.73 veces la corriente de línea, pero su frecuencia será predominantemente (pero no exclu-

sivamente) 3 veces la fundamental, o 150 Hz. Esta clase de corriente puede sobrecargar peligrosamente el neutro, las barras, o los terminales, a menos que estén especificados para una capacidad superior de corriente. Se recomienda especificar el conductor neutro, las barras, y las terminaciones, a un 200% de la corriente de línea.

En un circuito trifásico tetrapolar donde las cargas no lineales se conectan entre fase y neutro, las componentes armónicas asociadas múltiplos de la tercera se sumaran algebraicamente en el neutro. Entonces, es necesario asegurarse que el neutro y todos sus componentes estén especificados adecuadamente para que puedan soportar la corriente que este tipo de operación requiere.

Las corrientes a frecuencias diferentes de 50 Hz también poseen la capacidad de producir calenta-

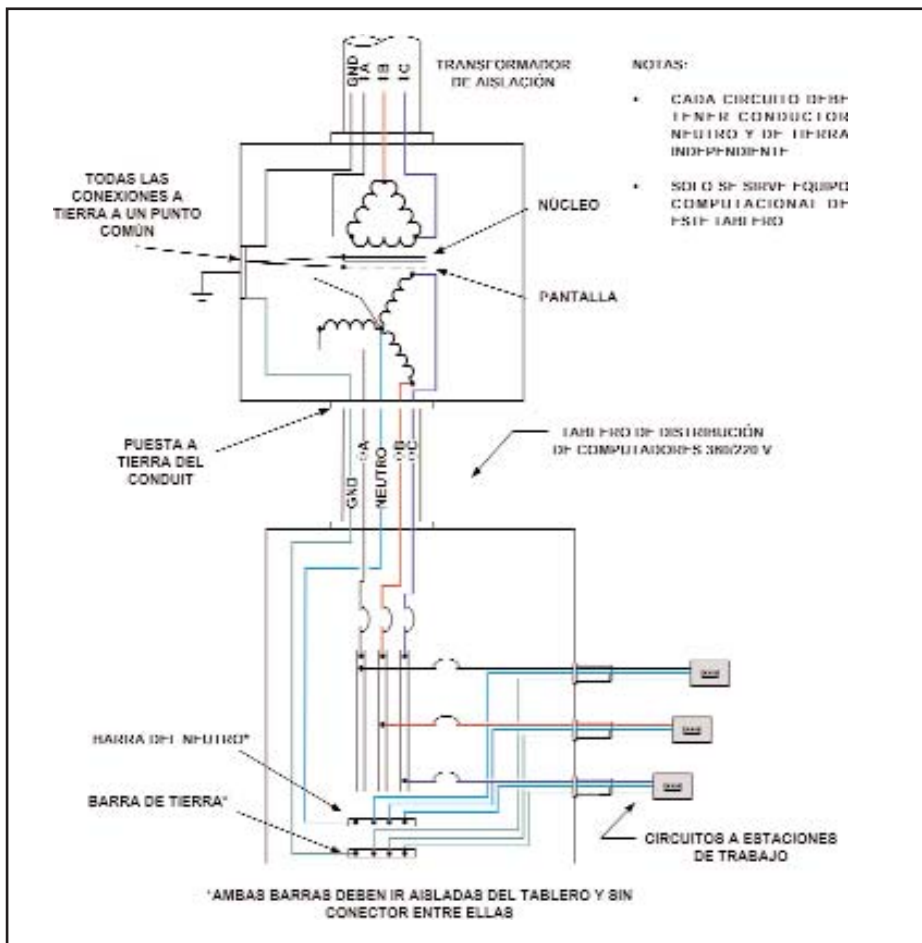


Figura 4.1 Alambrado sugerido para edificios con equipos computacionales.
Análisis de casos: El neutro en instalaciones de equipos electrónicos.
Fuente: IEEE Std. 142-1991

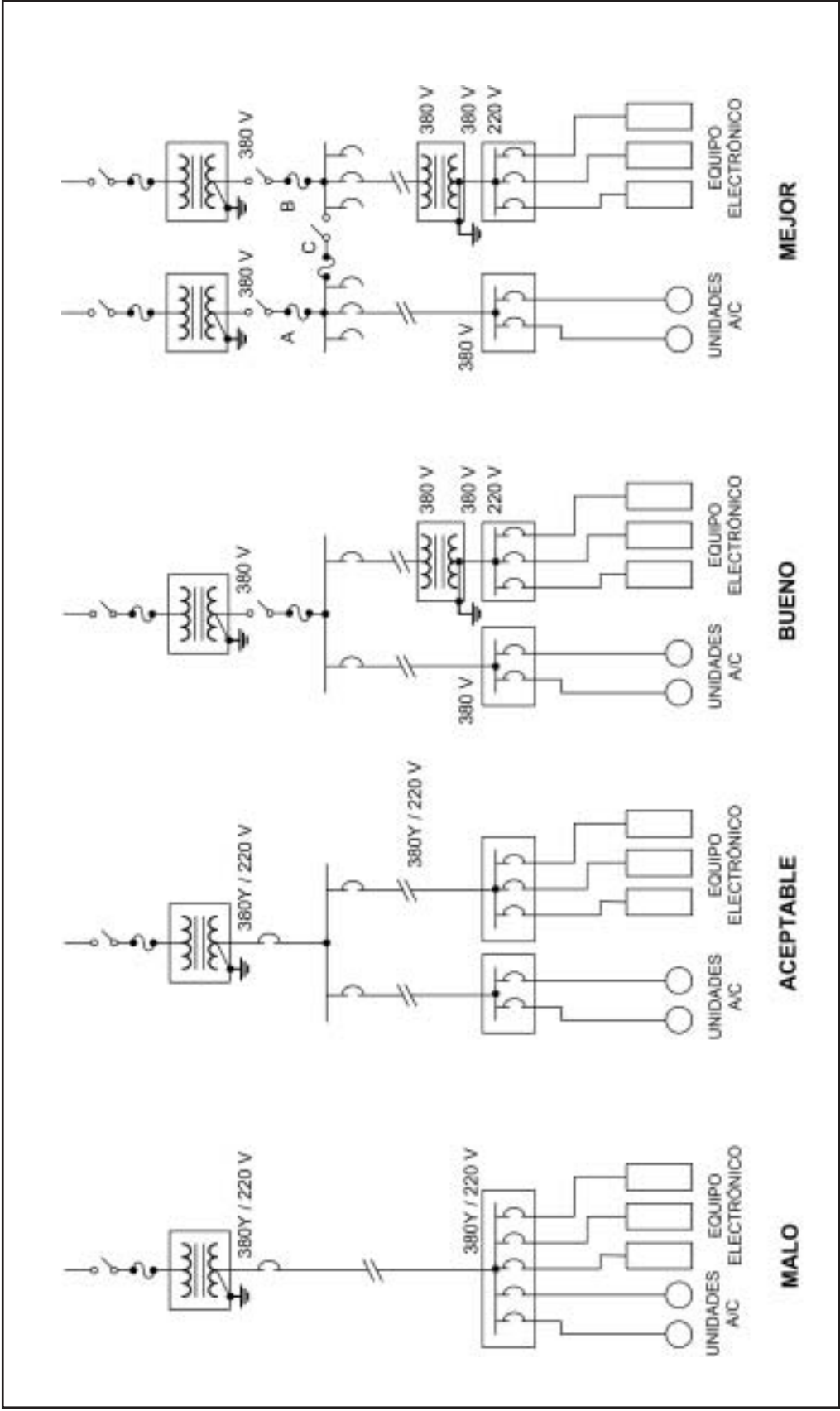


Figura 4.2 Práctica recomendada para la separación para la separación de sistemas electrónicos.
 Análisis de casos: El neutro en instalaciones de equipos electrónicos.
 Fuente: IEEE Std. 142-1991

miento en el conductor gracias al efecto de I^2R , y se sabe que han causado incendios en sistemas de cableado y en equipos en los cuales este efecto no fue tomado en consideración, puesto que los conductores y accesorios no fueron adecuadamente seleccionados. Este problema particular se presenta porque los conductores del neutro no están sujetos a las protecciones normales de sobrecorriente utilizadas en los sistemas de distribución de corriente alterna.

El efecto más común observado a la fecha es la quemadura y posterior desconexión que se presenta en el neutro en los puntos terminales, con la consecuencia que las cargas no lineales y otras pertenecientes al mismo circuito quedarán conectadas a un neutro flotante. Esta condición implica un desbalanceo de corrientes que ocasiona la circulación de una corriente de línea excesiva a través de las cargas “flotantes” dictaminada por la demanda de las cargas conectadas a las otras dos fases y el neutro. También experimentan un incremento de la tensión en sus terminales de entrada durante esta clase de eventos. Por lo tanto, el daño en las cargas involucradas es certero y puede ser muy costoso si éstas están asociadas al equipo eléctrico.

CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA

La operación confiable y apropiada de los equipos eléctricos depende de un sistema de distribución especialmente diseñado e instalado para cumplir los requerimientos de puesta a tierra y alimentación de un equipo eléctrico. El sistema de distribución debe estar también diseñado para minimizar las interrupciones en el servicio, proveer flexibilidad para el crecimiento y mantenimiento, y proveer del diseño e instalación de un sistema de distribución continuo y confiable bajo todas las condiciones. Todas las partes envueltas en la construcción e instalación del sistema deben incluir todas estas prevenciones para evitar que sucedan hechos como el anteriormente descrito. Para evitar el problema del calentamiento del neutro se recomienda proyectar circuitos dedicados para el equipo electrónico tal cual como se describen a continuación.

CIRCUITOS DEDICADOS.

La práctica recomendada para la instalación de circuitos que sirvan equipos eléctricos es instalar circuitos dedicados para éstos. Un circuito dedicado es uno que tiene un neutro separado para el circuito en mención, tiene uno o más artefactos conectados a él, y tiene un conductor de puesta a tierra que puede o no ser común a los otros circuitos. El empalme de conductores debe ser evitado hasta donde la práctica lo permita, es decir la utilización de un solo neutro para toda la instalación. El circuito dedicado debe incluir un conductor aislado de puesta a tierra de equipos y debe correr en una tubería o canaleta metálica exclusiva a ese circuito para minimizar problemas de interacción con otros circuitos, pues en la normativa nacional no se permite varios circuitos en una tubería, sólo es permitivo en canaletas o bandejas para conductores, y con ciertas restricciones. El voltaje neutro – tierra medido en la carga debe ser minimizado por medio de la instalación de fuentes derivadas (transformadores de aislación, unidades de distribución, etc.) lo más cercano posible a la carga. Por razones económicas, algunas clases similares de cargas pueden compartir circuitos si éstas son compatibles. Las estaciones de trabajo de oficinas deben estar diseñadas para que compartan un solo circuito o varios dependiendo de la cantidad de estaciones y de las jerarquías que se le impongan y otro circuito para las cargas de alto impacto como calefactores portátiles, ventiladores, impresoras láser y fotocopiadoras. Esta recomendación para los circuitos ramales de un tablero de distribución es similar a los requerimientos de los circuitos de alimentación que se muestran en la figura 4.2. Haciendo uso de las recomendaciones mostradas anteriormente, se ilustra de una manera más detallada las consideraciones necesarias para tener en cuenta en el caso que se desee instalar un sistema de distribución para computadores. Ver figura 4.1.

En la figura 4.3 se ilustra el comportamiento de las armónicas de corriente y tensión en un sistema de distribución donde se aplicaron las recomendaciones citadas anteriormente. Puede observarse que las armónicas del neutro quedan en el secundario del transformador de aislación. Es recomendable hacer un seguimiento a las formas de onda, viendo desde la que inyectan los equipos de computo hasta la que se tiene en el secundario del transformador principal

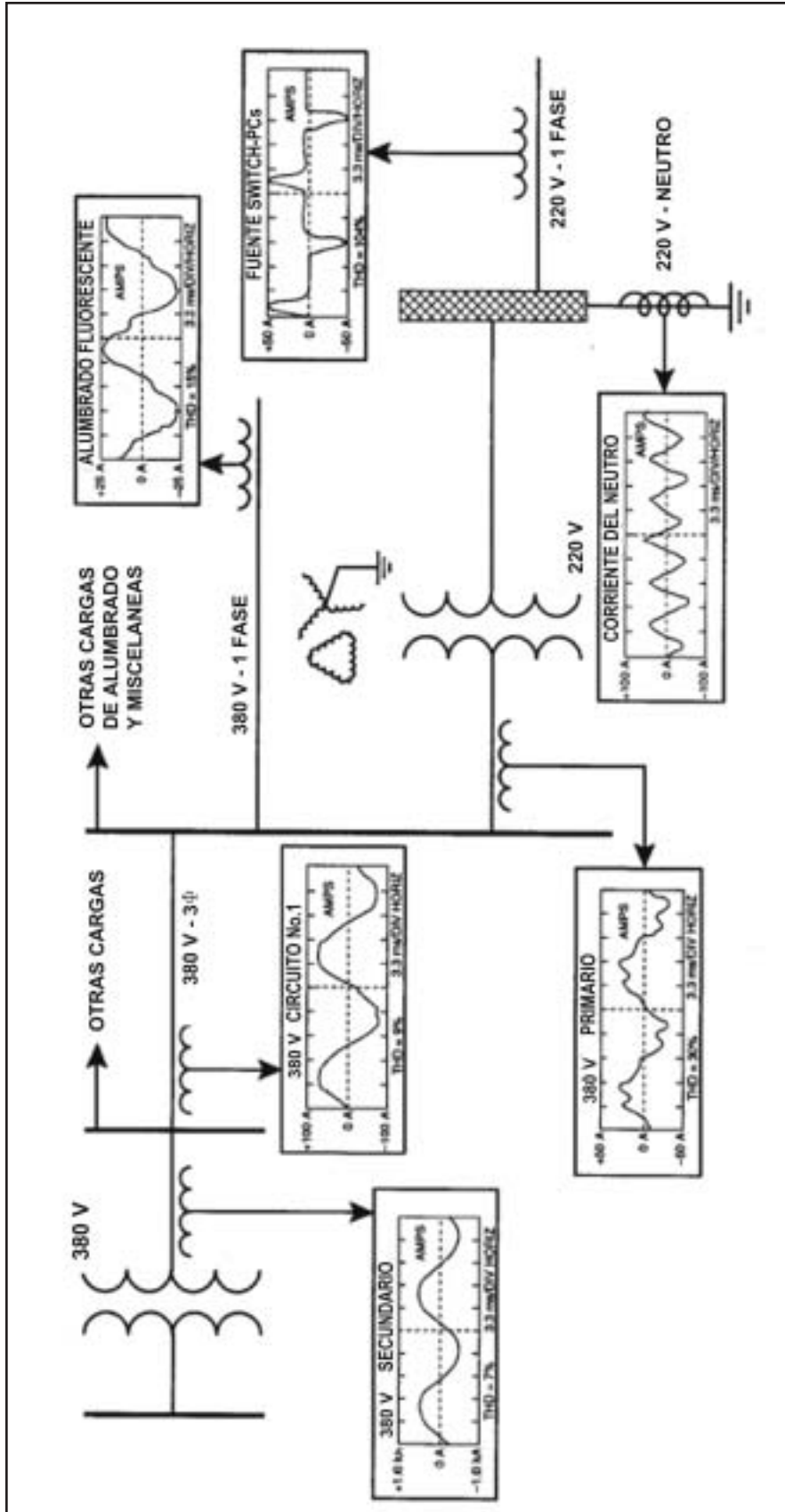


Figura 4.3 Distribución de niveles de armónicas en un sistema. Análisis de casos: El neutro en instalaciones de equipos electrónicos. Fuente: IEEE Std. 1100-1999