



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA ELECTRICA

**AREA INSTALACIONES
ELECTRICAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA

PROYECTO FINAL INSTALACIONES ELECTRICAS 2

Diseño de la instalación eléctrica de potencia de

Elevadores Mar del Plata

***Autores :
Caceres, Gustavo
Ruiz Gallo, Mauricio
Vesubio ,Gabriel***

07/12/2006



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Índice General

Capítulo 1: Descripción del funcionamiento de la planta

1.1 Introducción	6
1.2 Operatoria de la planta	6
1.3 Estimación del volumen operado	7

Capítulo 2: Descripción de aspectos eléctricos de la planta

2.1 Motores eléctricos.....	9
2.2 Centros de Potencia.....	11
2.3 Secciones.....	13
2.3.1 Plataformas de descarga.....	13
2.3.2 Bajo silos.....	13
2.3.3 Secadora.....	14
2.3.4 Acceso a galería de embarque.....	14
2.3.5 Sobre silos.....	15
2.3.6 Sala de Norias.....	15
2.3.7 Sala de Bombas.....	15
2.3.8 Galería de embarque.....	15

Capítulo 3: Consideraciones especiales sobre la instalación eléctrica

3.1 Introducción.....	17
3.2 Clasificación de ambientes de trabajo.....	17
3.3 Requerimientos de la Instalación.....	18
3.4 Disponibilidad del servicio.....	19

Capítulo 4: Selección y ubicación de subestación transformadora

4.1 Introducción.....	22
4.2 Selección de los transformadores.....	22
4.3 Características de los transformadores.....	24
4.4 Emplazamiento de los transformadores.....	24
4.5 Emplazamiento de la subestación	26
4.6 Selección de las celdas de Media Tensión.....	26
4.7 Determinación de la superficie de la subestación.....	27

Capítulo 5 : Diseño de circuitos seccionales

5.1 Introducción.....	29
5.2 Detalle de los tendidos seccionales.....	29
5.3 Acometidas al tablero principal.....	30
5.4 Acometida a tablero seccional sobre silos.....	31
5.5 Acometida a tablero seccional sala de tablero principal.....	33
5.6 Acometida a tablero seccional maquina secadora.....	33
5.7 Acometida a tablero seccional sala de Norias.....	35
5.8 Acometida a tablero seccional Plataforma de descarga	36

5.9	Acometida a tablero seccional Baio Silos.....	37
5.10	Acometida a tablero seccional sala de bombas.....	38
5.11	Acometida a tablero seccional Acceso a galería de embarque.....	40
5.12	Acometida a tablero principal galerías de embarque.....	41
5.13	Acometida a tablero secundario galería de embarque.....	42
5.14	Acometida a tablero final galería de embarque.....	43
5.15	Acometida a tableros seccionales de torres de embarque.....	44
5.16	Acometida a tablero principal de iluminación.....	45
5.16.1	Consideraciones previas.....	45
5.16.2	Acometida a tablero general de iluminación.....	45
5.16.3	Circuitos terminales de iluminación.....	47
5.16.4	Acometida a tableros seccionales de iluminación.....	47
5.17	Diseño alimentación ascensor.....	48
Capítulo 6: Calculo de los conductores de las salidas a motor		
6.1	Consideraciones previas.....	50
6.2	Cálculo de circuitos.....	51
Capítulo 7: Sistema de emergencia		
7.1	Aspectos generales para la selección del grupo.....	53
7.2	Características del generador seleccionado.....	53
7.3	Cálculo de impedancias.....	54
Capítulo 8: Calculo de cortocircuitos		
8.1	Introducción.....	55
8.2	Impedancia de los elementos del sistema.....	55
8.3	Impedancia de los elementos del circuito de iluminación.....	57
8.4	Cálculo de Corrientes de cortocircuito.....	58
8.5	Calculo Corrientes de cortocircuito circuitos de iluminación.....	58
8.6	Verificación de conductores.....	59
Capítulo 9: Selección de aparataje		
9.1	Consideraciones previas.....	61
9.2	Salidas a motor.....	61
9.3	Salidas a capacitores.....	64
9.4	Salidas de iluminación.....	65
9.5	Circuitos seccionales.....	65
9.6	Circuitos de acometida a torres de embarque.....	67
Capítulo 10: Selectividad de la protecciones		
10.1	Introducción.....	69
10.2	Protección de circuitos seccionales.....	69
10.3	Selección del interruptor principal.....	69
10.4	Selección del fusible de media tensión.....	70

10.5	Gráficos de Selectividad.....	71
10.5.1	Sala de Norias.....	71
10.5.2	Acceso a galería de embarque.....	72
10.5.3	Sobre silos.....	72
10.5.4	Extensión sobre silos.....	72
10.5.5	Plataformas.....	72
10.5.6	Bajo silo.....	72
10.5.7	Extensión bajo silo.....	73
10.5.8	Secadora.....	73
10.5.9	Extensión secadora.....	73
10.5.10	Sala de Bombas.....	73
10.5.11	Galería de embarque.....	73
10.5.12	Galería Horizontal 1° Tramo.....	73
10.5.13	Galería Horizontal 2° Tramo.....	74
10.5.14	Torres de embarque.....	74
10.6	Protección de circuitos seccionales de iluminación.....	74
10.7	Selección del interruptor protección grupo electrógeno.....	75
10.8	Gráficos de selectividad.....	76

Capitulo 11: Diseño circuitos de toma corrientes

11.1	Consideraciones previas.....	77
11.2	Detalle circuitos tomacorrientes.....	77
11.3	Protección de los circuitos.....	78

Capitulo 12: Diseño sistema de alumbrado y calculo luminotécnico

12.1	Consideraciones previas.....	80
12.2	Luminarias y lámparas.....	80
12.3	Calculo luminotécnico.....	80
12.4	Diseño de los circuitos.....	82
12.5	Compensación de energía reactiva.....	85

Capitulo 13: Compensación de energía reactiva

13.1	Consideraciones previas.....	86
13.2	Compensación en tableros seccionales.....	86
13.2.1	Compensación Tercer piso.....	86
13.2.3	Compensación sala de tableros.....	87
13.2.4	Compensación Secadora de granos.....	87
13.2.5	Compensación sala de Norias.....	87
13.2.6	Compensación plataformas de descarga.....	87
13.2.7	Compensación bajo silos.....	88
13.2.8	Compensación sala de Bombas.....	88
13.2.9	Compensación acceso a galería de embarque.....	88
13.2.10	Compensación galerías de embarque.....	88
13.3	Compensación general transformador numero 1.....	89
13.3.1	Consideraciones previas.....	89
13.3.2	Ciclos de trabajo.....	91

13.3.3	Banco de capacitores	91
13.3.4	Discusión acerca de compensación general.....	91
13.3.5	Compensación de energía reactiva del transformador.....	91
13.4	Compensación general transformador numero 2.....	93
13.4.1	Ciclos de trabajo.....	93
13.4.2	Banco de capacitores	97
13.4.3	Discusión acerca de la compensación general.....	98
13.4.4	Compensación energía reactiva transformador.....	98
13.5	Montaje de los bancos de capacitores.....	98
13.5.1	Banco capacitores transformador numero 1.....	98
13.5.2	Banco capacitores transformador numero 2.....	99
13.6	Estimación del factor de potencia en la factura de energía.....	100

Capitulo 14: Detalle del tablero principal

14.1	Consideraciones previas.....	102
14.2	Envolventes.....	102
14.3	Interruptores Principales.....	103
14.4	Acometida al interruptor principal.....	103
14.5	Embarrado principal.....	105
14.6	Seccionador para acople de barras.....	106
14.7	Transformadores de intensidad.....	106
14.8	Analizador de redes CVM-144.....	107
14.9	Regulador de energía Reactiva Varlogic R 6.....	107
14.10	Llave conmutadora red – grupo.....	107
14.11	Salida a Sala de Norias.....	108
14.12	Salida a Sala de Bombas.....	109
14.13	Salida a Primer Piso.....	110
14.14	Salida a Plataformas.....	110
14.15	Salida a galería de embarque.....	111
14.16	Salida a sala de tableros.....	112
14.17	Salidas a Tercer piso y a sótano.....	112
14.18	Salida a banco de capacitores numero 1.....	112
14.19	Salida a banco de capacitores numero 2.....	113
14.20	Salida a tablero general de iluminación.....	113
14.21	Control del tablero.....	113
14.22	Determinación de la elevación interna de temperatura.....	114

Capitulo 15: Detalle del sistema de automatización

15.1	Introducción.....	117
15.2	Control de Recepción.....	117
15.3	Control de Embarque.....	120
15.4	Protección contra sobre carga en líneas.....	121
15.5	Función de mantenimiento	122

Capitulo 16: Calculo de accionamientos

16.1	Introducción.....	122
------	-------------------	-----

16.2 Caída de tensión en el arranque.....	122
16.3 Calculo del par resistente y del momento de inercia.....	124
16.3.1 Cintas de extracción.....	124
16.3.2 Noria principal.....	128
16.4 Interpretación de los resultados	129
16.4.1 Cinta de ensilado	129
16.4.2 Noria principal.....	129
 Capitulo 17: Esquema de neutro y puesta a tierra	
17.1 Introducción.....	131
17.2 Objetivos buscados.....	131
17.3 Espacio fisico de aplicación.....	131
17.4 Calculo de resistencia de puesta a tierra.....	132
17.5 Corriente de cortocircuito monofásico.....	133
17.6 Verificación	134
17.6.1 Tensión de Paso.....	134
17.6.1 Tensión de Paso.....	134
17.6.2 Tensión de contacto.....	134
17.6.3 Gradiente en la periferia interior a la malla.....	134
17.6.4 Gradiente fuera de la malla.....	134
17.7 Materiales a utilizar.....	135
17.8.1 Esquema de neutro.....	135
17.8.2 Esquema Tierra-Tierra.....	135
17.9.1 Extensión sobre silos.....	136
17.9.2 Acceso Galería de embarque.....	137
17.9.3 Galería de embarque.....	138
17.9.4 Sala de Norias.....	138
17.9.5 Silos pasantes.....	139
17.9.6 Extensión Bajo silos.....	139
 Capitulo 18: Protección Atmosférica.....	 141
Capitulo 19: Bibliografía Consultada	142
 Anexo 1: Esquema unifilar de tableros seccionales y tablero principal	
Anexo 2: Gráficos de selectividad de protecciones salidas a motor.	
Anexo 3: Gráficos de selectividad de protecciones salidas a de iluminación	
Anexo 4: Tendidos seccionales, ubicación de motores y distribución circuitos de iluminación	
Anexo 5: Esquema topográfico del tablero principal	
Anexo 6 : Análisis de etapas de compensación	
Anexo 7: Diagramas de flujo del sistema de automatismo	
Anexo 8: Gráficos de accionamiento	
Anexo 9: Esquema funcional acople de barras	
Anexo 10: Instalación de puesta a tierra.	

CAPÍTULO 1 : DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

1.1 Introducción.

El elevador de cereales Terminal de Mar del plata, es una instalación de almacenaje y elevación de granos, ubicado en el sector portuario de la citada ciudad. Tiene capacidad para operar con cualquier tipo de cereal, siendo los productos mas frecuentemente trabajados Trigo, Maíz, Soja, y Avena. Las principales características de operación de la planta se resumen a continuación.

Capacidad de almacenaje:

- Planta de 30 Silos con 22.000 Toneladas
- Planta de 18 Entresilos 3.000 Toneladas

Maquinarias y capacidad de producción..

- 9 Cintas transportadoras, 3 de extracción, 2 de distribución, 2 de recepción y 2 de embarque.
- 4 Norias de 400 Tn/h 2 de recepción camiones, 2 de embarque
- 1 Noria de 100 Tn/h para manipuleo de secadora y movimiento intemo.
- 1 Transportador a cadena (redler) de 500 Tn/h.
- 2 Básculas automáticas electrónicas de 30 Tn/h cada una (embarque).
- 1 Báscula automática electrónica de 60 Tn/h (vagones o embarque).
- 2 Básculas automáticas electrónicas con plataforma para camiones de 80 Tn.
- 1 Sistema de aspiración de polvo y otros rechazos en todas las dependencias del elevador sobre cintas y pisos.
- 1 Central electrónica de alarma contra incendio.

1.2 Operatoria de la planta

Se describe a continuación la operatoria de la planta y las diversas tareas que se desarrollan

• **Recepción de Cereal:**

Mercadería sobre camiones, para la descarga de los mismos se cuenta con tres plataformas que realizan el vuelco del cereal sobre 3 tolvas de 60 Toneladas cada una. Desde estas tolvas el cereal es conducido por medio de dos transportadores de cadena hasta el pozo de dos norias con una capacidad máxima de elevación 400 toneladas / hora cada una de ellas, lo cual permite la descarga máxima de 120 camiones cada 8 horas, con uno o dos tipos de cereal.

El cereal es elevado hasta las tolvas ubicadas entre el quinto y el séptimo piso. Desde estas tolvas el cereal puede ser conducido hasta el silo almacenaje, para lo cual se vacían estas tolvas en las cintas transportadoras ubicadas en el sector del sobre silo, siendo transportado por estas hasta el silo donde tendrá lugar el acopio. Puede presentarse la situación de que el cereal recibido no se encuentre en condiciones de ser almacenado, siendo motivo suficientes para realizar esta determinación, exceso de humedad, presencia de cuerpos extraños, cereal dañado. En estos casos el cereal es conducido hasta los silos pasantes donde una vez terminadas las tareas de recepción es puesto en condiciones. En este caso el recorrido del cereal es similar al anterior con la variante de que es depositado en un silo especialmente reservado.

Existe además la posibilidad de que el cereal sea embarcado en forma directa desde estas tolvas, sin la necesidad de ser ensilado, en este caso el cereal es conducido por otro conducto hasta el primer piso donde es depositado al pie de las cintas de embarque. Para esta situación, y para las anteriores también en caso de ser requerido puede realizarse el pesaje del producto en forma continua por medio de las balanzas para flujo continuo ubicadas en la base de estas tolvas.

- **Embarque:**

El embarque del cereal se realiza mediante dos cintas transportadoras de capacidad máxima 400 Tn/h cada una, que reciben el cereal desde los silos de almacenaje o bien desde las plataformas de recepción. En el primer caso el cereal es extraído de los silos y por medio de tres cintas transportadoras es conducido hasta el pozo de dos norias de embarque que lo elevan hasta la tolva mencionada en el punto anterior. La operatoria para el segundo caso ya fue descrita en el punto anterior.

En cuanto a la carga del cereal en los buques, tiene lugar por medio de 8 tubos telescópicos de carga por gravedad y 3 pescantes de 21 metros largo.

- **Secado y acondicionamiento:**

Es habitual que el cereal recibido no se encuentre en condiciones de ser embarcado, o almacenado, habiéndose explicado anteriormente las causas de esto. Las instalaciones poseen una planta de secado; físicamente ubicada sobre el sector Norte de la planta de almacenaje. Las partidas de cereal no aptas se depositan en los 3 silos pasantes, los cuales están comunicados por medio de un transportador de cadena, con una máquina secadora para cereales de flujo continuo, cuya capacidad máxima de trabajo es de 100 Tn/h. Para tal fin el transportador deposita el cereal en el pozo de una noria de elevación exclusiva para la secadora que tiene una capacidad máxima de 100 Tn/h.

La función de esta máquina es calentar el cereal por medio de la incorporación de aire a alta temperatura que es impulsado por medio de dos ventiladores centrífugos desde la base de la secadora hasta la tolva de la misma. Adicionalmente posee en el extremo inferior de tolva 4 ventiladores de eje axial que funcionan en forma independiente y cuya función es extraer el aire caliente de la tolva y regular la temperatura del cereal. Cuando el producto finaliza el ciclo tiene lugar la descarga de la secadora a través de un eje basculante el cual vuelca el cereal contenido de la tolva superior en una pequeña tolva inferior que esta comunicada en forma directa con un transportador de cadenas que conduce el cereal hasta el pozo de la noria para movimiento interno, por medio de la cual el cereal es depositado en los silos o bien direccionado a las cintas de embarque.

Se dispone en forma adicional en los silos pasantes de un ventilador en cada silo que cumple la función de mantener dentro de ciertos límites la temperatura del cereal allí depositado, que tiene tendencia a elevarse en el caso de que el cereal contenga exceso de humedad.

1-3 Estimación del volumen operado

En cuanto al volumen de toneladas de cereal que pueden ser embarcadas en un año desde esta terminal, la empresa concesionaria del predio, presenta en su sitio web <http://www.elevadormardelplata.com.ar> un estudio en el cual estima la cantidad de cereal que bien podría ser embarcado desde esta terminal, sin inferir en ningún momento que esto se cumpla actualmente. Esta cantidad ronda las 750.000 Toneladas de cereal. Los parámetros considerados en el mencionado estudio son

- Producción de los partidos sobre los cuales tiene influencia esta terminal.
- Influencia de la otra terminal de embarque cercana
- Capacidad de procesamiento de cereal instalada en la zona.

CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS ELECTRICOS DE LA PLANTA

2-1: Motores eléctricos

Todas las tareas mencionadas en el capítulo anterior se desarrollan por medio de mecanismos accionados por motores eléctricos de tipo trifásicos con rotor en jaula, salvo en el caso en que se especifique otro tipo de motor. La alimentación de los mismos tiene lugar por medio de una red de BT 220/380 V. En los ambientes clasificados como peligrosos – ver capítulo 3- los motores son de diseño antiexplosivo. Mientras que en los ambientes no clasificado el diseño es estándar.

En la tabla 2.1 se detalla el total de motores que componen la planta, y sus características de catalogo que influyen en el diseño de los circuitos de alimentación de los mismos.

Código	Descripción del motor	Potencia [HP]	RPM	Corriente nominal [A]	Factor de potencia nominal	Corriente de arranque [A]
1	motor central hidráulica n° 1	50	1500	72	0.85	496.8
2	motor central hidráulica n° 2	50	1500	72	0.85	496.8
3	motor central hidráulica n° 3	50	1500	72	0.85	496.8
4	motor plataforma descarga n° 1	12.5	1500	20	0.81	138
5	motor plataforma descarga n° 2	12.5	1500	20	0.81	138
6	motor plataforma descarga n° 3	12.5	1500	20	0.81	138
7	ventilador n° 1 secadora	40	1500	59	0.85	407.1
8	ventilador n° 2 secadora	40	1500	59	0.85	377.6
9	ventilador n° 3 secadora	40	1500	59	0.85	377.6
10	ventilador n° 4 secadora	40	1500	59	0.85	377.6
11	soplador de aire secadora	7.5	1500	12	0.81	75.6
12	basculante secadora	1.5	1500	2.7	0.81	12.42
13	noria secadora	15	1000	26	0.74	124.8
14	redler descarga secadora	15	1500	23	0.84	142.6
15	redler carga secadora	15	1500	23	0.84	142.6
16	compresor válvulas plataforma	5.5	1500	8.7	0.83	52.2
17	compresor válvulas plataforma	5.5	1500	8.7	0.83	52.2
18	ventilador n°1 silos pasantes	15	3000	21	0.88	136.5
19	ventilador n°2 silos pasantes	15	3000	21	0.88	136.5
20	ventilador n°3 silos pasantes	15	3000	21	0.88	136.5
21	cinta extracción bajo silo n° 1	30	1500	44	0.84	303.6
22	cinta extracción bajo silo n° 2	30	1500	44	0.84	303.6
23	cinta recepción camiones	12.5	1500	20	0.81	138
24	Cinta recepción camiones para noria 2	25	1500	38	0.84	258.4
25	aspiración sótano	40	1500	59	0.85	377.6
26	aspiración polvos bajo silo	15	1500	23	0.84	142.6
27	aspiración del barrido de sótano	25	1500	38	0.84	258.4
28	aspiración 1° piso	15	1500	23	0.84	142.6
29	aspiración del barrido 1piso	25	1500	38	0.84	258.4
30	despuntadora de avena n° 1	75	1000	105	0.85	661.5
31	despuntadora de avena n° 2	75	1000	105	0.85	661.5
32	ventiladora de cereal (chamisquea) n° 1	15	1500	23	0.84	142.6
33	ventiladora de cereal (chamisquea) n° 2	15	1500	23	0.84	142.6

34	ventiladora de cereal (chamisquera) n° 3	15	1500	23	0.84	142.6
35	separador de discos 3° piso	7.5	1000	13.5	0.75	67.5
36	noria recepción n° 1	150	1000	206	0.86	1400.8
37	noria recepción n° 2	150	1000	206	0.86	1400.8
38	noria embarque n° 3	150	1000	206	0.86	1400.8
39	noria embarque n° 4	150	1000	206	0.86	1400.8
40	noria limpieza n° 5	30	1000	46	0.81	262.2
41	aspiración 3° piso	20	1500	30	0.84	195
42	aspiración del barrido 3° piso	40	1500	59	0.85	377.6
43	cinta sobre silos n° 1	30	1500	44	0.84	303.6
44	cinta sobre silos n° 2	30	1500	44	0.84	303.6
45	redler unión norias 1 y 2	20	1500	30	0.84	195
46	ascensor	5.5	1000	10	0.76	45
47	compresor válvulas basculas 5° piso	3	1500	5	0.82	28
48	bomba elevadora piso 7	2	3000	3.4	0.85	18.7
49	cinta inclinada embarque n° 1	60	1500	85	0.86	612
50	cinta inclinada embarque n° 2	60	1500	85	0.86	612
51	cinta horizontal n° 1 embarque 1° tramo	40	1500	59	0.85	377.6
52	cinta horizontal n° 1 embarque 2° tramo	40	1500	59	0.85	377.6
53	cinta horizontal n° 2 embarque 1° tramo	40	1500	59	0.85	377.6
54	cinta horizontal n° 2 embarque 2° tramo	40	1500	59	0.85	377.6
55	caño embarque n° 1	4	1500	6.8	0.82	38.08
56	caño embarque n° 2	4	1500	6.8	0.82	38.08
57	Caño embarque n° 3	4	1500	6.8	0.82	38.08
58	caño embarque n° 4	4	1500	6.8	0.82	38.08
59	caño embarque n° 5	4	1500	6.8	0.82	38.08
60	caño embarque n° 6	4	1500	6.8	0.82	38.08
61	caño embarque n° 7	4	1500	6.8	0.82	38.08
62	caño embarque n° 8	4	1500	6.8	0.82	38.08
63	grúa caño de embarque n° 1	10	1500	16	0.82	107.2
64	grúa caño de embarque n° 2	10	1500	16	0.82	107.2
65	grúa caño de embarque n° 3	10	1500	16	0.82	107.2
66	grúa caño de embarque n° 4	10	1500	16	0.82	107.2
67	grúa caño de embarque n° 5	10	1500	16	0.82	107.2
68	grúa caño de embarque n° 6	10	1500	16	0.82	107.2
69	grúa caño de embarque n° 7	10	1500	16	0.82	107.2
70	grúa caño de embarque n° 8	10	1500	16	0.82	107.2
71	aspiración de polvo galería de embarque	20	1500	30	0.84	195
72	aspiración de polvo galería de embarque	25	1500	38	0.84	258.4
73	bomba de incendio	100	3000	134	0.9	938
74	bomba torres secado	100	3000	134	0.9	938
75	cinta extracción bajo silo n° 3	30	1500	44	0.84	303.6

Tabla 2.1: Listado de Motores

Si se suma el total de la potencia que se consume en motores se obtiene la potencia total instalada en motores que en este caso es igual a 2325 HP. Si bien este valor sin introducir el concepto de simultaneidad, no permite determinar en forma precisa ningún aspecto de la instalación, permite inferir la importancia de la misma.

2.2 Centro de Potencia

Para el diseño de instalaciones industriales debe considerarse el centro de potencia de la misma. El centro de potencia de una instalación eléctrica es el punto del espacio para el cual en caso de que se ubique sobre él la estación transformadora; las secciones de conductor involucradas en la distribución son menores a que si se ubica la subestación en otro punto cualquiera. Se define también el centro de energía, como el punto en el cual durante la operación de la planta, las pérdidas de energía en los conductores de la instalación son menores que en el caso en que se ubique la subestación en cualquier otro punto de la planta.

En este caso la planta posee un ciclo de carga difícil de estimar y además situaciones muy definidas de trabajo que resultaría en distintos centros de energía, por lo tanto se tendrá en consideración el centro de potencia. Debe notarse que este concepto no debe representar una condición exclusiva para el montaje de la subestación, si no que deben considerarse además otros factores como por ejemplo la disponibilidad del espacio.

Para el cálculo del centro de potencia se considera el promedio ponderado de la potencia total instalada, con la distancia del receptor medida en tres ejes desde un punto de referencia. El punto de referencia elegido, es la esquina sudoeste del edificio. Los valores parciales y totales calculados se presentan en la tabla 2.2

motor	Potencia [HP]	Ponderado x	Ponderado y	Ponderado z	distancia x[M]	distancia y[M]	distancia z[M]
1	50	3712.5	1800	0	74.25	36	0
2	50	4162.5	1575	0	83.25	31.5	0
3	50	3712.5	1575	0	74.25	31.5	0
4	12.5	3712.5	450	0	74.25	36	0
5	12.5	1040.625	393.75	0	83.25	31.5	0
6	12.5	928.125	393.75	0	74.25	31.5	0
7	40	4230	1260	200	105.75	31.5	5
8	40	4140	270	200	103.5	6.75	5
9	40	4050	270	200	101.25	6.75	5
10	40	3960	270	200	99	6.75	5
11	7.5	759.375	118.125	7.5	101.25	15.75	1
12	1.5	158.625	16.875	2.25	105.75	11.25	1.5
13	15	1451.25	0	375	96.75	0	25
14	15	1215	151.875	-75	81	10.125	-5
15	15	1350	67.5	-75	90	4.5	-5
16	5.5	420.75	74.25	-27.5	76.5	13.5	-5
17	5.5	495	148.5	-38.5	90	27	-7
18	15	1350	0	45	90	0	3
19	15	1282.5	0	45	85.5	0	3
20	15	1282.5	0	45	85.5	0	3
21	30	0	480	-150	0	16	-5
22	30	0	180	-150	0	6	-5

23	12.5	1200	175	-87.5	96	14	-7
24	25	2300	100	-175	92	4	-7
25	40	3200	160	-200	80	4	-5
26	15	780	300	-75	52	20	-5
27	25	2100	325	-175	84	6.5	-7
28	15	1410	225	105	94	15	7
29	25	2350	187.5	175	94	7.5	7
30	75	6375	750	525	85	10	7
31	75	6150	750	525	82	10	7
32	15	1380	210	105	92	14	7
33	15	1275	240	105	85	16	7
34	15	1320	210	105	88	14	7
35	7.5	637.5	0	150	85	0	20
36	150	13350	2625	7200	89	17.5	48
37	150	13350	-450	7200	89	-3	48
38	150	11850	2625	7200	79	17.5	48
39	150	11850	-450	7200	79	-3	48
40	30	2370	270	1440	79	9	48
41	20	1820	410	400	91	20.5	20
42	40	3640	0	800	91	0	20
43	30	90	510	600	3	17	20
44	30	90	90	600	3	3	20
45	20	1780	180	960	89	9	48
46	5.5	495	55	319	90	10	58
47	3	234	33	99	78	11	33
48	2	180	0	84	90	0	42
49	60	4560	8520	1200	76	142	20
50	60	4560	8520	1200	76	142	20
51	40	4400	8800	800	110	220	20
52	40	3720	10880	800	93	272	20
53	40	4400	8800	800	110	220	20
54	40	3720	10880	800	93	272	20
55	4	304	210	80	76	52.5	20
56	4	316	236	80	79	59	20
57	4	336	272	80	84	68	20
58	4	372	336	80	93	84	20
59	4	380	364	80	95	91	20
60	4	404	416	80	101	104	20
61	4	416	440	80	104	110	20
62	4	440	464	80	110	116	20
63	10	760	525	200	76	52.5	20
64	10	790	590	200	79	59	20
65	10	840	680	200	84	68	20
66	10	930	840	200	93	84	20
67	10	950	910	200	95	91	20
68	10	1010	1040	200	101	104	20
69	10	1040	1100	200	104	110	20
70	10	1100	1160	200	110	116	20
71	20	1680	140	140	84	7	7
72	25	1900	1312.5	500	76	52.5	20
73	100	10100	10400	0	101	104	0

74	100	10100	10400	0	101	104	0
75	30	0	300	-150	0	10	-5
		194518.25	107560.625	44318.25	6238.25	3511.875	1025.5
		83.66	46.26	19.06			

Tabla 2.2: Centro de potencia de la planta

El centro de potencia de la planta esta ubicado a 83 metros al norte, 46 metros al este y 19 metros hacia arriba desde el punto de referencia. Esta ubicación es esperable desde un principio si se considera que la torre principal esta ubicada a partir de los 76 metros hacia el norte del punto de referencia. En cuanto al desplazamiento hacia el este es influenciado por la galería de embarque y la sala de bombas. En cuanto al desplazamiento vertical la mayor influencia es la sala de norias ubicada en el piso 8, y la galería de embarque, situada entre el primero y tercer piso.

2.3 Secciones

Tanto la operación de la planta como también la instalación eléctrica de la misma se dividen en secciones. Se detalla a continuación la operación que tiene lugar en cada una de ellas, el espacio físico que le corresponde dentro del layout de la planta, los motores que componen cada sección, y se calcula además el centro de potencia.

2.3.1 Plataformas de descarga

Esta sección está ubicada en el sector norte de la planta entre la torre de principal y el muelle de embarque. La tarea que se desarrolla es la descarga de los camiones por medio de tres plataformas hidráulicas que son accionadas por dos bombas hidráulicas cada una. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.3, en la misma se omite la distancia en el eje Z debido a que la sección se encuentra a nivel de la superficie.

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y
1	50	3712.5	1800
2	50	4162.5	1575
3	50	3712.5	1575
4	12.5	3712.5	450
5	12.5	1040.625	393.75
6	12.5	928.125	393.75
Totales	187.5	92.1	33

Tabla:2.3 : Centro de potencia plataformas descarga

2.3.2 Bajo silo

Esta sección está ubicada en el sótano de la torre principal y ocupa además la superficie bajo las plataformas de descarga; y la superficie bajo los silos de almacenaje a una profundidad de 5 metros medida desde el nivel de la superficie. En este sector se encuentran los pozos de las 5 norias elevadoras, y las tolvas donde se realiza el vuelco de la descarga de los camiones. En esta sección se encuentra también las cintas que se utilizan para extraer el cereal de los silos de almacenaje. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.4.

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y	Ponderado z
16	5.5	420.75	74.25	-27.5
17	5.5	495	148.5	-38.5
21	30	0	480	-150
22	30	0	180	-150
23	12.5	1200	175	-87.5
24	25	2300	100	-175
25	40	3200	160	-200
26	15	780	300	-75
27	25	2100	325	-175
Totales	188.5	55.6	10.3	-5.7

Tabla:2.4 : Centro de potencia bajo silo

2.3.3 Secadora

Esta sección está ubicada en el sector Norte de la planta a nivel de la superficie. En este sector se realiza la tarea del acondicionamiento del cereal. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.5, en la misma se omite la distancia en el eje Z debido a que la sección se encuentra a nivel de la superficie

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y
7	40	4230	1260
8	40	4140	270
9	40	4050	270
10	40	3960	270
11	7.5	759.375	118.125
12	1.5	158.625	16.875
13	15	1451.25	0
14	15	1215	151.875
18	15	1350	0
19	15	1282.5	0
20	15	1282.5	0
Totales	244	97.8	9.6

Tabla:2.5 : Centro de potencia secadora

2.3.4 Acceso a galería de embarque

Esta sección está ubicada en la torre principal en el nivel del primer piso. En este sector se realiza la tarea del acondicionamiento final del cereal previo al embarque. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.6.

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y	Ponderado z
28	15	1410	225	105
29	25	2350	187.5	175
30	75	6375	750	525
31	75	6150	750	525
32	15	1380	210	105
33	15	1275	240	105
34	15	1320	210	105
Totales	235	86.2	10.9	7

Tabla:2.6: Centro de potencia acceso a galería de embarque

2.3.5 : Sobre silos

Esta sección está ubicada en la torre principal en el nivel del tercer piso. En este sector se realiza la tarea de ensilado del cereal recibido. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.7.

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y	Ponderado z
35	7.5	637.5	0	150
41	20	1820	410	400
42	40	3640	0	800
43	30	90	510	600
44	30	90	90	600
Totales	127.5	49.2	7.9	20

Tabla:2.7: Centro de potencia sobre silos

2.3.6 : Sala de Norias

Esta sección está ubicada en la torre principal en el nivel del octavo piso. En este sector se encuentran los cabezales de las norias. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.8.

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y	Ponderado z
36	150	13350	2625	7200
37	150	13350	-450	7200
38	150	11850	2625	7200
39	150	11850	-450	7200
40	30	2370	270	1440
45	20	1780	180	960
Totales	650	83.9	7.3	48

Tabla:2.8: Centro de potencia sala de norias

2.3.7 : Sala de Bombas

Esta sección está ubicada en la zona del muelle de embarque y a nivel de la superficie. En este sector se encuentran dos bombas de agua, una de ellas esta destinada para actuar en caso de incendio y la otra funciona en forma intermitente para proveer de agua a la planta que en los momentos de operación presenta un consumo importante, dado que se la utiliza para pulverizar sobre las partículas en suspensión presentes en la torre de secado y que son enviadas allí por los sistemas de aspiración de todas las secciones. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.9

Motor	Potencia [HP]	Ponderado x	Ponderado y
73	100	10100	10400
74	100	10100	10400
Totales	200	101	104

Tabla:2.9: Centro de potencia sala de bombas

2.3.8 : Galería de embarque

Esta sección está ubicada en la zona del muelle de embarque y a una altura de 20 metros sobre de la superficie. En este sector se encuentran las dos cintas transportadoras de embarque y las 8 torres con los respectivos caños de embarque. El centro de potencia de la sección se muestra en la última fila de la tabla 2.10

Motor	Potencia[HP]	Ponderado x	Ponderado y	Ponderado z
49	60	4560	8520	1200
50	60	4560	8520	1200
51	40	4400	8800	800
52	40	3720	10880	800
53	40	4400	8800	800
54	40	3720	10880	800
55	4	304	210	80
56	4	316	236	80
57	4	336	272	80
58	4	372	336	80
59	4	380	364	80
60	4	404	416	80
61	4	416	440	80
62	4	440	464	80
63	10	760	525	200
64	10	790	590	200
65	10	840	680	200
66	10	930	840	200
67	10	950	910	200
68	10	1010	1040	200
69	10	1040	1100	200
70	10	1100	1160	200
71	20	1680	140	140
72	25	1900	1312.5	500
Totales	437	89.99	154.31	19.40

Tabla:2.10: Centro de potencia galería de embarque

CAPITULO 3: CONSIDERACIONES ESPECIALES SOBRE LA INSTALACIÓN ELECTRICA

3.1 Introducción

Las actividades que se desarrollan en el interior de la planta, esto incluye al movimiento y almacenaje de cereal revisten un riesgo que debe ser analizado, en función de que las partículas de cereal suspendidas en el aire, en especial del maíz presentan características explosivas.

Existen varias normas que proponen una clasificación de los ambientes según los materiales con los que se trabaja. En la republica Argentina se aplica la norma IRAM IAP A20-1. En la citada norma se define como ambiente peligroso

“ Se define zona peligrosa, como aquella en la pueden producirse deterioros en las instalaciones debido a la explosión o ignición de vapores, líquidos, gases y polvos, debido a ataques de productos químicos o a propagación del fuego, de mezclas de elementos contenidos en la atmósfera”

3.2 Clasificación de los ambientes de trabajo

Las plantas de almacenaje, pulverización y o molienda de granos quedan encuadradas como un ambiente Clase II , divisiones 1 y 2 que se definen a continuación.

Ambientes Clase II: Son aquellas zonas en las que el aire presenta polvo combustible en suspensión, en cantidades que pueden producir ignición o explosión

División I : Define locales con las siguientes características

- a) Locales donde en funcionamiento normal, habrá en forma periódica o continua polvo combustible en condiciones de producir ignición o explosión
- b) Locales donde a causa de desperfectos puedan producirse mezclas inflamables que provoquen explosión o ignición
- c) Locales donde puede existir polvo conductor de la electricidad

División II : Considera aquellos locales que en funcionamiento normal no es posible que exista polvo combustible en suspensión, pero que pueda afectar de las siguientes maneras:

- a) Que la cantidad de polvo depositado sea suficiente para impedir la disipación del calor de los equipos eléctricos
- b) Que el polvo acumulado sobre y o el interior de los equipos eléctricos pueda inflamarse debido a chispas.

Los locales que deben ser encuadrados en estas clasificaciones dentro de la planta son los siguientes

Clase II División I

- Bajo Silo
- Sobre Silo

- Acceso a galería de embarque
- Galería de embarque

Clase II División II

- Tolvas del quinto piso
- Sala de Norias

Para realizar los ensayos de admisión sobre los elementos que conforman la instalación, se han definido por la misma norma distintas mezclas atmosféricas según su peligrosidad. La categoría que corresponde a este caso es Clase II, grupo G.

3.3 Requisitos de Instalación

Los materiales que se utilicen para la construcción de instalaciones en ambientes peligrosos desde clase I hasta Clase II grupo G, deben cumplir las recomendaciones de la norma UL 886. Estos requisitos comprenden a los diferentes tipos de cajas, accesorios para cañerías, selladores, uniones y accesorios para aislamiento de conductores, etc. Para los tipos de ambientes definidos anteriormente las recomendaciones principales son

Materiales a emplear: Las cajas y accesorios se deben fabricar con materiales ferrosos, cobre, latón, bronce, aluminio, o aleaciones que contengan mas del 60 % de aluminio. Metales como zinc y magnesio no están permitidos.

Espesores : Los espesores mínimos de las paredes de las cajas y accesorios deben ser los indicados en la imagen 3.1

Dimensiones externas de las cajas		Espesores mínimos (mm)		
Longitud o diámetro	Area de las caras	Latón, bronce, Cu. fundición maleable	Fción. hierro y aluminio(*)	Chapa de acero
mm	dm ²	mm	mm	mm
560	31	2,36	3,18	1,70
760	40	2,36	3,18	2,36
1525	97	3,18	4,75	3,18
mayor de 1525	mayor de 97	4,75	6,35	4,75

(*) Incluye fundición en arena, molde en coquilla y chapa de aluminio.

Imagen 3.1: Espesores mínimos para cajas y accesorios

Uniones : Las uniones en cajas y accesorios serán del tipo metal-metal, las caras de contacto podrán tener una seguridad no mayor a 0.0064 mm, según la norma para terminación superficial ANSI B46.1

Forma de construcción de las cajas: Estarán diseñadas de forma tal que ante la presencia de vapores inflamables o explosivos dentro del aparato y estos exploten, la ignición de los mismos no hará inflamar la atmósfera circundante. En cuanto a las envolturas, estas deberán soportar con márgenes de seguridad la explosión sin ningún tipo de roturas, fisuras, ni deformaciones permanentes.

Juntas: En todos los casos deben ser de tipo metal-metal con adecuado ancho y huelgo para impedir la propagación de la llama, la envoltura de la caja no debe ser hermética, por lo tanto queda prohibido cualquier tipo de junta.

Sellado de cañería: Se debe asegurar que ante una explosión en un tablero, la misma no se propague al exterior de la instalación, ni provoque la inflamación de la atmósfera circundante. Para esto los conductos deben estar perfectamente sellados, se recomienda en tramos largos sellar la cañería cada 15 metros como máximo. Asimismo se especifica sellar todos los conductos a una distancia no mayor a 0.45 metros antes de ingresar a cajas y o gabinetes donde tengan lugar chispas o arcos eléctricos. Se recomienda además el uso de drenadores, para eliminar de los conductos y de las envolturas los líquidos producidos por condensación.

Compuesto sellador: El compuesto a emplear no debe contraerse una vez seco ni debe ser afectado por la atmósfera circundante, tampoco debe ablandarse ni agrietarse bajo condiciones normales de uso. Su punto de fusión no será inferior a 93 °C, y su espesor no será menor a 16 mm.

Mirillas de inspección: Deberán ser en forma de disco plano y contarán con una protección mecánica si su superficie excede los 50 centímetros cuadrados. Debe estar alojada en un marco que cubra ambas caras. Deberá ser capaz de soportar sin deterioro el golpe de un peso de 1.8 Kg, que caiga desde una altura de 1.8 metros y que tenga en el punto de impacto una esfera de acero de 25 milímetros cuadrados. El material de la mirilla deberá ser vidrio transparente y debe soportar la temperatura normal de funcionamiento

3.4 Disponibilidad del servicio

La energía eléctrica es la principal fuente de poder con que se abastece esta planta. La no disposición de este recurso en el total, o en alguna parte de ella provoca trastornos en cuanto a la producción y también de tipo económicos debido principalmente a dos factores.

El primero de estos factores está relacionado al tiempo de parada y a las pérdidas que puede ocasionar una detención no programada. El segundo efecto es un caso puntual de esta industria y se trata de las penalizaciones que recibe el explotador en caso de no cumplimentar con los tiempos establecidos en los contratos de carga de los buques y de descarga de los camiones.

Deben diferenciarse dos situaciones de no disponibilidad, la primera de ellas es un corte de suministro por parte de la compañía distribuidora, en dicho caso está previsto en todos los contratos de embarque que no se aplicará ningún tipo de sanción. La otra situación se refiere a no disponibilidad de energía en algún sector de la planta debido a aspectos inherentes a la misma, y que repercutan directamente sobre las actividades que se desarrollan en el sector.

Dentro de los inconvenientes ocasionados por una parada intempestiva, se presenta una situación extrema en cuanto a la puesta en servicio de la sección afectada. Se refiere a las norias elevadoras, que en caso de parada súbita se detendrán con toda su carga en el interior, con el riesgo adicional de que los accionamientos que permiten el ingreso del cereal al pozo continúen en funcionamiento, provocándose de esta forma un atoramiento del mecanismo.

Se debe considerar el efecto de que la atracción de la gravedad sobre el cereal contenido en los cangilones ocasione el retroceso de los mismos hacia el pozo. Lo cual significa un verdadero desastre,

que para ser solucionado demanda la apertura del pozo y el vaciado en forma manual del mismo. Con lo cuál el tiempo que demanda la puesta en servicio puede ser de varias horas.

Como se puede comprender esta es una situación que debe ser evitada en función de los costos que tendría para la empresa. Para reducir este efecto se provee a la noria de reductores de velocidad con mecanismo anti retroceso, que permiten el giro en un solo sentido. Adicionalmente existe un importante sistema de automatización y señalización cuyo objetivo principal es evitar paradas intempestivas de los sectores críticos de la planta. Los detalles del mismo se describen en el capítulo 15.

Otro aspecto que merece ser considerado en caso de corte general de electricidad es la iluminación de las vías de escape y el accionamiento del mecanismo de transporte vertical de personas. Para estas situaciones se ha optado por la instalación de un grupo electrógeno, cuyas características se determinan en el capítulo 7, el cuál en caso de corte general alimentará los circuitos de iluminación y del ascensor. Por este motivo el diseño de estos circuitos debe ser tal que se permita la alimentación desde las dos fuentes de energía.

En cuanto a la puesta en marcha del grupo electrógeno, se sabe por estudios estadísticos que la mayor probabilidad de falla de estos equipos esta en el sistema de arranque automático. Por tal motivo y ante lo no necesidad de contar con energía en forma interrumpida se prefiere un sistema de transferencia y arranque totalmente manual. Cabe destacar que la tecnología del grupo generador seleccionado permite el arranque de la unidad y transferencia en frío de su carga nominal.

Otro aspecto que hace a la disponibilidad de la energía es la coordinación entre receptores, aparatos de maniobras y sus protecciones y la selectividad entre estas últimas. Los fabricantes de los elementos utilizados en una instalación eléctrica, como conductores, aparatos de maniobra y de protección, etc. Definen al menos dos tipos de protección para sus productos, una en la cuál por medio de la asociación con un elemento de protección determinado se tiene que ante una falla en dicha salida el elemento a proteger puede resultar dañado en forma total o parcial. Mientras que la segunda opción de protección por medio de otro elemento distinto al primero asegura la no destrucción del elemento a proteger. La diferencia entre uno u otro criterio de diseño, radica fundamentalmente en el aumento en la disponibilidad de energía en todas las secciones de la planta.

En cuanto a la selectividad de las protecciones, siempre una instalación que es selectiva presentará mayor continuidad en el servicio que otra que no cuente con esta característica. Nuevamente existen al menos dos tipos de selectividad, una de ellas por corriente en la cuál la apertura de las distintas secciones se produce por escalones de corriente de falla. La segunda es por tiempo en la cuál la apertura de las secciones tiene lugar por escalones de tiempo. Nuevamente la elección de uno u otro método es una cuestión de diseño que debe ser evaluada en función de las características del ambiente, y de otros aspectos. Mientras que en el primer método se corre el riesgo se que la selectividad resulte parcial, en el segundo método se corre el riesgo de que los escalones de tiempo deban ser forzosamente altos para ciertas secciones, con lo cuál los esfuerzos térmicos pueden causar problemas importantes que aumenten considerablemente los tiempos de puesta en servicio, incluyendo riesgos elevados de incendio.

Otro aspecto que puede resultar importante en cuanto a la disponibilidad del servicio eléctrico, es el esquema de conexión a tierra empleado, en el cuál existe un tipo de esquema que permite una disponibilidad del servicio mayor a los otros dos sistemas mas difundidos, Los detalles de este aspecto se presentan en el capítulo 17.

Por último y tal vez el criterio mas simple para asegurar mayor disponibilidad es la redundancia. Cuando se refiere a redundancia no se fija límites sobre los objetos redundantes, estos pueden ser transformadores, generadores, conductores, motores, este criterio presenta la particularidad de que la disponibilidad aumenta junto con la redundancia. En esta instalación no será aplicado este concepto.

CAPITULO 4: SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA

4.1 Introducción

Para el abastecimiento de la potencia eléctrica necesaria para la producción serán utilizadas dos unidades, cuya potencia se determina según el siguiente razonamiento.

4.2 Selección de los transformadores

En la planta, pueden presentarse tres situaciones de trabajo las cuales requieren una demanda de potencia simultánea diferente.

- Recepción del cereal y ensilado
- Entrega del cereal almacenado
- Recepción y entrega sin ensilado

Se presentan también algunas situaciones de trabajo intermedias, que no son consideradas en función de que la mayor demanda de potencia tiene lugar en estos ciclos. Las distintas secciones de la planta deben distribuirse entre ambos transformadores.

Desde uno de los transformadores, de ahora en adelante T1, serán alimentadas las siguientes secciones

- Sala de Bombas
- Sala de Norias
- Plataforma de descarga.

Para este conjunto de cargas y para la tarea de recepción y entrega del cereal sin ensilado, que es la mas demandante en potencia se muestra el requerimiento total de corriente en las tablas 4.1 y 4.2. Los detalles de cada uno de los valores de consumo considerados se presentan en el capítulo 5.

T1 durante recepción

Corriente Activa[A]	Corriente Reactiva[A]	Sección De trabajo	
267	65.2	plataformas	
260.4	98.8	sala de bombas	
587.5	159.6	sala de norias	Factor de potencia
1114.9	319.3	1159.75	0.961

Tabla 4.1 : Transformador n° 1 durante recepción

T1 durante entrega

Corriente Activa[A]	Corriente Reactiva[A]	Sección De trabajo	
260.4	98.8	sala de bombas	
787.5	159.6	sala de norias	Factor de potencia
1047.9	254.1	1078.25	0.971

Tabla 4.2 : Transformador n° 1 durante entrega

Desde el otro transformador de ahora en adelante T2, serán alimentadas las siguientes secciones

- Secadora y silos pasantes
- Tercer piso y sobre silo
- Primer piso
- Galerías de embarque
- Sótano y bajo silo

La demanda total de corriente para estas secciones y para las tareas antes mencionadas se resume en las tablas 4.3 y 4.4. Los detalles de cada uno de los valores de consumo considerados se presentan en el capítulo 5.

T2 durante Recepción

Corriente Activa[A]	Corriente Reactiva[A]	Sección de trabajo	
364.1	131	Secadora	
23.2	26.7	Sala de tableros	
79	45	Iluminación	
190.6	102.2	Tercer piso	
144.9	87.2	Sótano	Factor de potencia
801.8	392.1	892.65	0.898

Tabla 4.3 : Transformador n° 2 durante recepción

T2 Durante entrega

Corriente Activa[A]	Corriente Reactiva[A]	Sección de trabajo	
301.3	105.71	primer piso	
162.1	96.54	bajo silo	
23.2	26.7	Sala de tableros	
79	45	Iluminación	
474.7	159.6	galerías	Factor de Potencia
1042.1	433.55	1128.7	0.923

Tabla 4.4 : Transformador n° 2 durante entrega

Se observa para el transformador número 1 una demanda máxima simultánea de corriente igual a 1160 Amperes, mientras que para el transformador número 2 la demanda máxima simultánea de corriente asciende a 1042 Amperes. Por lo tanto la potencia de los transformadores a instalar será de 1000 KVA, corriente nominal 1500 Amper. Nótese que se ha considerado como criterio de diseño el no funcionamiento en paralelo de ambos transformadores. Esto obedece principalmente a que se busca que la potencia de cortocircuito en la instalación se mantenga dentro de ciertos límites, en función de la capacidad de ruptura de los elementos de protección.- Ver capítulos 8,9,10.

Para aproximar el tiempo total de trabajo de la planta se considera la cantidad de toneladas al año que se espera resulten embarcadas desde la terminal -Ver capítulo 1- y además la capacidad máxima de recepción que son 800 Toneladas por hora. Así el tiempo que se emplearía en recepcionar este tonelaje serían 950 Horas. Si se considera un periodo diario de 12 horas de descarga. Esto indica que durante 79 días en el año se deberá recibir mercadería.

Lo mismo para el embarque en el cuál la capacidad máxima es también de 800 Toneladas por hora. En cuyo caso suponiendo que se trabaje a plena capacidad demandará otros 79 días embarcar dicho cereal. Con lo cuál la estación en cuestión podría operar unos 160 días al año. Esto sin considerar momentos en los cuales la mercadería sea entregada directamente desde la recepción. Con lo cuál esta cantidad de días de trabajo estimada se reduce.

4.3 Características de los transformadores

Las características principales de los transformadores a instalar se detallan a continuación.

- Potencia nominal : 1000 Kva 13.2 / 0.4 KV
- Corriente nominal : 1500 A
- Tensión de cortocircuito $U_z\%$: 5 %.
- Relación R / X : 0.27
- Grupo de Conexión 5/ 11
- Refrigeración interna en baño de aceite
- Peso Total del transformador : 3000 Kg
- Peso Total del aceite 700: Kg
- Rendimiento al 70 % de la carga nominal 98.5 %

4.4 Emplazamiento de los transformadores

Se deben determinar las dimensiones de la sala donde se alojará la subestación, también las celdas de media tensión necesarias para cumplir todas las funciones requeridas y por último la ventilación de la misma.

En cuanto a los transformadores, se tratan de transformadores aptos para distribución de energía, según la definición aportada por VDE 0532, parte 1. Las dimensiones de estos transformadores están reguladas por la citada norma, siendo para este modelo las dimensiones máximas permitidas en unidad de milímetros, las siguientes.

$$\text{Largo} = 2050 - \text{Ancho} = 1300 \text{ Altura} = 2450 - \text{Distancia entre ejes} = 820$$

La superficie de la sala, dependerá fundamentalmente del aumento de temperatura en su interior debido a las pérdidas de potencia del transformador. Estas pérdidas dependen del diseño de cada máquina en particular, pero para los transformadores diseñados bajo la norma citada, se presenta un límite para las pérdidas en vacío y a plena carga.

Para un transformador 1000 KVA U_{cc} 5 %, estos valores son $P_0 = 0.2 \% = 2 \text{ Kw}$. $P_k = 1.2 \% = 12 \text{ Kw}$.

La refrigeración del transformador se designa mediante cuatro letras mayúsculas, las dos primeras indican el medio refrigerante y la circulación del mismo por los arrollamientos y las restantes indican lo mismo referido al exterior. Para este caso se utilizarán transformadores refrigerados por aceite mineral con circulación natural y el medio estará refrigerado por aire con circulación natural, Siendo las siglas correspondientes ONAN.

La cabina donde estará alojada la subestación, presenta una entrada de aire por su parte inferior, que previo a ser filtrado en un filtro de malla ingresa en forma natural a la sala. En cuanto a la salida de aire, esta tendrá una sección igual al doble de la entrada de aire. El aire previo a ser expulsado es filtrado en un filtro de malla. Se impone como condición que la altura máxima de la chimenea sea de 3.5 metros. De forma tal que no afecte la obra civil realizada, cuya altura es de 5 metros.

Se debe calcular entonces, en función de las pérdidas de ambos transformadores y del valor de salto térmico que se permite, según la norma observada de 12 °K. La superficie del conducto de entrada de aire. Para ello se establece en primer término el valor de la resistencia del circuito de ventilación. En principio para la entrada de aire y luego para la salida.

Entrada de Aire. – R1-

- Aceleración : 1
- Filtro de alambre : 0.75
- Aumento de sección : 0.55
- Cambio gradual de dirección : 0.6
- Total : 2.9

Salida de Aire. –R2-

- Aceleración : 1
- Filtro de alambre : 0.75
- Codo rectangular : 1.5
- Total : 3.25

Luego para determinar la superficie del ducto de entrada de aire se aplica la expresión propuesta por la norma VDE 0100.

$$\Delta\theta^3 \times H = 13.2 \times Pw^2 / A1^2 \times (R1 + m \times R2)$$

Donde m es la relación entre las secciones del canal de entrada y de salida de aire. Luego la sección del conducto de entrada debe ser igual a **2.16 metros cuadrados**. Con lo cual se verifica la ventilación en forma natural. En la imagen 4.1 se muestra un esquema de la ventilación de la subestación.

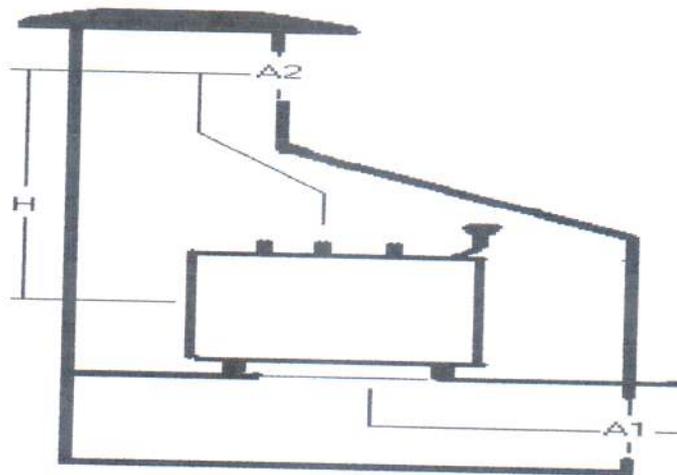


Figura: 4.1 Esquema ventilación subestación transformadora

4.5 Emplazamiento de la subestación

En cuanto a la ubicación de la subestación, y en función de los resultados obtenidos en el cálculo del centro de potencia - ver capítulo 2; se considera que la ubicación mas propicia se encuentra sobre las plataformas de descarga y elevada hasta la altura del tercer piso. No obstante esto no es posible de concretar debido a que la galería inclinada de embarque que parte desde la torre principal y a la altura del primer piso está apoyada sobre la estructura de hormigón ubicada por sobre las plataformas, con lo cuál el espacio disponible en este sector resulta bastante acotado.

Se descarta además la elevación de la subestación, en este u o en otro sitio, debido al elevado costo de una estructura que soporte el peso de la subestación mas los transformadores. Por tal motivo se considera que la ubicación mas favorablemente aplicable es un espacio vacío que se encuentra entre los silos de almacenaje y la torre principal, las dimensiones de este espacio son 18 metros largo y el ancho de la torre, estos es 23.5 metros. En cuanto a la altura está limitada por la extensión del tercer piso. Nótese que el punto de emplazamiento se encuentra a 75 metros al norte y 12 metros al este desde el punto de referencia, con lo cuál se está cerca del centro de potencia obtenido.

Esta superficie debe contener la subestación y además la sala donde se alojará el tablero principal de la planta. En el esquema 4.2 se muestra el layout de esta sección en el cuál se presentan los transformadores ubicados en el sector este de la misma y la sala de tableros en el sector oeste; esta disposición se debe a que la acometida de media tensión, ingresa desde el sector interior del puerto, es decir por el sector este de la planta.

4.6 Selección de celdas de Media Tensión

La acometida de alimentación en Media tensión, es de tipo subterránea por lo tanto la normativa exige dotar a la subestación con una celda de entrada de línea y otra de salida, se debe contar además con una celda de seccionamiento, otra celda de medición y dos celdas más donde se instalan los fusibles HH que protegen a cada transformador. Las tres primeras mencionadas quedan bajo el ámbito de la empresa distribuidora de energía, mientras que las dos celdas ultimas quedan en el ámbito de la planta.

Todas las celdas serán de tipo compactas, que presentan la característica de que el equipamiento se encuentra presurizado dentro de la envolvente con gas hexafluoruro de Azufre, SF₆. Debe considerarse para la selección de las celdas el valor de la corriente de cortocircuito en media tensión que es igual a 18 Ka. Las características principales de cada celda se detalla a continuación.

Celdas de línea:

Estas celdas poseen un interruptor de tres contactos por polo, el cuál puede cumplir tres funciones, conectado, desconectado y puesta a tierra de los cables de acometida. La maniobra se realiza por medio de una maneta, que actúa en dos ejes diferentes, debe notarse que son elementos de maniobra independientes, por lo tanto no hay restricciones sobre la velocidad en que se producen las maniobras.

Celdas de Protección con fusibles:

Existen dos tipos de celdas. Uno en el que en caso de fusión de un fusible, el transformador queda alimentado en dos fases, y otro que en el caso de fusión de un fusible, dispara el interruptor. El modelo

elegido es este ultimo, dado que un funcionamiento en dos fases de la instalación seria muy negativo dado la preponderancia de motores trifásicos dentro de la carga total de la planta. En cuanto a la tecnología de los fusibles, estos son fusibles tipo HH con percutor que en caso de fusión, expulsan este elemento, que permite liberar el mecanismo de disparo del interruptor, produciéndose de esta forma la maniobra.

En cuanto a las características constructivas de las celdas estas se resumen en la tabla 4.5

Celda	Característica	Valor
Todas	Tensión nominal	24 KV
L - S - F	Intensidad Asignada	630 Amper
L - S - F	Intensidad Corta Duración	20 KA (1s) – 16 KA(3s)
L - S - F	Aislamiento a tierra y entre fases	50 KV
L - S - F	Aislamiento a la distancia de seccionamiento	60 KV
L - S - F	Tensión de impulso resistida [A tierra o entre fases]	125 KV[Valor pico]
L - S - F	Tensión de impulso resistida [A la distancia de seccionamiento]	145 KV [Valor pico]
L - S - F	Capacidad de cierre	2.5 KA[Valor pico]
L - S - F	Capacidad de corte [Activo]	630 A
L - S - F	Capacidad de corte [inductivo]	16 A
L - S - F	Capacidad de corte [capacitivo]	31.5 A
L - S - F	Falta a tierra	63 A
F	Corriente de transferencia	600 A
F	Corriente asignada en la derivación	200 A
L - S - F	Capacidad de ruptura	20 KA
L - S - F	Numero de cierres contra cortocircuito	5

Tabla 4.5: Características celdas de media tensión

4.7 Determinación de la superficie de la subestación.

Se debe determinar la superficie total necesaria para el emplazamiento de la subestación que está compuesta por una celda de entrada con dos funciones de línea independientes, una celda de seccionamiento, una celda de medición y dos celdas de protección con fusibles, además de los dos transformadores. Debe notarse que el compartimento para las celdas que opera la distribuidora debe estar separado del que aloja el resto de la subestación. Las dimensiones que deben considerarse son las siguientes.

Dos transformadores 1000 kVA.	:2050 x 1300 x 2450
Celda dos funciones entrada	:730 x 735 x 1800
Celda seccionamiento	:480 x 850 x 1800
Celda medición	:800 x 1025 x 1800
Celda de protección con fusibles	:480 x 850 x 1800

Se reserva para la empresa distribuidora una cabina de 5 x 5 metros, en la cuál se alojan las celdas correspondientes. Mientras que para las celdas que quedan bajo la orbita de la planta se destina una cabina de 3 metros x 5 metros que está ubicada en forma continua a la anterior.

En cuanto a los transformadores estarán ubicados uno a la par del otro y si se tiene en cuenta que el ancho disponible de cabina es de 10 metros, la separación entre cada transformador y la pared es 2 metros, por lo tanto la separación entre ambos transformadores será de 3.3 metros. Luego las dimensiones de la subestación, considerando además de esto que existe una separación adicional de 2 metros entre los transformadores y la pared que comunica con la sala del tablero principal y 1.5 metros con los portones de acceso. Las dimensiones totales resultan ser. Largo = 17 metros Ancho = 5 metros Altura = 5 metros. En la imagen 4.2 se muestra el layout de la subestación y las cabinas de maniobra en media y baja tensión.

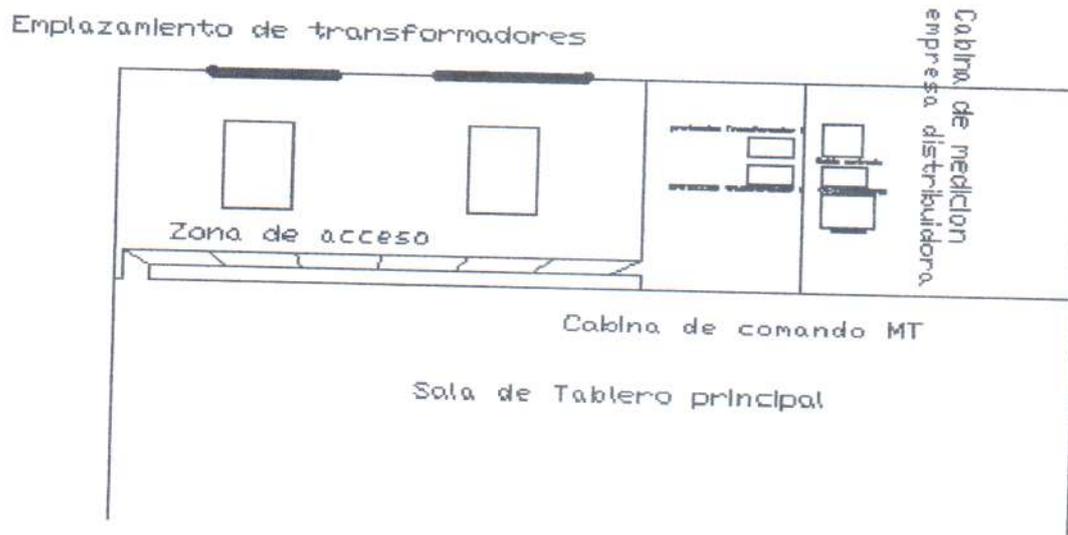


Figura: 4.2 Layout de la Subestación transformadora

CAPITULO 5 : CALCULO DE LÍNEAS SECCIONALES

5.1 Introducción.

Se Calculan en este capítulo, todos los tendidos de cable, desde el transformador y hasta cada una de las secciones. Cada conductor se calcula, en primer termino por corriente admisible, según las condiciones del tendido, se verifica luego por caída de tensión y se verifica por ultimo por esfuerzo térmico en cortocircuito, este ultimo paso en el capítulo 8.

Para la construcción de la instalación serán utilizados conductores de cobre, con aislamiento de PVC, para tendido subterráneo. Los conductores a emplear presentan la característica de no propagar llama en caso de incendio.

En cuanto a los valores de temperatura, se considera 25 °C para los tendidos al aire libre, 30 °C, para los tendidos interiores y 20 ° C para los tendidos subterráneos.

En cuanto a la disposición del tendido, esta se realiza por medio de bandejas tipo escalera con tapas, para los tendidos en ambientes no peligrosos y en caño galvanizado para los ambientes peligrosos.

5.2 Detalle de los tendidos seccionales

Todos los circuitos seccionales tienen origen en el tablero principal que está ubicado en la sala de la planta baja. Desde este sector debe acometerse hasta cada sección de trabajo. Se detalla a continuación todo lo referente a estos tendidos, disposición, distancia, etc.

Se utilizará el hueco de la escalera de la torre principal como columna montante, más precisamente el lateral oeste que es el que queda enfrenteado con la puerta del ascensor y que en ningún momento es discontinuado. En este sector, el tendido se realiza por medio de bandejas tipo escalera, con tapas. En el ingreso a cada sección, los conductores se introducen en una caja de inspección y desde allí continúa su tendido en caño galvanizado, cumpliendo además con el resto de las condiciones expuestas en el capítulo 3.

El ingreso a la torre principal, por parte del grupo de conductores, tiene lugar al nivel del primer piso. Esto se debe a que la salida de conductores desde la sala del tablero principal es hacia arriba, por lo tanto se aprovecha la altura de 5 metros de la sala. Por otro lado se evita la presencia de conductores activos en las zonas de tránsito peatonal.

Desde el tablero principal parten 8 conductores uno a cada sección y otro de iluminación. Dos de estos conductores no comparten el trayecto mencionado. Uno de ellos es la acometida a la sala de bombas y el otro es la acometida a la plataforma de descarga. Aunque dos de las secciones deben ser alimentadas con doble tema de conductores debido a la alta potencia involucrada, ellas son la galería de embarque y la sala de norias, por lo tanto se consideran 9 conductores conformando la columna montante.

Estos conductores estarán dispuestos sobre 4 bandejas tipo escalera con tapa. Por agrupamiento de conductores debe aplicarse a todos los tendidos una corrección, considerando para esto que la separación dentro de la tema es un diámetro y entre temas es igual a dos diámetros exteriores. El factor de corrección que resulta es 0.9

La distancia entre el tablero principal de la planta y el punto en el que las bandejas ingresan en la torre es de 47 metros.

Para el cálculo del ancho de las bandejas mencionadas se tiene en cuenta los diámetros exteriores en función de las secciones de cada uno de los conductores y las separaciones impuestas. En la tabla 5.0 se muestran estos valores para las cuatro bandejas.

Tendido	Sección conductor	Diámetro exterior	Separación interna	Separación externa	Ancho de bandeja
Sobre silos	3 x 1 x 150 + 1 x 70	105	82		
Acceso galería embarque	3 x 1 x 185 + 1 x 95	112	88	100	
Iluminación	3 x 70 + N	37			
Total Bandeja 1		254	170	100	524
Galería embarque	6 x 1 x 400 + 1 x 240	273	160	80	
Total bandeja 2		273	160	80	513
Sala de Norias	6 x 1 x 400 + 1 x 400	280	160	80	
Total Bandeja 3		280	160	80	520
Secadora	3 x 1 x 120 + 1 x 70	93	72		
Bajo silos	3 x 1 x 95 + 1 x 50	99	78	102	
Total bandeja 4		192	150	102	444

Tabla 5.0 ancho de bandejas tendidos seccionales

En función de los valores obtenidos se instalarán 4 bandejas tipo escalera con tapa de 600 milímetros de ancho. Nótese que la distribución de los conductores, es tal que cada bandeja porta conductores que corresponden a secciones ubicadas muy próximas físicamente. Con lo cual luego de alcanzar un determinado nivel, la ocupación en la bandeja se reduce. Ejemplo Para la bandeja 1. Luego del nivel del primer piso, la bandeja queda ocupada con un 25 % de su capacidad. En las mismas se ha reservado un espacio adicional para el tendido del conductor de protección cuya sección se determina en el capítulo 17.

5.3 Acometidas al tablero principal

Para ambos transformadores se considera que la corriente a transportar es la nominal de la máquina, por lo tanto 1500 Amper. El tendido tendrá lugar entre los bornes de salida del transformador y las barras del tablero principal. La distancia del tendido es de 15 metros. En función de la elevada corriente se prevé la instalación de una doble terna de conductores, que estarán depositados en el fondo de una trinchera de 0.7 metros de profundidad, separados a una distancia de un diámetro dentro de la terna y una distancia de 0.5 metros entre los bordes internos del primer conductor de cada terna. La separación entre las paredes de la fosa es de 0.3 metros en ambos costados, el ancho de la trinchera se calcula a una vez determinada la sección del conductor.

Se prevé además la instalación de un sistema de control de temperatura que mantenga toda la sala a una temperatura de 20 °C. Los factores de corrección que deben considerarse son los siguientes:

- Corrección por temperatura del suelo 20 °C $K = 1.29$
- Corrección por agrupamiento de dos sistemas separados 0.5 metros $K = 0.98$

Luego la sección que verifica esta condición es

6 x 1 x 400 + 1 x 150 Cu – Pvc – Capacidad máxima 1506 A

Se debe determinar el ancho de la trinchera. Para ello se tiene en cuenta que el diámetro exterior del conductor es de 37 milímetros. Con lo cuál el ancho mínimo de trinchera es de 1.6 metros. Las longitudes consideradas son.

- 7 diámetros en conductores
- 5 diámetros en separación interna
- 50 centímetros de separación entre temas
- 60 centímetros de separación entre primer conductor y pared de trinchera

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.1. Nótese que la distancia considerada para el calculo es de 17 metros, cuando se menciono una distancia real de 15 metros. El motivo de este aumento es la consideración del radio de curvatura del conductor, que para el caso de conductores unipolares es de 12 veces el diámetro exterior. Nótese además que el valor del factor de potencia de la línea considerado a los efectos del cálculo es el corregido por el banco de capacitores a plena carga.

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.0583	0.137	1500 A	17	0.98	1.86 V	0.49

Tabla 5.1: Caída de tensión líneas 1 y 2

5.4 Acometida a tablero seccional sobre silos

El tendido de esta línea se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta la caja de paso del tercer piso. A partir de este punto el tendido se realiza entubado, las distancias comprendidas son 47 metros hasta el acceso a la torre principal, 13 metros de tendido vertical por dentro de la torre y 10 metros de tendido entubado dentro del área peligrosa.

El tablero de esta sección esta ubicado a 79 metros hacia el norte y 5 metros hacia el este desde el punto de referencia, lo cuál no coincide con el centro de potencia calculado para esta sección- ver capítulo 2-. El motivo por el que se selecciona este punto, es que se dispondrá en otro tablero los accionamientos de las cintas transportadoras, que están ubicadas en el extremo sur de la galería. Esta decisión obedece a motivos de reducción de la cantidad de conductores y de caños a emplear, puesto que con este diseño se arriba con un solo conductor hasta un tablero ubicado al pie de ambas cintas y desde allí se distribuye en forma individual por medio de un tendido de apenas unos 5 metros. Entonces si se considera esta modificación, el centro de potencia de la sección se encuentra muy próximo al punto de instalación del tablero.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 70 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.2. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por tendido $K = 0.9$

Carga	Corriente Activa	Corriente Reactiva
cintas ensilado 1 y 2	73.9	47.7
separador de discos	10.1	8.9
24 tomas 3 x 16 + N + T + 24 Tomas 2 x 10 + T	31.2	41.6
sistema de aspiración	25.2	16.2
sistema de barrido	50.1	31.0
Corriente activa total	190.6	145.5
Corriente reactiva compensada		102.2
Corriente Real y factor de potencia	231	0.88

Tabla 5.2: Demanda máxima simultanea de corriente sobre silos

Luego la sección que verifica por corriente nominal es **3 x 1 x 150 + 1 x 70** Capacidad de conducción 256 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.3

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.154	0.083	216 A	70	0.88	4.5 V	1.67

Tabla 5.3: Caída de tensión línea 3

En cuanto a la alimentación para las cintas transportadoras, se debe acometer desde el tablero principal de la sección hasta otro tablero que esta ubicado sobre la pared sur de la galería, y en el centro de ésta. La distancia entre ambos puntos es de 79 metros. Para la selección del conductor se considera cable subterráneo tetrapolar entubado, a una temperatura de 30 °C.

En cuanto a la corriente a transportar se considera ambas cintas en funcionamiento, los detalles se observan en la tabla 5.4. Para el cálculo de la corriente asignada se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por temperatura 30 °C = 1.15

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
cintas ensilado 1 y 2	73.9	47.7
Corriente activa total	73.9	
Corriente reactiva compensada		18.9

Corriente real y factor de potencia	76.2	0.968
-------------------------------------	------	-------

Tabla 5.4: Demanda máxima simultanea de corriente extensión sobre silos

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 70 + N$ Capacidad de conducción 160 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.5

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.321	0.08	76.2 A	79	0.968	3.45 V	2.6

Tabla 5.5: Caída de tensión línea 4

5.5 Acometida a tablero seccional sala de tablero principal.

El tendido de esta línea tiene lugar en el interior del tablero principal, por dentro de un cable canal ranurado para interior de tablero 30 x 30 mm. Para la selección del conductor se considera cable unipolar flexible en aire, a una temperatura de 35 grados. Debe considerarse además que la sección del conductor neutro sea igual a la sección de las fases, debido a la preponderancia de cargas monofásicas. Nótese que para el calculo se consideran todas las cargas monofásicas alimentadas desde la misma fase, con lo cuál en caso de aumento de la demanda en la sección se cuenta con una reserva en la capacidad del conductor. La longitud del tendido es de 9 metros. En cuanto a la corriente a transportar esta se observa en la tabla 5.6. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 35 °C $K = 0.85$
- Corrección por instalación en cable canal ranurado $K = 0.9$

Carga	Corriente Activa	Corriente Reactiva
Aire acondicionado	4	3
2 toma 3 x 16 + N + T + 2 Tomas 2 x 10 + T	15.6	20.8
Ventilador(tablero principal)	0.12	0.17
Transformador circuitos de comandos	3.5	2.8
Corrientes totales	23.2	26.77
Corriente y factor de potencia real	35.4	0.655

Tabla 5.6: Demanda máxima simultanea de corriente sala de tableros

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $4 \times 1 \times 10$ Capacidad de conducción 60 Amper.

5.6 Acometida a tablero seccional máquina secadora

El tendido de esta línea se realiza completamente en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta el tablero de la sección, las distancias comprendidas son 47 metros hasta el acceso a la torre principal, 12 metros de tendido hasta la cabina de mando.

El tablero de esta sección está ubicado a 105 metros hacia el norte y 7 metros hacia el este desde el punto de referencia, lo cuál no coincide con el centro de potencia calculado para esta sección – ver capítulo 2; el motivo por el que se selecciona este punto, es que se dispondrá en otro tablero los accionamientos de los ventiladores de los silos pasantes, que están ubicados en otro sector distante 25 metros. Esta decisión obedece a motivos de reducción de la cantidad de conductores empleados, puesto

que con este diseño se arriba con un solo conductor hasta un tablero ubicado al pie de estos dispositivos y desde allí se distribuye en forma individual por medio de un tendido de apenas unos 5 metros. Entonces si se considera esta modificación, el centro de potencia de la sección coincide con el punto de instalación del tablero.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar en aire, separados un diámetros exterior y a una temperatura de 25 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 59 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.7. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13.

- Corrección por agrupamiento $K = 0.9$
- Corrección por Temperatura 25 °C $K = 1.22$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
5 tomas 3 x 16 + n + t + 6 tomas 2 * 10 + T	41.6	31.2
4 ventiladores secadora	200.6	124.1
2 redler secadora	38.6	24.9
3 ventiladores silos pasantes	55.4	29.9
soplador combustible	8.6	11.9
noria secadora	19.2	17.5
Corriente activa total	364.1	
Corriente reactiva compensada		131
Corriente real y factor de potencia	387	0.941

Tabla 5.7: Demanda máxima simultánea de corriente secadora

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 1 \times 150 + 1 \times 70$ Capacidad de conducción 436 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.8

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.154	0.081	387 A	59	0.941	6.66 V	2.25

Tabla 5.8: Caída de tensión línea 6

En cuanto a la alimentación para los silos pasantes, se debe acometer desde el tablero principal de la secadora hasta otro tablero que esta ubicado en una cabina al pie de estos silos. La distancia entre ambos es de 25 metros. Para la selección del conductor se considera cable subterráneo tetrapolar entubado, a una temperatura de 25 °C.

En cuanto a la corriente a transportar se considera los tres ventiladores en funcionamiento, los detalles se observan en la tabla 5.9. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por temperatura 25 °C $K = 1.22$

Carga	Corriente Activa	Corriente reactiva
3 ventiladores	55.4	29.9
1 toma 3 x16 + n + t + 1 toma 2 * 10 + T	15.6	20.8
Corrientes totales	71.0	50.7
Corriente real y factor de potencia	87.3	0.814

Tabla 5.9: Demanda máxima simultanea de corriente extensión secadora

Luego la sección que verifica por corriente nominal es **3 x 35 + N** Capacidad de conducción 104 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.10

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.627	0.086	87.3 A	25	0.814	2.11 V	2.81

Tabla 5.10: Caída de tensión línea 7

5.7 Acometida a tablero seccional sala de Norias

El tendido de esta línea se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta la caja de paso del octavo piso. A partir de este punto el tendido se realiza entubado, las distancias comprendidas son 47 metros hasta el acceso a la torre principal, 40 metros de tendido vertical por dentro de la torre y 13 metros de tendido entubado dentro del área peligrosa.

El tablero de esta sección está ubicado a 92 metros hacia el norte y 5 metros hacia el este desde el punto de referencia, lo cuál no coincide con el centro de potencia calculado para esta sección- ver capítulo 2-. El motivo de este desplazamiento es que en el punto que corresponde al centro de potencia existe un vacío sobre este piso. Por este motivo el tablero se instala en el punto en donde comienza la superficie del sector.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 103 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.11. Se anticipa que el valor de corriente será muy elevado por lo tanto se instalará una doble tema de conductores que en el sector peligroso se realiza en caños separados una distancia de 20 centímetros. Por este motivo se considera un nuevo factor de corrección. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por temperatura ambiente 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por tendido 0.9
- Corrección por agrupamiento 0.98

Carga	Corriente Activa	Corriente Reactiva
5 tomas 3x16 + n + t + 6 tomas 2x10 + T	41.6	31.2
4 norias principales	708.6	420.2
Noria n°5 movimiento interno	37.2	27

Corriente Activa total	787.5	
Corriente reactiva compensada		189.6
Corriente real y factor de potencia	810	0.972

Tabla 5.11: Demanda máxima simultanea de corriente Sala de Norias

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $6 \times 1 \times 400 + 1 \times 400$ Capacidad de conducción 925 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.12

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU Total %
0.0608	0.08	810 A	103	0.972	5.65 V	1.97

Tabla 5.12: Caída de tensión línea 8

5.8 Acometida a tablero seccional Plataforma de descarga

El tendido de esta línea, tal como se aclara en 5.2, no forma parte del tendido principal. En este caso el tendido se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta el sector de las plataformas. La longitud total de la línea 47 metros

El tablero de esta sección está ubicado a 78 metros hacia el norte y 32 metros hacia el este desde el punto de referencia, que prácticamente coincide con el centro de potencia calculado para esta sección.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar en aire, separados un diámetro exterior y a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 47 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.13. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por temperatura ambiente 30 °C $K = 1.15$

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 1 \times 95 + 1 \times 50$ Capacidad de conducción 342 Amper.

Carga	Corriente Activa	Corriente Reactiva
9 Tomas 3x16 + N+T + 9 Tomas 2x10+T	34.8	46.4
3 bombas hidráulicas principales	183.6	113.616
3 Bombas hidráulicas 12.5 secundarias	48.6	35.16
Corriente activa total	267	
Corriente reactiva compensada		65.27
Corriente real y factor de potencia	274.86	0.9714

Tabla 5.13: Demanda máxima simultanea de corriente plataformas de descarga

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.14

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU Total %
----------	----------	-----------	--------	-------	----	------------

0.232	0.144	274.9 A	47	0.972	5.8 V	2.01
-------	-------	---------	----	-------	-------	------

Tabla 5.14: Caída de tensión línea 9

5.9 Acometida a tablero seccional Bajo Silos

El tendido de esta línea se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta la caja de paso del sótano. A partir de este punto el tendido se realiza entubado, las distancias comprendidas son 47 metros hasta el acceso a la torre principal, 5 metros de tendido vertical por dentro de la torre y 23 metros de tendido entubado dentro del área peligrosa.

El tablero de esta sección está ubicado a 86 metros hacia el norte y 9 metros hacia el este desde el punto de referencia, lo cual no coincide con el centro de potencia calculado para esta sección- ver capítulo 2-. Existen dos motivos por los que se selecciona este punto. Uno de ellos es que se dispondrá en otro tablero los accionamientos de las cintas transportadoras, que están ubicados en el extremo sur de la galería. Esta decisión obedece a motivos de reducción de la cantidad de conductores empleados, puesto que con este diseño se arriba con un solo conductor hasta un tablero ubicado al pie de ambas cintas y desde allí se distribuye en forma individual por medio de un tendido de apenas unos 5 metros.

No obstante si se considera esta modificación, el centro de potencia de la sección queda en el sector del sótano, el cual presenta un desnivel de unos tres metros en relación al nivel del bajo silo, por lo tanto resulta un sector fácilmente anegable. No es posible remover los motores ubicados en este sector, en función de las tareas desarrolladas, no obstante se evita la colocación del tablero de potencia en ese sector. Reduciendo así los posibles daños que puedan ser provocados por una inundación del sector.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 75 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.15. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por tendido $K = 0.9$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
24 Tomas 3 x 16 + N + T + 24 Tomas 2 x 10 + T	31.2	41.6
compresores 1 y 2 válvulas neumáticas	14.4	9.7
cinta recepción camiones	16.2	11.7
redler recepción camiones	31.9	20.6
aspiración polvo sótano	19.3	12.4
barrido sótano	31.9	20.6
Corriente activa total	144.9	
Corriente reactiva compensada		87.2
Corriente real y factor de potencia	169.1	0.856

Tabla 5.15: Demanda máxima simultánea de corriente bajo silos

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 1 \times 95 + 1 \times 50$ Capacidad de conducción 190 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.16

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.232	0.086	169.1 A	75	0.856	4.7 V	1.72

Tabla 5.16: Caída de tensión línea 10

En cuanto a la alimentación para las cintas transportadoras, se debe acometer desde el tablero principal de la sección hasta otro tablero que está ubicado sobre la pared sur de la galería, y en el centro de ésta. La distancia entre ambos es de 86 metros. Para la selección del conductor se considera cable subterráneo tetrapolar entubado, a una temperatura de 30 °C.

En cuanto a la corriente a transportar se considera las tres cintas en funcionamiento, los detalles se observan en la tabla 5.17. Para el cálculo de la corriente asignada se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por temperatura 30 °C $K = 1.15$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
cintas extracción 1, 2 y 3	110.85	71.55
Corriente activa total	110.85	
Corriente reactiva compensada		28.35
Corriente real y factor de potencia	114.5	0.968

Tabla 5.17: Demanda máxima simultánea de corriente extensión bajo silos

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 50 + N$ Capacidad de conducción 122 Amper

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.18

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.232	0.086	114.5 A	86	0.968	8 V	3.82

Tabla 5.18: Caída de tensión línea 11

5.10 Acometida a tablero seccional sala de bombas

El tendido de esta línea, tal como se aclara en 5.2, no forma parte del tendido principal. En este caso el tendido se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta el sector de las plataformas y luego continúa enterrado en forma directa. La longitud total del tramo en bandeja es de 47 metros, mientras que el tamo enterrado es de 165 metros

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar en aire, separados un diámetro exterior y a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 212 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.19. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por temperatura ambiente $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K = 1.15$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
2 bombas agua	241.2	116.58
1 Toma 3 x 16 + N + T	9.6	12.8
1 Toma 2 X 16 + T	9.6	12.8
Corriente activa total	260.4	
Corriente reactiva compensada		98.88
Corriente real y factor de potencia	278.54	0.935

Tabla 5.19: Demanda máxima simultánea de corriente sala de bombas

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 1 \times 70 + 1 \times 35$ Capacidad de conducción 281 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.20

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos ϕ	ΔU	ΔU total %
0.321	0.146	278.5 A	212	0.935	36 V	9.47

Tabla 5.20: Caída de tensión línea 12

Se observa que la sección de conductor que verifica la condición de corriente admisible, no verifica la condición de caída de tensión. Por tal motivo se calcula la sección del mismo de modo de obtener una caída de tensión en régimen del 4.5 %.

Luego la sección que verifica por caída de tensión es $3 \times 150 + N$ Capacidad de conducción 318 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.21

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos ϕ	ΔU	ΔU total %
0.15	0.078	278.5 A	212	0.935	17 V	4.99

Tabla 5.21: Caída de tensión línea 12

Nótese en este caso, la importancia de haber seleccionado un conductor multipolar, en relación a la reactancia que presenta en comparación a una tema conformada por conductores unipolares. En cuyo caso la sección mínima que verifica el valor de caída de tensión admitido, manteniendo la sección del conductor de neutro original es de 240 milímetros cuadrados.

En el capítulo 10 sección 5.10, se analiza la selectividad de las protecciones para esta sección. Se demuestra que a los fines de la selectividad el calibre mínimo de fusible a instalar en el comienzo del circuito seccional es de 400 A. Por tal motivo se debe aumentar la sección del conductor de forma tal que la corriente admisible sea al menos ese valor.

Luego la sección que verifica por corriente admisible es **3 x 1 x 185 + 1 x 35** Capacidad de conducción 410 Amper. En cuanto a la disposición de este conductor de forma tal de obtener una caída de tensión aceptable, la misma se realiza en trebolillo.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.21.B

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.127	0.083	278.5 A	212	0.935	15.1 V	4.45

Tabla 5.21.B: Caída de tensión línea 12

5.11 Acometida al tablero seccional Acceso a galería de embarque

El tendido de esta línea se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta la caja de paso del primer piso. A partir de este punto el tendido se realiza entubado, las distancias comprendidas son 47 metros hasta el acceso a la torre principal, y 11 metros de tendido entubado dentro del área peligrosa.

El tablero de esta sección está ubicado a 92 metros hacia el norte y 9 metros hacia el este desde el punto de referencia, lo cual prácticamente coincide con el centro de potencia calculado para esta sección- ver capítulo 2- .

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 58 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.22. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por tendido $K = 0.9$

Carga	Corriente Activa	Corriente reactiva
9 Tomas 3 x 16 + N +T + 9 Tomas 2 x 10+T	15.6	20.8
sistema aspiración 1° piso	19.32	12.466
Instalación barrido 1piso	31.92	20.596
despuntadora n° 1	89.25	55.23
despuntadora n° 2	89.25	55.23
aspiración de polvo galería de embarque	31.92	20.596
Corriente Activa Total	276.6	
Corriente reactiva compensada		98.318
Corriente real y factor de potencia	293.62	0.94

Tabla 5.22: Demanda máxima simultánea de corriente acceso a galería de embarque

Luego la sección que verifica por corriente nominal es **3 x 1 x 240 + 1 x 120** Capacidad de conducción 355 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.23

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.093	0.082	293.6 A	58	0.94	1.7 V	0.95

Tabla 5.23: Caída de tensión línea 13

5.12 Acometida a tablero principal galerías de embarque

El tendido de esta línea se realiza en Bandeja tipo escalera desde el tablero principal y hasta la caja de paso del primer piso. A partir de este punto el tendido se realiza entubado, las distancias comprendidas son 47 metros hasta el acceso a la torre principal, y 150 metros de tendido entubado dentro del área peligrosa.

El tablero principal de esta sección está ubicado al final de la galería inclinada. Desde esta tablero comienzan 9 circuitos seccionales. Cada uno de estos circuitos finaliza en un tablero donde se encuentran los aparatos de maniobra correspondientes. Uno de estos circuitos esta destinado a alimentar las cintas de la galería horizontal, mientras que los circuitos restantes alimentan a las 8 torres de embarque.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. La distancia total entre el tablero principal y el tablero seccional es de 197 metros.

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.24. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$
- Corrección por tendido $K = 0.9$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
cinta inclinada galería embarque n° 1	73.1	43.3755
cinta inclinada galería embarque n° 2	73.1	43.3755
cinta horizontal n° 1 galería embarque 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 1 galería embarque 2° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 2 galería embarque 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 2 galería embarque 2° tramo	50.15	31.034
aspiración de polvo galería de embarque	25.2	16.26
accionamiento caño embarque n° 8	18.05	12.6
grúa caño de embarque n° 1	5.60	3.90
accionamiento caño embarque n° 7	18.05	12.6
grúa caño de embarque n° 1	5.600	3.90
accionamiento caño embarque n° 6	18.05	12.6
grúa caño de embarque n° 1	5.60	3.90
36 Tomas 3 x 16 + N + T + 36 Tomas 2 x 10+T	31.2	41.6
Corriente activa total	474.15	
Corriente reactiva compensada		159.25
Corriente real y factor de potencia	500.17	0.95

Tabla 5.24: Demanda máxima simultánea de corriente galerías de embarque

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 1 \times 400 + 1 \times 240$ Capacidad de conducción 503 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.25.

R[Ω /Km]	X[Ω /Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.0608	0.080	500.2 A	197	0.95	14.12 V	3.71

Tabla 5.25: Caída de tensión línea 14

Se observa que para la sección que verifica la condición de corriente admisible, la caída de tensión es inadmisibles, considerando que desde este tablero se deben alimentar distintas secciones que están situadas a distancias de hasta 200 metros. Por tal motivo se calcula la sección de modo de obtener una caída de tensión en régimen del orden del 2 %.

Luego la solución propuesta consiste en agregar una nueva terna de conductores de la misma sección, cuyo tendido se realiza entubado y separado de la primera terna a una distancia de 20 centímetros. manteniendo la sección del conductor neutro.

Luego la sección que verifica por caída de tensión es $6 \times 1 \times 400 + 1 \times 240$ Capacidad de conducción 986 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.26.

R[Ω /Km]	X[Ω /Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.0608	0.080	500.2 A	197	0.95	7.06 V	2.35

Tabla 5.26: Caída de tensión línea 14

5.13 Acometida a tablero secundario galería de embarque

El tendido de esta línea se realiza entubado, la distancia total entre ambos tableros es de 86 metros. Este tablero está ubicado en el centro de la galería horizontal, justamente en este sector se encuentran los motores del primer tramo de cinta de embarque. Desde este tablero a su vez, parte un nuevo circuito que finaliza en otro tablero situado al final de la galería en donde se encuentran los motores del segundo tramo de cinta de embarque. El motivo principal de este diseño es la reducción de conductores, dado que de esta forma se arriba con único conductor hasta una distancia muy próxima a los motores y desde allí se distribuye en forma individual con un tendido de apenas 5 metros. Otro aspecto que interesa es que el ambiente en donde se realiza el tendido es Clase II división I, por lo tanto, se simplifica bastante la instalación realizando un solo tendido general en lugar de tendidos individuales desde el tablero principal de la sección.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo unipolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.27. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
cinta horizontal n° 1 galería embarque 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 1 galería embarque 2° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 2 galería embarque 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 2 galería embarque 2° tramo	50.15	31.034
Aspiración galería de embarque	25.2	16.2
Corriente activa total	225.8	
Corriente reactiva compensada		53.5
Corriente real y factor de potencia	232..1	0.972

Tabla 5.27: Demanda máxima simultánea de corriente galería horizontal de embarque

Luego la sección que verifica por corriente nominal es $3 \times 1 \times 120 + 1 \times 70$ Capacidad de conducción 247 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.28.

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.184	0.084	232.1 A	86	0.972	6.86 V	4.1

Tabla 5.28: Caída de tensión línea 15

Se observa que para la sección que verifica la condición de corriente admisible, la caída de tensión es inadmisibles, considerando que desde este tablero se debe alimentar otro tablero situado a una distancia de 130 metros. Por tal motivo se calcula la sección de modo de obtener una caída de tensión en régimen del orden del 3.5 %.

Luego la sección que verifica por caída de tensión es $3 \times 1 \times 185 + 1 \times 70$ Capacidad de conducción 327 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.29.

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.1207	0.083	232.1 A	86	0.972	4.73 V	3.6

Tabla 5.29: Caída de tensión línea 15

5.14 Acometida a tablero final galería de embarque

El tendido de esta línea se realiza entubado, las distancias total entre ambos tableros es de 132 metros. Este tablero esta ubicado en el final de la galería horizontal, justamente en este sector se encuentran los motores del segundo tramo de cinta de embarque.

Para la selección del conductor se considera cable subterráneo tetrapolar entubado, disposición trebolillo a una temperatura de 30 °C. En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.30. Para el cálculo de la corriente asignada a la sección se considera además la compensación descrita en el capítulo 13. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$

Carga	Corriente activa	Corriente reactiva
cinta horizontal n° 1 galería embarque 2° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n° 1 galería embarque 2° tramo	50.15	31.034
Corriente activa total	100.3	
Corriente reactiva compensada		18.68
Corriente real y factor de potencia	102.1	0.983

Tabla 5.30: Demanda máxima simultánea de corriente galería horizontal de embarque

Luego la sección que verifica por corriente nominal es **3 x 50 + N** Capacidad de conducción 122 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.31

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.464	0.082	102.1 A	132	0.983	11 V	6.5

Tabla 5.31: Caída de tensión línea 105

Se observa que para la sección que verifica la condición de corriente admisible, la caída de tensión es inadmisibles. Por tal motivo se calcula la sección de modo de obtener una caída de tensión en régimen del 4.5 %.

Luego la sección que verifica por caída de tensión es **3 x 150 + N** Capacidad de conducción 327 Amper.

Los parámetros eléctricos y el valor de la caída de tensión se muestran en la tabla 5.32.

R[Ω/Km]	X[Ω/Km]	Corriente	Metros	Cos φ	ΔU	ΔU total %
0.15	0.078	102.1 A	132	0.983	3.77 V	4.6

Tabla 5.32: Caída de tensión línea 105

5.15 Acometida a tableros seccionales de torres de embarque

En 5.12 se especifica que las torres de embarque serán alimentadas desde el tablero principal de la sección. Todas las torres presentan la misma carga, por este motivo la sección del conductor en cada caso se determina por verificación de caída de tensión. En todos los casos el tendido se realiza entubado. Para la selección del conductor se considera cable subterráneo tetrapolar entubado, a una temperatura de 30 °C. Los factores de corrección a aplicar son

- Corrección por Temperatura 30 °C $K = 1.15$
- Corrección por entubado $K = 0.8$

En cuanto a la corriente a transportar se considera la operación de mayor demanda para la sección, los detalles se observan en la tabla 5.33

Carga	Corriente	Coseno
Accionamiento caño de embarque	6.8	0.82
Grúa caño de embarque	16	0.82
Corriente real y factor de potencia	22	0.82

Tabla 5.33: Demanda máxima simultánea de corriente torres de embarque

Los valores de sección calculados para cada tendido, así como las caídas de tensión del tramo y la caída total desde el transformador para cada torre se resumen en la tabla 5.34

Torre	Distancia[m]	Sección [mm ²]	Corriente admisible	Caída [V]	Caída total %
Torre 1	12	10	48	0.85	2.57
Torre 2	37	10	48	2.6	3
Torre 3	65	10	48	4.56	3.5
Torre 4	88	16	64	4	3.4
Torre 5	130	16	64	5.9	3.9
Torre 6	150	25	81	4.4	3.5
Torre 7	170	25	81	5	3.6
Torre 8	190	25	81	5.6	3.8

Tabla 5.34: Sección de conductor y caída de tensión torres de embarque

5.16: Acometida a tablero principal de iluminación

5.16.1: Consideraciones previas

En el capítulo 3, se menciona la instalación de un grupo generador que alimentará en caso de emergencia los circuitos de iluminación y el ascensor de la planta. En forma adicional se dispone en cada sección de un tomacorriente monofásico 2 x 10 + T, que permanecerá alimentado en caso de corte general.

5.16.2: Acometida a tablero principal de iluminación

La tabla 5.35 muestra los valores de corriente asignados para cada sección, correspondiente a los circuitos de iluminación – ver capítulo 12-. Se ha considerado factor de simultaneidad igual a 1. Con estos datos tabulados se determinan las secciones de los tendidos desde el tablero general de iluminación hasta cada tablero seccional.

Sector	Potencia total[W]	Corriente Activa (p fase)	Corriente reactiva (pfase)
Primer piso Acceso a galería	750	3.4	1.7
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8.0
Corriente real y factor de potencia		13.49	0.72
4to piso Distribución	1000	4.5	2.2
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		14.69	0.72
5to piso sala de control	500	2.3	1
	550	2.5	1.21
tomacorriente 2 x 10 + T	6	6	8
Corriente real y factor de potencia		14.92	0.70
6to piso deposito	500	2.3	1
	250	1.14	0.55
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		13.49	0.71
7mo piso distribución a balanzas	1250	5.7	2.76
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		15.88	0.72

8vo piso sala maquinas noria	875	1.3	0.63
	875	1.3	0.63
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		12.68	0.7
galería inclinada	1500	2.3	1.10
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		12.31	0.67
sala de maquinas ascensor	220	1	0.43
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		10.96	0.64
motor ascensor		6.5	4.35
Corriente real y factor de potencia		7.80	0.83
dársena de embarque	2700.0	4.1	2
	2700.0	4.1	2
	2000	3	1.45
escaleras galería	2080	3.2	1.55
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Iluminación muelle	7200	12.12	4.76
Corriente real y factor de potencia		38.04	0.85
Plantas sótano bajo silo	5500	8.4	4.1
	1750	2.7	1.31
	300	1.4	0.68
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		23.75	0.75
Palier	1650	2.5	1.21
Corriente real y factor de potencia		2.78	0.90
iluminación exterior y plataformas	4500	7.57	3.80
subestación y sala de tableros	1000	4.5	2.18
tomacorriente 2 x 10 + T		6	8
Corriente real y factor de potencia		18.71	0.79
Plantas tercer piso	5500	4.1	8.4
	1750	1.31	2.7
tomacorriente 2 x 10 + T		8	6.0
Corriente real y factor de potencia		21.66	0.79

Tabla 5.35: Corrientes asignadas para los circuitos seccionales de iluminación

En cuanto al tendido de este circuito, se debe brindar al mismo la propiedad de recibir alimentación de emergencia. Para esto en el tablero principal de la planta se dispone de una llave conmutadora de grupo, cuya función es separar este circuito del resto de la planta.- ver capítulo 14. En cuanto al circuito propiamente dicho, el mismo se compone de un tablero general de iluminación que por motivos estratégicos está ubicado en la torre principal y al nivel del primer piso. Desde este tablero no se realizan maniobras de comando de luminarias, simplemente se distribuye alimentación a cada sección y se provee un seccionamiento de las mismas. Adicionalmente desde este tablero se alimenta el motor del ascensor.

Para el cálculo de este conductor se considera que el tendido del mismo forma parte del conjunto de conductores que parten desde el tablero principal hasta la torre cuyo tendido se realiza en bandeja tipo escalera. En cuanto a la demanda de corriente se tiene en cuenta el reparto de corriente entre las fases correspondiente a los circuitos monofásicos, considerándose factor de simultaneidad igual a 1 para

las cargas de iluminación. En cuanto a los tomacorrientes de emergencia se considera como factor de simultaneidad el funcionamiento de dos tomacorrientes en la misma fase. Luego los valores de corriente se muestran en la tabla 5.36

fase R(cos)	fase R(sen)	Fase S(sen)	Fase S(cos)	Fase T(sen)	Fase T(cos)	Consumo
9.409	9.660	0	0	0	0	Primer piso Acceso a galería
0	0	10.2	10.5	0	0	4to piso Distribución
0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	10.8	5to piso sala de control
9.4	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6to piso deposito
0.0	0.0	10.76	11.7	0.0	0.0	7mo piso distribución a balanzas
2.7	1.3	1.3	2.7	9.3	8.7	8vo piso sala maquinas noria
2.3	1.1	1.1	2.3	1.1	2.3	galería inclinada
0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	sala de maquinas ascensor
6.5	4.4	4.4	6.5	4.4	6.5	motor ascensor
26.5	11.7	11.7	26.5	11.7	26.5	dársena de embarque
12.4	6.1	6.1	12.4	6.1	12.4	Plantas sótano bajo silo
2.5	1.2	1.2	2.5	1.2	2.5	Palier
8.34	4.02	4.02	8.34	4.0	8.3	iluminación exterior y plataformas
11.0	12.1	12.1	11.0	12.10	11.02	Plantas tercer piso
90.994	60.937	62.848	94.403	60.618	89.949	
109.51	0.83	113.41	0.83	108.46	0.83	totales

Tabla 5.36: Reparto de corrientes circuitos de iluminación

Para el calculo de los distintos tendidos seccionales y terminales, se tendrá en cuenta la reglamentación de AEA 2002, en la cuál se permite como máximo valor para la caída de tensión en circuitos alumbrado, el 3 % de la tensión del circuito. Se exige en el proyecto que no más del 1.5 % de la caída tenga lugar entre el tablero general de iluminación y los puntos de consumo. Para todos los circuitos terminales se ha establecido que la sección de conductor a emplear sea 2.5 mm cuadrados, debido a que los circuitos se constituyen en forma de guimalda y los consumos mas alejados del tablero se encuentran a la distancia especificada en el esquema unifilar del anexo 1.

Por lo tanto si se resta al valor de caída de tensión permitido para el tablero general de iluminación, el valor de la caída de tensión en el conductor de acometida al tablero principal de la planta, se obtiene el valor que permite determinar la sección de conductor para el tramo mencionado. Luego

$$DU = 5.7 - 1.86 = 3.84 \text{ V.}$$

Para la determinación de la sección del conductor se considera la longitud del mismo igual a 60 metros y como corriente asignada y factor de potencia los valores de la tabla 5.36

Luego la sección que verifica es $3 \times 70 + N$ $DU = 3.55 \text{ V}$. Para las condiciones de tendido especificadas, la capacidad de conducción es igual a 176 Amper.

5.16.3 Circuitos terminales de iluminación

Para los distintos circuitos terminales se muestran en la tabla 5.37 las caídas de tensión considerando la sección de conductor a emplear y la longitud total del circuito. Se tiene en cuenta que todos los circuitos son monofásicos.

Corriente	coseno	metros	caída [V]	Caída %	Consumo
3.8	0.9	35	1.9	0.51	Primer piso Acceso a galería
5	0.9	35	2.51	0.66	4to piso Distribución
2.77	0.9	35	1.39	0.37	5to piso sala de control
2.5	0.9	35	1.26	0.33	6to piso deposito
6.3	0.9	35	3.17	0.83	7mo piso distribución a balanzas
1.44	0.9	35	0.72	0.19	8vo piso sala maquinas noria
2.55	0.9	120	4.41	1.16	galería inclinada
1.1	0.9	55	0.88	0.23	sala de maquinas ascensor
1.52	0.9	210	4.59	1.21	dársena de embarque
1.03	0.9	80	1.18	0.31	Plantas sótano bajo silo
0.925	0.9	80	1.06	0.28	Palier
2.11	0.9	120	3.65	0.96	iluminación exterior y plataformas
0.925	0.9	80	1.06	0.28	Plantas tercer piso

Tabla 5.37: Caída de tensión en circuitos terminales de iluminación

5.16.4: Acometida a tableros seccionales de iluminación

Resta determinar las secciones de los conductores que alimentan los tableros seccionales desde el tablero general de iluminación. Para dicho cálculo se considera la distancia existente en cada caso. En cuanto a la corriente a transportar se considera factor de simultaneidad 1 para toda la sección, incluyendo el tomacorriente de emergencia. Se debe calcular la sección del conductor en cuestión de forma tal que la caída de tensión total desde el transformador hasta el punto de consumo no supere el 3 % de la tensión de alimentación. Los valores correspondientes se muestran en el tabla 5.38

Corriente	cos	metros	caída [V]	Caída %	sección a instalar	Caída Total %	Consumo
13.5	0.7	25	1.78	0.47	2 x 6 mm	2.296	Acceso a galería embarque
14.7	0.72	45	3.63	0.94	2 x 6 mm	2.926	4to piso Distribución
14.9	0.72	50	4.05	1.06	2 x 6 mm	2.756	5to piso sala de control
13.5	0.7	55	3.57	0.94	2 x 6 mm	2.596	6to piso deposito
15.9	0.74	45	2.42	0.63	2 x 10 mm	2.786	7mo piso distribución
12.7	0.68	65	2.24	0.59	4 x 10 mm	2.106	8vo piso sala de norias
12.3	0.67	40	1.31	0.34	4 x 10 mm	2.826	galería inclinada
10.9	0.64	55	0.85	0.23	2 x 2.5 mm	1.786	sala de maquinas ascensor
38.4	0.85	170	3.6	0.95	3 x 70 + N mm	3.476	dársena de embarque
23.1	0.79	20	2.38	0.62	4 x 6 mm	2.256	bajo silo
1	0.9	60	1.06	0.28	2 x 2.5 mm	1.886	Palier
18.7	0.77	60	2.52	0.66	4 x 16 mm	2.946	exterior y plataformas
21.7	0.79	35	3.9	1.02	4 x 10 mm	2.626	tercer piso

Tabla 5.38 : Diseño de los circuitos seccionales de iluminación

5.17 : Diseño alimentación ascensor

Se debe determinar la sección del conductor que alimenta el motor del ascensor, para esto se debe verificar que la caída de tensión en el tablero general de iluminación, ocasionada durante el arranque del motor no produzca efecto de flicker en la planta.

Se hace mención al fenómeno del flicker, como la sensación de fluctuación de la luminancia, ocasionada por una serie de variaciones de tensión o por la variación cíclica de la envolvente de la onda de tensión. El flicker depende de la amplitud, frecuencia y duración de las fluctuaciones de tensión que lo ocasionan. En este caso se debe considerar el efecto de un motor de 5.5 Hp arranque directo frecuencia de maniobra 120 l / hora.

La Norma IRAM 2492 Parte III reconoce cuatro formas de fluctuación de tensión, las cuales presentan características diferentes. El caso en análisis, puede ser encuadrado en la clase B de fluctuaciones, definida por la norma citada como sigue. " Una serie de variaciones de tensión que son irregulares en el tiempo. Sus magnitudes pueden ser iguales o no, y en sentidos negativo o positivo ".

Se debe verificar para la frecuencia de maniobras del ascensor que el valor de la caída de tensión producida por el arranque del ascensor no supere el valor máximo permitido según la norma citada. El valor limite para las condiciones establecidas es $Du_{\text{limite}} = 2.2 \% = 8.36 \text{ V}$.

El valor de caída de tensión efectiva se calcula como $DU = \text{Raíz}(3) \times I \times L (R\cos + X\text{sen})$. Donde los valores de R y X son los que corresponden al total de los elementos hasta el punto de acometida de la carga distorsiva, es decir que incluye la red MT, el transformador y los conductores. Para la red se considera que la potencia de cortocircuito en el punto de acometida a la planta es de 500 MVA. En cuanto a la corriente de arranque vale $52.2 \text{ A } \cos = 0,3$

$$DU = \text{Raíz}(3) \times 52,2 \times 0.06 \times (0.3 \times 0.0188 + 0.953 \times 0.0136) = \mathbf{0.1 \text{ V} = 0.025 \%}$$

Se verifica que el arranque del ascensor no producirá flicker. Resta verificar nuevamente esta situación para cuando la alimentación provenga desde el grupo generador. Los detalles del diseño de la maquina y los valores de impedancia de la misma se muestran en el capítulo 7. En el tablero principal la corriente de falla producto del generador está limitada por la impedancia del mismo y por los conductores de alimentación desde el generador hasta la barra. Estos son 10 metros cable subterráneo $3 \times 1 \times 35 + 1 \times 16$. Temperatura ambiente $30 \text{ }^\circ\text{C}$, instalación en bandeja tipo escalera conductores separados 1 diámetro. Corriente admisible 180 A.

La caída de tensión en el punto de acometida del tablero general de iluminación producida por el arranque del ascensor, cuando sea alimentado desde el grupo de emergencia vale

$$DU = \text{Raíz}(3) \times I \times L (R\cos + X\text{sen}) = 1.73 \times 52.2 \times 0.06 \times (0.04985 \times 0.3 + 0.19652 \times 0.954) = \mathbf{1.09 \text{ V}}$$

Luego se verifica nuevamente que el valor de caída de tensión no es suficiente para generar el efecto de flicker.

CAPITULO 6: CALCULO DE LOS CONDUCTORES DE LAS SALIDAS A MOTOR

6.1 Consideraciones previas

Fueron diseñados en el capítulo anterior todos los circuitos seccionales que acometen a cada tablero seccional desde el tablero principal. Se deben calcular las secciones de conductor y diseñar el tendido de los circuitos terminales. En la tabla 6.1 se resumen las características de cada salida, así como la sección que le corresponde a cada una de ellas y su caída de tensión. Los factores de corrección que se aplican a los tendidos calculados en la tabla 6.1 son los siguientes.

- Factor F1, por instalación de conductores en caño, se aplica a todas las áreas ya que todos los tendidos terminales son entubados. $F1 = 0.8$
- Factor F2, por agrupamiento de dos sistemas en un mismo caño, se aplica únicamente en los motores con arranque estrella-triángulo $F2 = 0.8$
- Factor F3. Por temperatura ambiente $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $F3 = 1.15$

Para el diseño del tendido se considera que todos los motores cuya potencia no supere los 15 Hp, son arrancados en forma directa - **D**-. Para los motores de las 6 norias, así como los motores de las cintas de embarque, cintas de ensilado y cintas de extracción en bajo silo, se calcula el sistema de arranque en el capítulo 15. Los motores de las dos bombas de agua arrancan con tensión reducida, utilizando como sistema de arranque un arrancador electrónico, que permite además realizar una parada controlada de las mismas - **E** - - Ver capítulo 9 -. En cuanto al resto de los motores, cuya potencia supera los 15 Hp y hasta 75 Hp presentan arranque estrella triángulo - **YD** -

En particular, en este tipo de arranque, debe acometerse al motor con 6 conductores, por lo que el tendido se realiza con dos cables de tres conductores cada uno dentro de un mismo caño. Otro aspecto que se debe considerar en el cálculo de las caídas de tensión, es que cada terna de conductores transporta la corriente de fase del motor que es igual al 58 % de la corriente de placa del mismo. En cuanto al ángulo de fase de este corriente, sabido es que la corriente de fase se atrasa en 30 grados respecto a la corriente de línea, por lo que para obtener el valor real de la fase de la corriente circulante, debe hallarse primero el valor de fase de la corriente de línea y sumarse a este los 30 grados, para luego calcular el coseno de este ángulo, que será el valor real.

Por último se aclara que para todas las líneas terminales su sección es determinada considerando únicamente su corriente nominal, sin que intervenga como parámetro la caída de tensión. Esto obedece a dos motivos. Primero que la distancia entre tableros seccionales y cargas son acotadas, debido a que se buscó en el diseño de los circuitos seccionales reducir estos tendidos. El otro motivo es que el peso de la caída de tensión del circuito terminal es insignificante frente al resto de la instalación aguas arriba.

Como acotación final, todos los conductores que aparecen calculados en la tabla 6.1 son de conformación tripolar, hasta una sección de 70 milímetros cuadrados, los que superen este valor son de conformación unipolar. En la tabla 6.1 se resumen las características de todos los circuitos terminales, se indica a que motor corresponde cada salida, de acuerdo el esquema unifilar del anexo 1 y se muestra además el valor de la caída de tensión total para cada motor, desde el transformador hasta los bornes del mismo, considerando los valores de caída de tensión calculados para los tendidos seccionales, en el capítulo 5.

6.2 Cálculo de los circuitos

Línea	Motor	Corriente	coseno	metros	Sección [mm ²]	arranque	Caída [V]	Caída total permanente %
16	35	13.5	0.75	5	2.5	D	0.788	1.88
17	42	59	0.85	15	10	YD	0.495	1.8
18	41	30	0.84	29	4	YD	1.189	2
20	43	44	0.85	8	16	D	0.748	1.11
21	44	44	0.85	8	16	D	0.748	1.11
22	7	59	0.86	20	10	YD	0.660	2.42
23	8	59	0.86	24	10	YD	0.793	2.46
24	9	59	0.86	28	10	YD	0.925	2.48
25	10	59	0.86	32	10	YD	1.057	2.52
26	11	12	0.81	13	4	D	1.228	2.57
27	12	2.7	0.81	15	2.5	D	0.509	2.38
28	13	26	0.74	35	16	D	1.719	2.7
29	14	23	0.84	15	6	D	3.152	3.1
30	15	23	0.84	15	6	D	3.152	3.1
36	18	21	0.88	10	6	D	1.202	3.11
37	19	21	0.88	10	6	D	1.202	3.11
38	20	21	0.88	10	6	D	1.202	3.11
39	36	206	0.86	25	120	D	1.794	2.45
40	37	206	0.86	25	120	D	1.794	2.45
41	38	206	0.86	45	120	D	3.229	2.83
42	39	206	0.86	45	120	D	3.229	2.83
43	40	46	0.81	25	16	D	2.347	2.6
44	45	30	0.84	12	4	YD	0.465	2.1
49	1	72	0.85	35	16	YD	0.922	3.55
51	2	72	0.85	25	16	YD	0.659	3.13
53	3	72	0.85	25	16	YD	0.659	3.13
50	4	20	0.81	37	4	D	5.826	2.26
52	5	20	0.81	27	4	D	4.252	2.2
54	6	20	0.81	27	4	D	4.252	2.2
59	16	8.7	0.83	32	2.5	D	3.627	2.681
60	17	8.7	0.83	32	2.5	D	3.627	2.681
61	23	20	0.81	24	4	D	3.779	3.24
62	24	38	0.84	27	6	YD	0.818	2.46
63	25	59	0.85	12	10	YD	0.388	3.05
64	26	23	0.84	40	10	D	3.027	2.35
65	27	38	0.84	5	6	YD	0.170	2.3
67	21	44	0.84	10	16	D	0.131	3.2
68	75	44	0.84	5	16	D	0.065	3.2
69	22	44	0.84	10	16	D	0.131	3.2
73	73	134	0.9	5	70	E	0.380	4.58
74	74	134	0.9	5	70	E	0.380	4.58
76	71	30	0.84	25	4	YD	0.968	1.19
77	32	23	0.84	7	6	D	0.883	1.43
78	33	23	0.84	15	6	D	1.891	1.43
79	34	23	0.84	15	6	D	1.891	1.17
80	30	105	0.85	5	35	YD	0.098	0.97
81	31	105	0.85	13	35	YD	0.256	1

82	29	38	0.84	10	6	YD	0.341	1.03
83	28	23	0.84	18	6	D	2.269	1.53
87	49	85	0.86	10	35	D	0.692	2.530
88	50	85	0.86	10	35	D	0.692	2.530
99	55	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	3.084
101	56	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	3.867
103	57	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	3.924
106	58	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	3.770
108	59	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	4.271
110	60	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	3.877
112	61	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	4.032
114	62	6.8	0.82	10	1.5	D	1.408	4.186
100	63	16	0.82	10	2.5	D	1.275	3.049
102	64	16	0.82	10	2.5	D	1.275	3.832
104	65	16	0.82	10	2.5	D	1.275	3.889
107	66	16	0.82	10	2.5	D	1.275	3.734
109	67	16	0.82	10	2.5	D	1.275	4.236
111	68	16	0.82	10	2.5	D	1.275	3.842
113	69	16	0.82	10	2.5	D	1.275	3.997
115	70	16	0.82	10	2.5	D	1.275	4.151
116	52	59	0.86	10	25	D	0.809	3.806
117	54	59	0.86	10	25	D	0.809	3.806
120	51	59	0.86	10	25	D	0.809	4.800
121	53	59	0.86	10	25	D	0.809	4.800

Tabla 6.1: Tendidos terminales y caída de tensión en bornes de cada motor

CAPITULO 7: SISTEMA DE EMERGENCIA

7.1 Aspectos generales para la selección del grupo

En el capítulo 2 se menciona la instalación de un grupo electrógeno que abastecerá los circuitos de iluminación y el ascensor en las situaciones en que falte la alimentación de la red. Para la selección del mismo se consideran varios aspectos. El mas importante de ellos es la demanda de corriente, la cuál se muestra en la tabla 7.1. Donde se establecen las simultaneidades a considerar.

fase R(cos)	fase R(sen)	Fase S(sen)	Fase S(cos)	Fase T(sen)	Fase T(cos)	Consumo
9.409	9.660	0	0	0	0	Primer piso Acceso a galería
0	0	10.2	10.5	0	0	4to piso Distribución
0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	10.8	5to piso sala de control
9.4	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6to piso deposito
0.0	0.0	10.76	11.7	0.0	0.0	7mo piso distribución a balanzas
2.7	1.3	1.3	2.7	9.3	8.7	8vo piso sala maquinas noria
2.3	1.1	1.1	2.3	1.1	2.3	galería inclinada
0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	sala de maquinas ascensor
6.5	4.4	4.4	6.5	4.4	6.5	motor ascensor
26.5	11.7	11.7	26.5	11.7	26.5	dársena de embarque
12.4	6.1	6.1	12.4	6.1	12.4	Plantas sótano bajo silo
2.5	1.2	1.2	2.5	1.2	2.5	Palier
8.34	4.02	4.02	8.34	4.0	8.3	iluminación exterior y plataformas
11.0	12.1	12.1	11.0	12.10	11.02	Plantas tercer piso
90.994	60.937	62.848	94.403	60.618	89.949	
109.51	0.83	113.4	0.83	108.46	0.83	totales

Tabla 7.1 : Demanda de corriente generador de emergencia

7.2 Características del generador seleccionado

El generador seleccionado es un alternador 4 Polos Sincrónico 380Y/220D 50hz. Para servicio de emergencia, que puede ser utilizado en servicio permanente con una demanda fraccionaria de su potencia. Las características del mismo se resumen a continuación.

Potencia Continuo [kVA] 106.00 Potencia Emergencia [kVA]116.00

Rend. 4 / 4 Cos fi 0.8 % 90.40 % Reac. Subtrans. Xd 12.60 %

RAT BASLER AVC 63-4A Peso Neto Kgs. 350.00 Kgs.

- **Ventilación:** Axial, con entrada de aire desde el lado opuesto al accionamiento.
- **Protección Mecánica:** IP 23 normal
- **Aislamiento:** clase H.
- **Impregnación:** VPI (vacío y presión).
- **Precisión del Voltaje:** De vacío a plena carga, coseno Fi 0,8: $\pm 0,5\%$ para velocidad constante.
- **Capacidad de Arranque de Motores:** 1 HP por cada kVA del alternador.
- **Caída Transitoria del Voltaje:** Menos del 18% cuando se aplica la plena carga a coseno Fi 0,8.

- **Marcha con Carga Monofásica:** Hasta una potencia igual a 0,65 de la trifásica normal de catálogo.
- **Voltajes:** Los alternadores se suministran normalmente a 12 terminales estrella con neutro accesible.
- **Ajuste Manual de la Tensión:** $\pm 5\%$ del valor nominal. Un reóstato externo puede conectarse para hacerlo a distancia.
- **Forma de Onda:** El porcentaje residual de armónicas es menor del 4% para tensiones de fase y con cargas lineales trifásicas.
- **Radio Interferencias:** Normalmente son grado G según normas VDE 0875.
- **Interferencias Telefónicas:** THF menor 2% (BS 4999). TIF menor 50 (ASA C 50.12).
- **Corriente de Cortocircuito:** Mayor de 3 veces la nominal.
- **Potencias:** Los valores de tabla de potencia están referidos a temperatura ambiente 40°C , sobre el nivel del mar menor o igual a 1000 m. y coseno Fi 0,8. Para temperatura ambiente mayor a 40°C la degradación de potencia es de 4 % cada 5°C de incremento.
- **Sobrecargas:** 10% de sobrecarga durante 1 hora cada 6 horas. 2,5 veces la corriente nominal 3 Minutos.

7.3 Cálculo de la impedancia

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en generadores, debe considerarse la atenuación de la corriente inicial de cortocircuito, en donde adquiere gran preponderancia la saturación de la máquina. Se definen tres estados para la condición de falla, el subtransitorio, el transitorio y el permanente.

Debe calcularse la intensidad de cortocircuito para todo el circuito alimentado desde el generador, no a los efectos de dimensionar, sino a los efectos de verificar que las protecciones asignadas a los circuitos aseguren la apertura inmediata ante una falla en estas condiciones. En este capítulo solamente se determina la impedancia del generador. La impedancia en cada punto de interés y los valores de corriente de falla se determinan en el capítulo 8.

Para calcular la reactancia subtransitoria del generador se considera la expresión siguiente. Mientras que para la determinación del valor de Resistencia se considera $R = 0.15 \times X_{d''}$ para generadores de baja tensión. Luego los valores referidos son.

$$X_{d''} = (x_{d''} \times U_N^2) / (100 \times S_N) = 12.6 \times 0.4 \times 0.4 / 100 \times 0.106 = \mathbf{0.1902 \Omega}$$

$$R = 0.15 \times X_{d''} = \mathbf{0.02853 \Omega}$$

La corriente de cortocircuito que aporta el grupo al tablero principal, está limitada además por la impedancia del conductor de acometida, cuya longitud del tendido es 10 metros y el conductor empleado es $3 \times 1 \times 35 + 1 \times 16$. Por lo tanto la impedancia total hasta el tablero principal es $\mathbf{Z = 0.0377 + J 0.19172 \Omega}$

CAPITULO 8: CALCULO DE CORTOCIRCUITOS

8.1 Introducción

En esta sección se calcularán las corrientes de falla trifásica, para cada uno de los tableros seccionales que componen la instalación y también para el tablero principal. Para los cálculos que se siguen a continuación se aplica el método de las impedancias, según se lo describe en IEC 60909.

El calculo de la corriente de falla en los distintos puntos de la instalación presenta gran importancia desde el punto de vista de la protección de la misma. En función de este valor se determinan el poder de corte de los interruptores automáticos, se dimensionan sistemas de barras y se verifican conductores por esfuerzo térmico en condición de falla.

Toda instalación eléctrica debe estar protegida contra los cortocircuitos, y esto salvo excepciones; en cada punto donde se presenta discontinuidad eléctrica, que en general se corresponde con un cambio de sección de los conductores. Esto permite intuir que en la protección de una instalación eléctrica se deben combinar varios elementos. De las características de esta combinación uno de los conceptos más importantes es el de selectividad. Se dice que existe selectividad en las protecciones cuando ante la aparición de un defecto, solamente se aísla la salida involucrada mediante la protección situada más inmediatamente aguas arriba del punto de defecto. La selectividad mejora la continuidad del servicio y por lo tanto la disponibilidad de energía, este aspecto se trata en detalle en el capítulo 10.

8.2 Impedancia de los elementos del sistema

Para el cálculo a continuación, se considera a los efectos de la seguridad en el mismo, que la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, es infinita. En cuanto a las impedancias intercaladas en el sistema, éstas se componen por las impedancias de los transformadores, y de los conductores referidas, éstas ultimas a la temperatura de 70 °C. No son consideradas, en primera instancia; las impedancias de los elementos de protección limitadores de la corriente de cortocircuito, caso interruptores automáticos, o fusibles de alta capacidad de ruptura. En la tabla 8.1 se muestran los valores de impedancia para los transformadores, mientras que en la tabla 8.2 se hace referencia a los demás elementos que componen la instalación.

Para los transformadores se obtienen los valores de R y X. Considerando que el valor de la tensión de cortocircuito $U_{cc} \%$ es igual al 5 %.

0.00240	R
0.008	Z
0.00763	X

Tabla 8.1: Impedancia transformador 1000 KVA ucc 5 %

Línea	sección	R	x	R	X	Metros	ternas
L1	400	0.047	0.138	0.0003995	0.001173	17	2
L2	400	0.047	0.138	0.0003995	0.001173	17	2
L3	150	0.124	0.081	0.00868	0.00567	70	1
L4	70	0.268	0.080	0.021172	0.00632	79	1
L5	10	1.83	0.111	0.01647	0.000999	9	1
L6	150	0.124	0.081	0.007316	0.004779	59	1
L7	35	0.524	0.082	0.0131	0.00205	25	1

L8	400	0.047	0.08	0.0024205	0.00412	103	2
L9	95	0.193	0.144	0.009071	0.006768	47	1
L10	95	0.193	0.086	0.014475	0.00645	75	1
L11	50	0.387	0.082	0.033282	0.007052	86	1
L12	150	0.091	0.083	0.0210092	0.017596	212	1
L13	240	0.0754	0.082	0.004373	0.005785	58	1
L14	400	0.047	0.08	0.0046295	0.00788	197	2
L15	185	0.0991	0.08	0.0085226	0.00688	86	1
L91	10	1.83	0.082	0.02196	0.000984	12	1
L92	10	1.83	0.082	0.06771	0.003034	37	1
L93	10	1.83	0.082	0.11895	0.00533	65	1
L94	16	1.15	0.089	0.1012	0.007832	88	1
L95	16	1.15	0.089	0.1495	0.01157	130	1
L96	25	0.727	0.088	0.10905	0.0132	150	1
L97	25	0.727	0.088	0.12359	0.01496	170	1
L98	25	0.727	0.088	0.13813	0.01672	190	1
L105	150	0.124	0.078	0.016368	0.010296	132	1
L40	120	0.153	0.084	0.006885	0.00378	45	1
L80	35	0.524	0.078	0.00131	0.000195	5	2
L81	35	0.524	0.078	0.003406	0.000507	13	2
L82	6	3.08	0.099	0.0154	0.000495	10	2
L83	6	3.08	0.099	0.02772	0.000891	18	2
L76	4	4.61	0.097	0.057625	0.0012125	25	2
L20-21	16	1.15	0.089	0.0046	0.000356	8	2
L18	4	4.61	0.097	0.066845	0.0014065	29	2
L16	2.5	7.41	0.095	0.03705	0.000475	5	1
L49	16	1.15	0.089	0.014375	0.0011125	25	2
L52	4	4.61	0.097	0.12447	0.002619	27	1
L36	6	3.08	0.099	0.0308	0.00099	10	1
L22	10	1.83	0.093	0.0183	0.00093	20	2
L26	4	4.61	0.097	0.05993	0.001261	13	1
L27	2.5	7.41	0.095	0.11115	0.001425	15	1
L28	16	1.15	0.089	0.04025	0.003115	35	1
L29	6	3.08	0.099	0.0462	0.001485	15	1
L67	16	1.15	0.089	0.00575	0.000445	5	1
L59	2.5	7.41	0.095	0.23712	0.00304	32	1
L61	4	4.61	0.097	0.11064	0.002328	24	1
L62	6	3.08	0.099	0.0308	0.00099	20	2
L63	10	1.83	0.093	0.01098	0.000558	12	2
L64	10	1.83	0.093	0.0366	0.00186	40	2
L73	70	0.268	0.088	0.00134	0.00044	5	1
L99	1.5	12.1	0.101	0.121	0.00101	10	1
L100	2.5	7.41	0.095	0.0741	0.00095	10	1
L87	35	0.524	0.078	0.00524	0.00078	10	1
L116	25	0.727	0.088	0.00727	0.00088	10	1

Tabla 8.2 : Valores de resistencia y reactancia tendidos seccionales

Los valores de impedancia efectiva, expresados en Ω , para cada punto de la red y considerando en cada caso la totalidad de los elementos que son afectados por la corriente de falla. Se resumen en la tabla 8.3

Tablero Seccional	Impedancia
tablero principal	0.009238867
Sobre silo	0.018474048
Extensión sobre silo	0.03871088
Sala de tableros	0.033834051
secadora	0.016936209
silos pasantes	0.026988868
sala de norias	0.013938847
plataformas	0.019580908
Bajo silo	0.023045792
Extensión bajo silo	0.055258848
sala de bombas	0.035550546
primer piso	0.015340637
galería inclinada	0.018263708
galería horizontal 2 tramo	0.028455928
torre embarque 1	0.034291248
torre embarque 2	0.077683271
torre embarque 3	0.128272684
torre embarque 4	0.11136121
torre embarque 5	0.159452277
torre embarque 6	0.120251576
torre embarque 7	0.134786326
torre embarque 8	0.149342841
Cintas horizontal 1 tramo	0.035975621
Sala de norias	0.024973724
Acceso galería de embarque	0.01900758

Tabla 8.3: Impedancia tableros seccionales

8.3 Impedancia de los elementos del circuito de iluminación

Se trata en forma especial estos circuitos debido a que se presentan dos valores de impedancia uno para el caso en que la alimentación provenga desde la red de distribución. El otro valor corresponde a la alimentación desde el grupo generador. Los valores de impedancia para cada una de las secciones y para ambos casos se muestran en la tabla 8.4. Los valores de impedancia del generador y su acometida hasta el tablero principal se detallan en el capítulo 7.

Sección	Impedancia emergencia	Impedancia red	R / X emergencia	R / X Red
tablero principal	0.194671444	0.009238867	0.176142291	0.31796191
Tablero principal iluminación	0.202744008	0.023270546	0.253663749	0.25366375
Primer piso	0.235839596	0.097189671	0.638014284	0.12485473
Cuarto piso	0.275277747	0.158476057	0.939150802	0.11529755
Quinto piso	0.28636354	0.173835341	1.013573986	0.10565968
Sexto piso	0.297833945	0.189202363	1.087657506	0.103234
Octavo piso	0.26367787	0.13922311	0.833312764	0.10083868
Galería inclinada	0.235026297	0.093695107	0.614512585	0.10832297
galería horizontal	0.23200616	0.070486741	0.451153773	0.11551484
Séptimo piso	0.240331723	0.10278073	0.658678159	0.11632895
Sótano y bajo silo	0.22764743	0.081974551	0.561460957	0.11411195

Tercer piso y sobre silo	0.229963607	0.084625913	0.570141409	0.11752435
sala de tableros	0.234249401	0.089898282	0.588774398	0.11688609

Tabla 8.4 Valores comparativos de impedancia para alimentación desde red y emergencia

8.4 Cálculo de Corrientes de cortocircuito

Con estos valores de impedancia efectivos para cada tablero seccional, se calculan los valores de la corriente de falla, expresados en KA, el resumen de los mismos se muestra en la tabla 8.5. En la última columna, se expresan los valores de corriente total considerando el aporte de los motores a cada tablero seccional y también al tablero principal, para esta determinación se considera el factor de simultaneidad correspondiente a cada tablero seccional. Se expresa además, el valor de la corriente impulso I_s , que depende de la relación R / X en cada punto de la red. Para el valor R / X se considera la suma de dos términos, uno que tiene en cuenta la relación R / X de la impedancia intercalada entre el transformador y el tablero seccional y otro que tiene en cuenta la relación R / X de la corriente aportada por los motores y la impedancia intercalada entre el o los motores y el tablero seccional. Por último se considera además que el punto de defecto se encuentra lejano a los alternadores.

Tablero seccional	ICC	R/X	IS	ICC
tablero principal transformador 1 y 2	25.0	0.32	42.3	37.4
Sobre silo	12.5	0.79	19.4	12.9
Extensión sobre silo	6	1.57	8.8	6.8
Secadora	13.6	0.75	26.9	15.1
silos pasantes	8.3	1.5	12.2	8.7
sala de norias	16.6	0.45	29.2	21.2
Plataformas	11.8	0.76	20.8	13.5
Bajo silo	10.0	1.13	15.5	11.7
Extensión bajo silo	4.2	2.25	6.2	4.9
sala de bombas	6.5	0.9	12.4	8.1
Acceso galería de embarque	15.1	0.55	24.4	16.5
galería inclinada	12.6	0.44	22.3	13.8
galería horizontal 2 tramo	8.1	0.68	14.1	8.7
Torre embarque 1	6.7	1.66	10.4	6.7
torre embarque 2	3	3.8	4.4	3
torre embarque 3	1.7	5.75	4.0	1.8
torre embarque 4	2.1	4.45	3.1	2.1
torre embarque 5	1.4	5.58	2.1	1.4
torre embarque 6	1.9	3.91	2.8	1.9
torre embarque 7	1.7	4.15	2.5	1.8
torre embarque 8	1.5	4.37	2.3	1.5
galería horizontal 1 tramo	6.4	0.88	9.7	7.3

Tabla 8.5: Corriente de cortocircuito en cada tablero seccional

8.5 Calculo Corrientes de cortocircuito circuitos de iluminación

Se trata en forma especial estos circuitos debido a que se presentan dos valores de corriente de falla uno para el caso en que la alimentación provenga desde la red de distribución. El otro valor corresponde a la alimentación desde el grupo generador. Los valores de corriente de falla para cada una de las secciones y para ambos casos se muestran en la tabla 8.6

Sección	ICC emergencia	IS emergencia	ICC red	IS Red
tablero principal	1.18630705	1.75632759	24.99658	40.5319604
Tablero principal iluminación	1.13907242	1.68639671	9.92414	16.0919896
Primer piso	0.97922534	1.44974311	2.37618	3.85297514
Cuarto piso	0.83893489	1.24204311	1.45726	2.36293981
Quinto piso	0.80645779	1.19396076	1.32850	2.15416142
Sexto piso	0.77539888	1.14797804	1.22060	1.97920036
Octavo piso	0.87584183	1.29668383	1.65878	2.68970707
Galería inclinada	0.98261391	1.45475989	2.46480	3.99668026
galería horizontal	0.99540507	1.4736972	3.27636	5.31262166
Séptimo piso	0.96092228	1.42264544	2.24692	3.64338125
Sótano y bajo silo	1.01446393	1.50191385	2.81722	4.56811755
Tercer piso y sobre silo	1.00424633	1.48678669	2.72895	4.42499668
sala de tableros	0.98587278	1.45958464	2.56890	4.16547876

Tabla 8.6: Comparativa de corrientes de cortocircuito alimentación desde red y grupo

8.6 Verificación de conductores

Debe verificarse que los conductores, soporten la corriente térmica equivalente durante el tiempo en que actúen las protecciones. Para ello debe calcularse el valor de la corriente IKM para luego verificar el esfuerzo térmico de los conductores ante un cortocircuito. Debe comprobarse para cada línea la desigualdad $K \times S / \text{Raíz}(T) \geq \text{IKM}$ Donde.

- K, constante que depende del material conductor y del material aislante del cable, Siendo para cables de cobre- Pvc, $K = 114$.
- S, Sección del conductor.
- T, Tiempo de actuación de protección para la corriente de falla en el punto inicial de cada trayecto – Ver capítulo 10- .

El resumen de los valores obtenidos se muestra en la tabla 8.7

Tablero seccional	ICC	κ	R/X	IKM	S	KS/RAIZ(T)
tablero principal transformador 1 y 2	25.0	1.45	0.32	27400	2 x 400	235477
Sobre silo	12.5	1.1	0.79	15400	150	171100
Extensión sobre silo	6	0.85	1.57	7800	70	79800
secadora	13.6	1.1	0.75	23180	150	171000
silos pasantes	8.3	0.85	1.5	10360	35	39900
sala de norias	16.6	1.3	0.45	19500	2 x 400	526543
plataformas	11.8	1.1	0.76	13450	95	76580
Bajo silo	10.0	0.9	1.13	10220	95	108300
Extensión bajo silo	4.2	0.85	2.25	5125	50	57000
sala de bombas	6.5	0.95	0.9	7930	185	210900
Acceso galería de embarque	15.1	1.2	0.55	15800	240	122357
galería inclinada	12.6	1.3	0.44	16900	2 x 400	912000
galería horizontal 2 tramo	8.1	1.15	0.68	10090	185	210900
Torre embarque 1	6.7	0.85	1.66	8175	10	11400
torre embarque 2	3	0.85	3.8	3660	10	11400
torre embarque 3	1.7	0.85	5.75	2075	10	11400
torre embarque 4	2.1	0.85	4.45	2560	16	18240
torre embarque 5	1.4	0.85	5.58	1710	16	18240
torre embarque 6	1.9	0.85	3.91	2320	25	28500

torre embarque 7	1.7	0.85	4.15	2075	25	28500
torre embarque 8	1.5	0.85	4.37	1830	25	28500
galería horizontal 1 tramo	6.4	0.9	0.88	7880	150	171000

Tabla 8.7: Verificación térmica de conductores seccionales.

Deben verificarse además los conductores de los circuitos de iluminación, se considera para ellos alimentación desde la red, dado que ante una determinada falla, las solicitudes serán mayores que en caso de alimentación desde el grupo. En la tabla 8.8 se detalla la verificación de los conductores mencionados.

Sección	R / X Red	ICC red	κ	sección	IKM	KS/RAIZ(T)
Tablero principal iluminación	0.2536	9.92	1.45	70	13990	79800
Primer piso	0.1248	2.38	1.7	6	3720	6840
Cuarto piso	0.115	1.45	1.7	6	2270	6840
Quinto piso	0.1056	1.3	1.75	6	2030	6840
Sexto piso	0.103	1.2	1.75	6	1880	6840
Octavo piso	0.1008	1.65	1.75	10	2580	11400
Galería inclinada	0.1083	2.40	1.75	10	3760	11400
galería horizontal	0.1155	3.26	1.7	70	5102	108300
Séptimo piso	0.1163	2.24	1.7	10	3500	11400
Sótano y bajo silo	0.1141	2.8	1.7	6	4384	6840
Tercer piso y sobre silo	0.1175	2.72	1.7	10	4250	11400
sala de tableros	0.1168	2.50	1.7	16	3915	18240

Tabla 8.8: Verificación térmica de conductores seccionales de iluminación

CAPITULO 9: SELECCION DE APARATAJE

9.1 Consideraciones previas

En esta sección se seleccionan todos los aparatos de maniobras para los distintos tendidos y motores. En las salidas a motor se busca que la asociación de dispositivos, cumpla con las funciones que recomienda IEC 60-947. Estas funciones son

- Seccionamiento
- Interrupción
- Comando
- Protección contra sobrecargas
- Protección contra cortocircuitos.

9.2 Salidas a motor

Para las funciones seccionamiento e interrupción se disponen al comienzo y al final de cada línea seccional un seccionador rotativo con manija que cumple perfectamente todas las condiciones de seccionamiento. En cuanto a las salidas a motor, la función seccionamiento es realizada por el interruptor guardamotor asociado a la misma cuya función principal es la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

En cuanto a la función comando en todos los casos se realiza por medio de contactores, que han sido elegidos para una clase de servicio AC-3, a excepción de los contactores que comandan los motores de las torres de embarque y el accionamiento del ascensor, cuya clase de servicio es AC-4.

Para las salidas con arranque estrella triangulo, la protección ante sobrecargas del motor se realiza por medio de un Relé térmico instalado en las fases del motor, para el cuál el valor de ajuste resulta ser igual a 0.58 veces la corriente nominal del motor. En cuanto a la protección contra cortocircuito de los aparatos que conforman la salida, se realiza a través interruptores guardamotors de disparo magnético conectados en la línea del circuito, seleccionados para el valor de corriente nominal del motor. Para las salidas con arranque directo la protección se realiza por medio de un interruptor guardamotor. Lo mismo que para las salidas con arranque electrónico con corrientes de hasta 100 A.

Es importante destacar que la asociación de aparatos ha sido conforme a las recomendaciones del fabricante de forma tal de obtener una coordinación tipo 2. Que prevé que en caso de avería el material instalado no debe ocasionar peligro a las personas y luego de solucionada la falla, debe ser capaz de funcionar sin reparaciones ni recambio de piezas. De esta forma se reducen los tiempos de puesta en servicio en caso de falla, con lo cuál se aumenta la disponibilidad del mismo. El detalle de las salidas a motor se muestra en la tabla 9.1

Detalle Motor	HP	Corriente	K1M	K2M	K3M	Térmico	interruptor
central hidráulica n° 1	50	72	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136- 4GB0	3RV1341- 4KC10
central hidráulica n° 2	50	72	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136- 4GB0	3RV1341- 4KC10
central hidráulica n° 3	50	72	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136- 4GB0	3RV1341- 4KC10
plataforma descarga n°	12.5	20	3 RT	0	0	0	3RV1021-

1			1026				4CA10
plataforma descarga n° 2	12.5	20	3 RT 1026	0	0	0	3RV1021-4CA10
plataforma descarga n° 3	12.5	20	3 RT 1026	0	0	0	3RV1021-4CA10
ventilador n° 1 secadora	40	59	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136-4EB0	3RV1341-4JC10
ventilador n° 2 secadora	40	59	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136-4EB0	3RV1341-4JC10
ventilador n° 3 secadora	40	59	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136-4EB0	3RV1341-4JC10
ventilador n° 4 secadora	40	59	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136-4EB0	3RV1341-4JC10
soplador de aire secadora	7.5	12	3 RT1025	0	0	0	3RV1021-4AA10
basculante secadora	1.5	2.7	3 RT1015	0	0	0	3RV1011-1DA10
noria secadora	15	26	3RT1026	0	0	0	3RV1021-4CA10
redler descarga secadora	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1021-4DA10
redler carga secadora	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1021-4DA10
Compresor descarga camiones	5.5	8.7	3 RT1017	0	0	0	3RV1011-1JA10
compresor descarga camiones	5.5	8.7	3 RT1017	0	0	0	3RV1011-1JA10
ventilador n°1 silos pasantes	15	21	3 RT1026	0	0	0	3RV1021-4DA10
ventilador n°2 silos pasantes	15	21	3 RT1026	0	0	0	3RV1021-4DA10
ventilador n°3 silos pasantes	15	21	3 RT1026	0	0	0	3RV1021-4DA10
cinta bajo silo n° 1	30	44	3RT1036	0	0	0	3RV1031-4HA10
cinta bajo silo n° 2	30	44	3RT1036	0	0	0	3RV1031-4HA10
cinta recepción camiones	12.5	20	3RT1026	0	0	0	3RV1021-4CA10
redler descarga camiones noria 2	25	38	3RT 1026	3RT 1026	3RT 1024	3RU1126-4DB0	3RV1331-4FC10
aspiración sótano	40	59	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136-4EB0	3RV1341-4JC10
aspirador polvos bajo silo	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1321-4DC10
barrido sótano	25	38	3 RT 1026	3RT 1026	3RT 1024	3RU1126-4DB0	3RV1331-4FC10
aspiración 1° piso	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1321-4DC10
barrido 1° piso	25	38	3RT 1026	3RT 1026	3RT 1024	3RU1126-4DB0	3RV1331-4FC10
despuntadora n° 1	75	105	3RT	3RT	3RT	3RU1146-	GL 160

			1045	1045	1036	4JB0	
despuntadora n° 2	75	105	3RT 1045	3RT 1045	3RT 1036	3RU1146- 4JB0	GL 160
chamisquera n° 1	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1021- 4DA10
chamisquera n° 2	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1021- 4DA10
Chamisquera n° 3	15	23	3 RT1026	0	0	0	3RV1021- 4DA10
separador de discos 3° piso	7.5	13.5	3 RT1025	0	0	0	3RV1021- 4AA10
noria recepción n° 1	150	206	3RT1065	0	0	0	GL 250
noria recepción n° 2	150	206	3RT1065	0	0	0	GL 250
noria embarque n° 3	150	206	3RT1065	0	0	0	GL 250
noria embarque n° 4	150	206	3RT1065	0	0	0	GL 250
noria limpieza n° 5	30	46	3RT1036	0	0	0	GL 63
aspiración 3° piso	20	30	3RT 1026	3RT 1026	3RT 1024	3RU1126- 4BB0	3RV1331- 4DC10
barrido 3° piso	40	59	3 RT 1035	3RT 1035	3RT 1034	3RU1136- 4EB0	3RV1341- 4JC10
cinta sobre silos n° 1	30	44	3RT1036	0	0	0	3RV1031- 4HA10
cinta sobre silos n° 2	30	44	3RT1036	0	0	0	3RV1031- 4HA10
redler unión norias 1 y 2	20	30	3RT 1026	3RT 1026	3RT 1024	3RU1126- 4BB0	3RV1331- 4DC10
ascensor	5.5	8.7	3RT1023	0	0	0	3RV1021- 1JA10
compresor 5° piso	5.5	8.7	3RT1017	0	0	0	3RV1021- 1JA10
bomba elevadora piso 7	2	3.4	3RT1015	0	0	0	3RV1011- 1EA10
cinta inclinada embarque n° 1	60	85	3RT1046	0	0	0	3RV1041- 4MA10
cinta inclinada embarque n° 2	60	85	3RT1046	0	0	0	3RV1041- 4MA10
cinta n° 1 embarque 1° tramo	40	59	3RT1044	0	0	0	3RV1041- 4JA10
cinta n° 1 embarque 2° tramo	40	59	3RT1044	0	0	0	3RV1041- 4JA10
cinta n° 2 embarque 1° tramo	40	59	3RT1044	0	0	0	3RV1041- 4JA10
cinta n° 2 embarque 2° tramo	40	59	3RT1044	0	0	0	3RV1041- 4JA10
caño embarque n° 1	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021- 1HA10
caño embarque n° 2	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021- 1HA10
caño embarque n° 3	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021- 1HA10
caño embarque n° 4	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021- 1HA10

caño embarque n° 5	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021-1HA10
caño embarque n° 6	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021-1HA10
caño embarque n° 7	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021-1HA10
caño embarque n° 8	4	6.8	3 RT1025	0	0	0	3RV1021-1HA10
grúa caño de embarque n° 1	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 2	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 3	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 4	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 5	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 6	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 7	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
grúa caño de embarque n° 8	10	16	3 RT1035	0	0	0	3RV1021-4BA10
aspiración galería de embarque	20	30	3RT 1026	3RT 1024	3RT 1024	3RU1126-4BB0	3RV1331-4DC10
aspiración galería de embarque	25	38	3RT 1026	3RT 1024	3RT 1024	3RU1126-4DB0	3RV1331-4FC10
bomba de incendio	100	134	3RW405 6	0	0	0	3VL3720-2DC36
bomba torres secado	100	134	3RW405 6	0	0	0	3VL3720-2DC36
cinta bajo silo n° 3	30	44	3RT1036	0	0	0	3RV1031-4HA10

Tabla 8.1 : Detalle aparatos de salidas a motor

9.3 Salidas a capacitores

Merece un tratamiento especial las salidas de capacitores que están presentes en los distintos tableros seccionales. Para este tipo de salidas, los conductores son cables unipolares de tipo flexible, cuyo tendido no sale de la envolvente en que esta montado el aparataje y se realiza por dentro de cable canal ranurado para interior de tablero. Para el calculo se ha considerado según recomienda **IEC 861-1**. 1.4 veces la corriente nominal del capacitor. En cuanto a las funciones seccionamiento, interrupción y protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realizan por medio de una llave Termomagnética tipo EN 60898 característica D. Que ha sido dimensionada según recomienda IEC 861-2. Esto es considerando 1.5 veces la corriente nominal del capacitor. Pero sin dejar de lado la coordinación tipo 2 con el contactor que realiza la función de comando, ni mucho menos la capacidad máxima de conducción del cable asociado, de forma tal que. $I_n < I_p < I_c$ Donde

- I_n : 1.5 veces corriente nominal del capacitor
- I_p : calibre de protección.
- I_c : corriente máxima de conducción del cable

En cuanto a la función de conmutación, esta se realiza por medio de contactores especiales para capacitores con resistencia de preinserción, cuya selección se realiza en función de la potencia del capacitor a instalar. El detalle de las salidas a capacitor se muestra en la tabla 9.2

Potencia capacitor	Corriente nominal	Contactador	protección
10 Kvar	14.4	3RT1617	Curva D 20 Amper
15 Kvar	21.7	3RT1627	Curva D 32 Amper
20 Kvar	29	3RT1627	Curva D 40 Amper
25 Kvar	36.1	3RT1627	Curva D 50 Amper
30 Kvar	43.3	3RT1647	Curva D 63 Amper
40 Kvar	57.8	3RT1647	Curva D 80 Amper
50 Kvar	72.2	3RT1647	Curva D 100 Amper

Tabla 9.2:Detalle de salidas a capacitor en función de la potencia en Kvar

Otro aspecto que se tiene en cuenta en el diseño, es la capacidad de ruptura de los interruptores termomagnéticos Tipo EN60898. Nótese que en la mayoría de los tableros seccionales las salidas motor se encuentran protegidas por guardamotors, o bien por interruptores tipo IEC 60947 ambos elementos con alta capacidad de ruptura del orden de 50 Ka, o mas. Sin embargo se presentan por otro lado y en los mismos tableros otro tipo de salidas, caso las salidas de capacitores, protegidas por llaves termomagnéticas Tipo EN 60898 característica D. En cuyo caso la capacidad de ruptura de estos interruptores debe ser compatible con la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación, según recomienda AEA 2002. Por este motivo se utilizan elementos con capacidad de ruptura, 10, 15 y 25 KA. Según el punto de instalación.

9.4 Salidas de iluminación

Para las salidas de iluminación ubicadas en los distintos tableros seccionales los conductores que se emplean son cables subterráneos bipolares o tetrapolares según la sección que corresponda,- ver capítulo 11. El tendido de los mismos se realiza entubado. La determinación de las secciones de conductor se realiza en el capítulo 5 Sección 16.3. En cuanto a las funciones Conmutación, seccionamiento, interrupción y protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realizan por medio de una interruptores Termomagnéticos tipo EN 60898 característica B. que han sido dimensionados según se lo recomienda en el reglamento AEA 2002, considerando la capacidad máxima de conducción del cable asociado, de forma tal que. $I_n < I_p < I_c$ Donde

- I_n : Corriente nominal del circuito
- I_p : Calibre de protección.
- I_c : Corriente máxima de conducción del cable

El detalle de las salidas de iluminación se muestra en la tabla 9.3

Sector	Potencia total[W]	Corriente	Corriente admisible	Protección	Sección
Primer piso Acceso a galería	750	3.4	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5
4to piso Distribución	1000	4.5	27.3	B 2 x 6	2 x 2.5
5to piso sala de control	500	2.27	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5
5to piso sala de control	550	2.5	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5

6to piso deposito	500	2.27	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5
6to piso deposito	250	1.2	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5
7mo piso distribución a balanzas	1250	5.7	27.3	B 2 x 6	2 x 2.5
8vo piso sala maquinas noria	875	1.33	23	B 4 x 4	4 x 2.5
8vo piso sala maquinas noria	875	1.33	23	B 4 x 4	4 x 2.5
galería inclinada	1500	2.3	23	B 4 x 4	4 x 2.5
sala de maquinas ascensor	220	1	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5
dársena de embarque	2700.0	4.1	23	B 4x 6	4 x 2.5
dársena de embarque	2700.0	4.1	23	B 4x 6	4 x 2.5
Escaleras galería	2000	3	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Torres de embarque	2080	3.15	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Iluminación muelle	3600	6.1	23	B 4x 6	4 x 2.5
Iluminación muelle	3600	6.1	23	B 4x 6	4 x 2.5
Plantas sótano bajo silo	1800	2.8	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas sótano bajo silo	1800	2.8	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas sótano bajo silo	1800	2.8	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas sótano bajo silo	1750	2.7	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas sótano bajo silo	300	1.4	27.3	B 2 x 4	2 x 2.5
Palier	1650	2.5	23	B 4 x 4	4 x 2.5
iluminación exterior y plataformas	1250	1.9	23	B 4 x 4	4 x 2.5
iluminación exterior y plataformas	1500	2.27	23	B 4 x 4	4 x 2.5
subestación y sala de tableros	1000	1.5	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas tercer piso	1800	2.8	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas tercer piso	1800	2.8	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas tercer piso	1800	2.8	23	B 4 x 4	4 x 2.5
Plantas tercer piso	1750	1.31	23	B 4 x 4	4 x 2.5

tabla 9.3 Detalle salidas de iluminación

9.5 Seccionadores circuitos seccionales.

Se deben elegir los seccionadores rotativos que se instalarán para cumplir la función de seccionamiento de las distintas desde el tablero principal y los seccionadores que deben cumplir la función de corte general en los tableros seccionales. Estos seccionadores se eligen por corriente nominal para una categoría de empleo AC-21. Para los seccionadores a instalar en el tablero principal se exige además que tengan bases portafusibles, donde se instalarán los fusibles que protegen las líneas seccionales- Ver capítulo 10 - mientras que para los restantes no se requiere la función de protección. En la tabla 9.4 se indica el seccionador a instalar en el tablero principal y en cada tablero seccional.

Sección	Corriente asignada	Seccionador de salida	Seccionador de entrada	Corriente asignada
Plataformas	275	3KL5740	3KA5740	400
Bajo silo	170	3KL5540	3KA5540	250
Iluminación	110	Sentron VL 160	3KA5340	160
Extensión Bajo silo	115	3KL5240	3KA5240	125
Acceso galería embarque	293	Sentron VL 400	3KA5740	400
Sala de Tableros	35	3KL5040		63

Secadora	387	3KL5740	3KA5740	400
Silos pasantes	83	3KL5240	3KA5240	125
Sobre silo	231	3KL5540	3KA5540	250
Extensión sobre silos	81	3KL5340	3KA5240	160
Sala de Bombas	278	3KL5740	3KA5740	400
Sala de Norias	810	Sentron VL 800	3KE45	1000
Galería de embarque	500	3KL6140	3KA6140	630
Galería horizontal 1° Tramo	232	3KL5540	3KA5540	250
Torre embarque 1	22		3LD2514	63
Torre embarque 2	22		3LD2514	63
Torre embarque 3	22		3LD2514	63
Torre embarque 4	22		3LD2514	63
Torre embarque 5	22		3LD2514	63
Torre embarque 6	22		3LD2514	63
Torre embarque 7	22		3LD2514	63
Torre embarque 8	22		3LD2514	63
Galería Horizontal 2° Tramo	102	3KL5340	3KA5240	160

Tabla 9.4: Detalle elementos que cumplen función seccionamiento en circuitos seccionales

9.6 Circuitos de acometida a torres de embarque.

Para los circuitos de acometida desde el tablero principal de la galería de embarque, hasta los tableros ubicados en cada torre de embarque, serán utilizados interruptores termomagnéticos Tipo EN 60898. Capacidad de ruptura 15 KA. Esto obedece a un único motivo principal de unificación de funciones. Por medio de este interruptor quedan aseguradas todas las funciones establecidas por IEC 60947. Para la selección de la característica de actuación de los mismos, se debe asegurar que para la longitud de cada tendido, en función de la sección del conductor y de la corriente de cortocircuito presunta en el tablero principal de la sección, que la actuación de la protección sea instantánea. Se considera para esto los valores recomendados por AEA 2002. Las características de las protecciones seleccionadas para cada torre se muestran en la tabla 9.5

Torre	Distancia[m]	Sección [mm ²]	Corriente admisible	Corriente de falla	protección
Torre 1	12	10	48	13.8	4 x 40 Curva D
Torre 2	37	10	48	13.8	4 x 40 Curva D
Torre 3	65	10	48	13.8	4 x 40 Curva D
Torre 4	88	16	64	13.8	4 x 50 Curva C
Torre 5	130	16	64	13.8	4 x 50 Curva C
Torre 6	150	25	81	13.8	4 x 63 Curva C
Torre 7	170	25	81	13.8	4 x 63 Curva C
Torre 8	190	25	81	13.8	4 x 63 Curva C

Tabla 9.5: Interruptores circuitos seccionales torres de embarque

Para los circuitos de iluminación, las salidas desde el tablero principal de iluminación están a cargo de interruptores tipo IEC 60898, en cuanto a los tableros seccionales de iluminación debe proveerse de una corte general sin necesidad de que el elemento utilizado cumpla funciones de protección. Los seccionadores empleados en cada tablero seccional se muestran en la tabla 9.6

Corriente	Seccionador corte general	Corriente asignada	Consumo
110	3KA5340	160	Tablero principal iluminación
13.5	3LD2213	32	Acceso a galería embarque
14.7	3LD2213	32	4to piso Distribución
14.9	3LD2213	32	5to piso sala de control
13.5	3LD2213	32	6to piso deposito
15.9	3LD2213	32	7mo piso distribución
12.7	3LD2213	32	8vo piso sala de norias
12.3	3LD2213	32	galería inclinada
10.9	3LD2213	32	sala de maquinas ascensor
38.4	3LD2514	63	dársena de embarque
23.1	3LD2213	32	bajo silo
1	3LD2213	32	Palier
18.7	3LD2213	32	exterior y plataformas
21.7	3LD2213	32	tercer piso

Tabla:9.6 Seccionadores de corte general tableros seccionales de iluminación

CAPITULO 10: SELECTIVIDAD DE LAS PROTECCIONES

10.1 Introducción

Se han diseñado ya todos los tendidos de los circuitos seccionales y terminales para las salidas a motor y también para las salidas de iluminación. Se han seleccionado también, las protecciones para las salidas a motor, salidas a capacitor, y salidas de iluminación. Se han calculado además las corrientes presuntas de cortocircuito para todas las secciones. Se deben seleccionar en este capítulo las protecciones para los circuitos seccionales, el interruptor principal de la planta y los fusibles de media tensión. Deben determinarse además los tiempos de apertura para las distintas secciones en función de las corrientes de falla presuntas y de las protecciones empleadas.

10.2 Protección de circuitos seccionales

Para la protección de líneas seccionales se utilizan fusibles de alta capacidad de ruptura característica de corte gL , que estarán montados en los seccionadores rotativos que están ubicados al comienzo de un nuevo circuito seccional, - ver capítulo 9-. el criterio de selección del calibre de la protección es el sugerido por DIN VDE 100 Parte 430. para la asignación de elementos para la protección de líneas. $I_n < I_p < I_c$ Donde

- I_n : corriente nominal del circuito
- I_p : calibre de protección.
- I_c : corriente máxima de conducción del cable

En la tabla 10.1 se muestran los valores de corrientes asignada, corriente admisible y calibre de la protección para los circuitos seccionales

Sección	Corriente asignada	Corriente admisible conductor	Calibre protección
Plataformas	275	342	315
Bajo silo	170	290	224
Iluminación	110	176	160
Extensión Bajo silo	115	122	125
Acceso galería embarque	293	355	355
Sala de Tableros	35	60	40
Secadora	387	436	400
Silos pasantes	83	104	100
Sobre silo	231	256	250
Extensión sobre silos	73	160	160
Sala de Bombas	278	318	300
Sala de Norias	810	925	1000
Galería de embarque	500	986	500
Galería horizontal 1° Tramo	232	327	250
Galería Horizontal 2° Tramo	102	255	160

Tabla 10.1 Asignación de fusibles para la protección de líneas seccionales

10.3 Selección del interruptor principal

El interruptor principal es la protección de mayor jerarquía en una instalación de Baja tensión. Esto significa que en caso de defecto esta protección debe ser la última en actuar. Por lo tanto realiza una función de respaldo de las protecciones de los circuitos seccionales.

El interruptor principal tiene como función además la protección ante sobrecargas del transformador de potencia. De hecho el ajuste del disparador térmico del mismo debe realizarse de acuerdo a la curva de capacidad del transformador, sin perder de vista, por supuesto el valor de corriente asignado en la acometida a la planta.

Para determinar la capacidad de sobrecarga de los transformadores instalados en la planta, se siguen las recomendaciones de VDE 0532, en la cuál se especifica el tiempo que puede operar un transformador con un cierto grado de sobrecarga, en función de la carga previa del mismo. Para este caso los valores esperados máximos de corriente son los indicados en las tablas 4.1-4.2, 4.3 y 4.4. En las cuales se muestra que para el transformador número 1 la corriente máxima esperada en una situación límite de trabajo es de 1160 Amper, mientras que para el transformador número 2 es de 1040 Amper.

Se considera por lo tanto para la determinación de la curva de sobrecarga de los transformadores que los mismos se encuentran operando con una carga previa del 75 %. Luego los valores límites de sobrecarga en el tiempo, se muestran en la tabla 10.2

Carga permanente previa (%)	Sobrecarga admisible en % de la carga nominal Durante el tiempo que se indica				
	10%	20%	30%	40%	50%
75	2 h	1h	30'	15'	8'

Tabla 10.2 Capacidad de sobrecarga del transformador

El interruptor a instalar queda definido por dos aspectos principales, el primero de ellos es la corriente máxima de ajuste, que debe ser del orden de la corriente nominal del transformador. El segundo punto por demás importante es poder de corte de servicio del mismo.

Para las acometidas de ambos transformadores se instalan interruptores de 1600 Amper, capacidad de ruptura de servicio 65 Ka. Existen otros aspectos que pueden motivar la instalación de un interruptor de mayores prestaciones, los cuales se analizan en el capítulo 14. En cuanto al valor de ajuste que el mismo debe presentar se debe analizar la variación de la curva de actuación de la protección en conjunto con la curva de capacidad. En la tabla 10.3 se muestra la comparativa de corrientes y tiempos para ambos elementos, considerando el valor de ajuste térmico del interruptor en 1100 Amper.

Corriente disparo[A]	Tiempo[SEG]	Corriente resistida[A]	Tiempo[SEG]
1265	25000	1650	7200
1375	2000	1800	3600
1650	1000	1950	1800
2200	350	2100	900
3300	100	2250	480

Tabla 10.3 Comparativa entre corriente de disparo y corriente admisible

Se observa en la tabla 10.3 que el ajuste en 1100 Amper, verifica la condición impuesta.

10.4 Selección del fusible de media tensión.

El fusible de media tensión, tiene como objetivo, por un lado servir de respaldo al interruptor principal de baja tensión, en la protección del transformador. Pero por otro lado tiene asignado otras funciones que son contempladas por la norma VDE 0532. Esta norma establece que el transformador debe soportar durante 2 segundos la corriente de cortocircuito limitada únicamente por su propia impedancia. Para un transformador con tensión de cortocircuito 5 %, este valor es 20 veces su corriente nominal. El fusible de media tensión debe proteger al transformador ante esta situación.

Otro aspecto que se considera en la elección del fusible de media tensión, es la corriente de conexión del transformador, aún siendo este energizado en vacío alcanza valores importantes. Debe notarse que esta corriente no se percibe en el secundario del mismo debido a que se trata de corriente magnetizante. No es deseado por lo tanto que el fusible de media tensión actúe ante la conexión del transformador, por lo tanto debe verificarse que la característica de la corriente transitoria de conexión no provoque la actuación del fusible.

El último aspecto que se debe tener en cuenta es la selectividad entre este fusible y el interruptor principal de baja tensión. Debe notarse para ello que no pueden ser comparadas en forma directa sus curvas características dado que están referidas a distintos valores de tensión, por lo tanto debe referirse la curva del fusible al lado de baja tensión del transformador, afectando la misma por la relación de transformación.

Un aspecto debe ser considerado en subestaciones a la intemperie es la corriente ocasionada por sobresaturación del núcleo magnético, debido a sobretensiones de origen atmosférico. En la práctica se considera el llamado punto de Saborsky, que consiste proteger con el fusible de media tensión un valor de 50 veces la corriente nominal que durante un tiempo menor a 0.02 segundos. Todo transformador ubicado a la intemperie debe estar protegido ante esta condición, mientras que en subestaciones bajo techo esta opción es optativa.

Luego de considerados estos aspectos, el fusible tipo HH elegido es de 100 Amper.

10.5 Gráficos de Selectividad

En el anexo número 2 se muestran los gráficos de selectividad para las distintas secciones. En las cuales se considera la selectividad entre la protección del motor de mayor potencia de cada sección y todas las protecciones antepuestas, hasta el fusible de media tensión. Indicándose además los valores de corriente de falla en cada punto de la instalación y verificando la selectividad en la misma. Se muestran además en los mismos gráficos, las curvas de actuación de las protecciones de las salidas a capacitores con el mismo criterio que el empleado para las salidas a motor.

10.5.1 Sala de Norias

Se observa en el gráfico Selectividad Sala de Norias del anexo 2, que no es posible obtener selectividad entre el fusible de 800 Amper propuesto originalmente para dicha salida seccional y el interruptor principal de la planta. Por tal motivo se decide por la instalación de un interruptor automático Tipo IEC60947. Cuyo poder de corte de servicio es de 65 Ka, siendo el valor de ajuste térmico 800 Amper y el ajuste magnético 8000 Amper. Esto ocasiona que a los efectos de la selectividad entre ambos elementos deba temporizarse la actuación magnética del interruptor principal

en 50 milisegundos. En cuanto a la salida motor analizada, está por un fusible tipo gL 250 Amper. Luego se verifica selectividad total para la salida analizada. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero seccional se tiene un tiempo de actuación igual a 30 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.2 Acceso a galería de embarque

Se verifica en el grafico Selectividad Acceso Galería de embarque del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, está protegida por un rele térmico bimetalico. Ajuste 60 Amper, clase de disparo 10. Este Relé esta coordinado con un fusible de alta capacidad de ruptura tipo NH de 160 Amper, característica de actuación gL. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.3 Sobre silos

Se verifica en el grafico Selectividad Sobre silos del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 59 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.4 Extensión sobre silos

Se verifica en el grafico Selectividad Extensión sobre silos del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor, analizada esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 44 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.5 Plataformas

Se verifica en el grafico Selectividad Plataformas del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, está protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 72 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.6 Bajo silo

Se verifica en el grafico Selectividad Bajo silo del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 59 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.7 Extensión bajo silo

Se verifica en el grafico Selectividad extensión bajo silo del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 44 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.8 Secadora

Se verifica en el grafico Selectividad secadora del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 59 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.9 Extensión secadora

Se verifica en el grafico Selectividad Extensión secadora del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 21 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.10 Sala de Bombas

Se verifica en el grafico Selectividad Sala de bombas del anexo 2, que no existe selectividad entre el interruptor de 160 Amper que protege el motor y el fusible de 315 Amper que protege el tendido desde el tablero principal, ante un cortocircuito en el tablero seccional. Por este motivo debe elegirse un calibre superior de fusible, pero al tiempo se debe aumentar la sección del conductor, dado que la corriente admisible del conductor actual es de 318 Amper. Se verifica en el grafico de selectividad que el fusible de 400 Amper, asegura selectividad para la salida, por lo tanto se redimensiona esta sección de conductor- ver capítulo 5.

En cuanto a la salida motor analizada, está protegida por un interruptor Automático de 160 Amper, ajuste térmico 134 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.11 Galería de embarque

Se verifica en el grafico Selectividad galería de embarque del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 85 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.12 Galería Horizontal 1° Tramo

Se verifica en el grafico Selectividad Galería horizontal 1° Tramo del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, está protegida por un interruptor

guardamotor ajuste térmico 59 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.13 Galería Horizontal 2° Tramo

Se verifica en el gráfico Selectividad Galería horizontal 2° Tramo del anexo 2, selectividad total para la salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, está protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 59 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.5.14 Torres de embarque

Se verifica en los gráficos Selectividad torre 1 a torre 8 del anexo 2, selectividad total para cada una de las salida analizada. En cuanto a la salida motor analizada, esta protegida por un interruptor guardamotor ajuste térmico 16 Amper. En cuanto al tiempo de actuación de las protecciones para el tablero se tiene un tiempo de actuación igual a 20 milisegundos, mientras que para el tablero principal el tiempo de actuación es de 70 milisegundos

10.6 Protección de circuitos seccionales de iluminación

Se han diseñado ya todos los tendidos de los circuitos seccionales y terminales para las salidas de iluminación. Se han seleccionado también, las protecciones para estas salidas de iluminación. Se han calculado además las corrientes presuntas de cortocircuito para todas las secciones, considerando alimentación desde la red o desde el grupo de emergencia. Se deben seleccionar las protecciones para los circuitos seccionales, de iluminación, y el interruptor del grupo generador. Deben determinarse además los tiempos de apertura para las distintas secciones en función de las corrientes de falla presuntas.

Para la selección de los interruptores automáticos tipo EN 60898 que serán empleados en la protección y seccionamiento de los circuitos seccionales de iluminación, se tienen en cuentas las longitudes máximas de conductor y el valor de la corriente de falla para el caso en que la alimentación provenga desde el grupo generador, que tal como se calcula en el capítulo 8 es considerablemente menor que en el caso en que la alimentación provenga desde la red. Esto representa una situación de mayor exigencia para las protecciones desde el punto de vista del tiempo en que demora la puesta fuera de servicio de cada circuito en condición de falla.

No obstante no debe perderse de vista la selectividad entre estas protecciones y las ubicadas aguas arriba y debajo de las mismas. Otro aspecto que se tiene en cuenta en el diseño, es la capacidad de ruptura de los interruptores termomagnéticos. En todos los casos el poder de corte de servicio de estos interruptores se corresponde con el valor de la corriente presunta de falla en el punto de acometida de dicho tablero, considerando alimentación desde la red eléctrica. Por este motivo se utilizan elementos con capacidad de ruptura 10 Ka para todas las salidas.

En la tabla 10.4 se muestran para cada circuito seccional los valores de corriente de cortocircuito para alimentación desde Red, desde el grupo electrógeno, las longitud y la sección del tendido y el calibre y característica de la protección asignada. Los valores que se presentan como corriente de falla corresponden al tablero desde donde parten todos los circuitos seccionales de iluminación.

Sección	ICC emergencia	ICC red	metros	sección	Protección a instalar
Primer piso	1.13	9.92	25	2 x 6	2 x 32 curva B
Cuarto piso	1.13	9.92	45	2 x 6	2 x 32 curva B
Quinto piso	1.13	9.92	50	2 x 6	2 x 32 curva B
Sexto piso	1.13	9.92	55	2 x 6	2 x 32 curva B
Octavo piso	1.13	9.92	65	4 x 10	4 x 40 curva B
Galería inclinada	1.13	9.92	40	4 x 10	4 x 40 curva B
galería horizontal	1.13	9.92	170	3 x 70 + N	4 x 100 curva B
Séptimo piso	1.13	9.92	45	2 x 10	2 x 40 curva B
Sótano y bajo silo	1.13	9.92	20	4 x 6	4 x 32 curva B
Tercer piso y sobre silo	1.13	9.92	35	4 x 10	4 x 40 curva B
sala de tableros	1.13	9.92	60	4 x 16	4 x 40 curva B

Tabla: 10.4 Asignación de protecciones a circuitos seccionales de iluminación

10.7 Selección del interruptor de protección grupo electrógeno

Debe seleccionarse el interruptor principal para la acometida desde el grupo generador. Para ello se tiene en cuenta la corriente nominal del grupo, en este caso 160 Amper. Por lo que el interruptor seleccionado es de 160 Amper de corriente máxima de ajuste. Precisamente para definir el valor de ajuste del mismo se analiza la curva de capacidad entregada por el fabricante para el generador en cuestión. Los valores de sobrecarga admitidos se muestran en la tabla 10.5. En la misma se muestran además los valores de los tiempos de actuación del interruptor, considerando un valor de ajuste de 140 Amper. Este interruptor debe proteger además el tendido hasta el tablero general de iluminación, tal como se lo prevé en el reglamento 2002 AEA, en el cuál para tableros que presenten una sola salida se admite que la protección de la misma quede a cargo del elemento de protección de cabecera del tablero.

Corriente disparo[A]	Tiempo[SEG]	Corriente resistida[A]	Tiempo[SEG]
161	5000	168	7200
175	2000	176	3600
210	1000	240	1800
245	220	320	600
280	180	400	180

Tabla 10.5: Sobrecarga admisible grupo electrógeno

Se observa en la tabla 10.5 que el ajuste en 140 Amper, cumple con la exigencia de protección del generador.

10.8 Gráficos de selectividad

En el anexo número 3 se muestran los gráficos de selectividad para las distintas secciones. En las cuales se considera la selectividad entre la protección del circuito con mayor corriente asignada, y todas las protecciones antepuestas, Considerando alimentación desde red y desde grupo. Indicándose además los valores de corriente de falla en cada punto de la instalación y verificando la selectividad en la misma.

En cuanto a los tiempos de actuación de las protecciones debe verificarse con este valor la resistencia térmica de los conductores seleccionados para los circuitos de iluminación. Se considera los

tiempos de actuación y los valores de corriente de falla para alimentación desde red. Para el tablero principal de iluminación el tiempo de apertura es de 10 milisegundos y para el tablero principal es de 10 milisegundos.

CAPITULO 11: DISEÑO CIRCUITOS DE TOMACORRIENTE

11.1 Consideraciones previas

La distribución de tomacorrientes trifásicos y monofásicos en las distintas secciones de la planta se resume en las tablas 11.1 y 11.2. Los mismos están distribuidos dentro de cada sección en circuitos que cumplen las recomendaciones del reglamento 2002 AEA. En el cuál entre otras cuestiones limita la cantidad de bocas que pueden ser parte de un circuito de este tipo. Otro aspecto que tiene en cuenta el reglamento es la asignación de una potencia máxima simultánea a cada circuito según sea su especificación- general – especial En este caso como se tratan de circuitos para uso específico, la demanda máxima de potencia simultánea de cada circuito surge de considerar las necesidades en cada sector. Así por ejemplo para los sectores en los que se realizan labores manuales y con presencia de operarios se asigna una simultaneidad mayor, que en los sectores de galería donde únicamente puede ser necesario una boca de toma en casos de reparaciones. Algo similar sucede con los circuitos monofásicos que en general presentan una mayor simultaneidad que los trifásicos y esto debido a que la mayoría de las herramientas de mano son monofásicas. Con el coeficiente de simultaneidad de cada circuito se obtiene el valor de corriente del circuito, que se utiliza para el dimensionado del conductor. A este valor de corriente se le aplica un factor de corrección por entubado de los circuitos que es igual a 0.8. Con lo que se procede luego a la selección de todos los conductores.

11.2 Detalle circuitos tomacorrientes

En las tablas 11.1 y 11.2 se muestra el detalle de los circuitos de tomacorrientes trifásicos y monofásicos para cada sección.

Ubicación	Designación del circuito	Cantidad de Bocas	Metros circuito	Tomacorrientes	conductor	simultaneidad	Protección
Sobre silo este	T3-1	8	110	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Sobre silo oeste	T3-2	8	110	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Tercer piso	T3-3	8	150	3 x 16 + N + T	4 x 10	0.25	B 4 x 40
Secadora	T3-4	5	90	3 x 16 + N + T	4 x 10	0.4	B 4 x 40
Silos pasantes	T3-5	1	5	3 x 16 + N + T	4 x 2.5	1	B 4 x 16
Sala de norias	T3-6	5	150	3 x 16 + N + T	4 x 10	0.4	B 4 x 40
plataformas	T3-7	9	130	3 x 16 + N + T	4 x 16	0.33	B 4 x 50
sótano	T3-8	8	150	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Bajo silo este	T3-9	8	110	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Bajo silo oeste	T3-10	8	110	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Sala de bombas	T3-11	1	5	3 x 16 + N + T	4 x 2.5	1	B 4 x 16
Primer piso	T3-12	8	150	3 x 16 + N + T	4 x 10	0.25	B 4 x 40
Galería inclinada	T3-13	9	160	3 x 16 + N + T	4 x 10	0.22	B 4 x 40
Galería horizontal 1° tramo	T3-14	9	110	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Galería horizontal 2° tramo	T3-15	9	110	3 x 16 + N + T	4 x 4	0.125	B 4 x 25
Quinto piso	T3-16	8		3 x 16 + N + T	4 x 16	0.375	B 4 x 50

Tabla 11.1: Detalle circuito tomacorrientes trifásico

Ubicación	Designación del circuito	Cantidad de bocas	Metros circuito	Tomacorrientes	conductor	simultaneidad	protección
Sobre silo este	T1-1	8	110	2 x 10 + T	2 x 2.5	0.25	B 2 x 16
Sobre silo oeste	T1-2	8	110	2 x 10 + T	2 x 2.5	0.25	B 2 x 16
Tercer piso	T1-3	8	150	2 x 10 + T	2 x 10	0.5	B 2 x 40
Secadora	T1-4	5	90	2 x 10 + T	2 x 2.5	0.4	B 2 x 16
Silos pasantes	T1-5	1	5	2 x 10 + T	2 x 1.5	1	B 2 x 10
Sala de norias	T1-6	5	150	2 x 10 + T	2 x 1.5	0.25	B 2 x 10
Plataformas	T1-7	9	130	2 x 10 + T	2 x 10	0.44	B 2 x 40
Sótano	T1-8	8	150	2 x 10 + T	2 x 10	0.5	B 2 x 40
Bajo silo este	T1-9	8	110	2 x 10 + T	2 x 2.5	0.25	B 2 x 16
Bajo silo oeste	T1-10	8	110	2 x 10 + T	2 x 2.5	0.25	B 2 x 16
Sala de bombas	T1-11	1	5	2 x 10 + T	2 x 1.5	1	B 2 x 10
Primer piso	T1-12	8	150	2 x 10 + T	2 x 2.5	0.25	B 2 x 16
Galería inclinada	T1-13	9	160	2 x 10 + T	2 x 10	0.33	B 2 x 40
Galería horizontal 1° tramo	T1-14	9	110	2 x 10 + T	2 x 10	0.33	B 2 x 40
Galería horizontal 2° tramo	T1-15	9	110	2 x 10 + T	2 x 10	0.33	B 2 x 40
Quinto piso	T1-16	8	150	2 x 10 + T	2 x 10	0.375	B 2 x 40

Tabla: 11.2 Detalle circuitos tomacorrientes monofásicos

11.3 Protección de los circuitos

Para la protección de los circuitos, se eligen interruptores termomagnéticos tipo EN60898, cuya característica se determina de forma tal de asegurar apertura instantánea en caso de falla, considerando la longitud del circuito y la corriente de cortocircuito en cada tablero seccional. En forma adicional, tal como se lo prevé en AEA 2002, se instala en cada tablero seccional un interruptor de protección diferencial sensibilidad 30 mA, en cada circuito que actuará ante fugas de corriente en los circuitos de tomacorrientes. Para el dimensionado de los mismos se tiene en cuenta que la corriente asignada para el interruptor diferencial sea mayor o igual a la corriente asignada para el circuito aguas abajo del mismo. Estos interruptores presentan capacidad de ruptura limitada frente a las corrientes de cortocircuito, por lo tanto en los lugares donde la corriente presunta supera el valor de ruptura del diferencial, deberán estos protegerse contra las sobre corrientes.

A este efecto se utilizan los interruptores automáticos empleados para la protección de los circuitos, por este motivo se deben instalarse aguas arriba del diferencial. Verificándose además que el mismo cumpla los requisitos del fabricante para la protección de interruptores diferenciales. En cuanto a la capacidad de ruptura de estos interruptores son compatibles con la corriente de cortocircuito presunta para cada sección. En las tablas 11.3 11.4 se muestran los interruptores diferenciales asignados a cada circuito

Ubicación	Designación del circuito	conductor	Protección	Interruptor diferencial
Sobre silo este	T3-1	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25

Sobre silo oeste	T3-2	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25
Tercer piso	T3-3	4 x 10	B 4 x 40	4 x 40
Secadora	T3-4	4 x 10	B 4 x 40	4 x 25
Silos pasantes	T3-5	4 x 2.5	B 4 x 16	4 x 25
Sala de norias	T3-6	4 x 10	B 4 x 40	4 x 40
plataformas	T3-7	4 x 16	B 4 x 50	4 x 63
sótano	T3-8	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25
Bajo silo este	T3-9	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25
Bajo silo oeste	T3-10	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25
Sala de bombas	T3-11	4 x 2.5	B 4 x 16	4 x 25
Primer piso	T3-12	4 x 10	B 4 x 40	4 x 25
Galería inclinada	T3-13	4 x 10	B 4 x 40	4 x 40
Galería horizontal 1° tramo	T3-14	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25
Galería horizontal 2° tramo	T3-15	4 x 4	B 4 x 25	4 x 25
Quinto piso	T3-16	4 x 16	B 4 x 50	4 x 63

Tabla 11.3: protecciones diferenciales circuitos de tomacorrientes trifásicos

Ubicación	Designación del circuito	conductor	protección	Interruptor diferencial
Sobre silo este	T1-1	2 x 2.5	B 2 x 16	2 x 25
Sobre silo oeste	T1-2	2 x 2.5	B 2 x 16	2 x 25
Tercer piso	T1-3	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40
Secadora	T1-4	2 x 2.5	B 2 x 16	2 x 25
Silos pasantes	T1-5	2 x 1.5	B 2 x 10	2 x 25
Sala de norias	T1-6	2 x 1.5	B 2 x 16	2 x 25
Plataformas	T1-7	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40
Sótano	T1-8	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40
Bajo silo este	T1-9	2 x 2.5	B 2 x 16	2 x 25
Bajo silo oeste	T1-10	2 x 2.5	B 2 x 16	2 x 25
Sala de bombas	T1-11	2 x 1.5	B 2 x 10	2 x 25
Primer piso	T1-12	2 x 2.5	B 2 x 16	2 x 25
Galería inclinada	T1-13	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40
Galería horizontal 1° tramo	T1-14	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40
Galería horizontal 2° tramo	T1-15	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40
Quinto piso	T1-16	2 x 10	B 2 x 40	2 x 40

Tabla 11.4: protecciones diferenciales circuitos de tomacorrientes monofásicos

CAPITULO 12: SISTEMA DE ILUMINACION Y CALCULO LUMINOTÉCNICO

12.1 Consideraciones previas

Se determinan en esta sección las características del sistema de iluminación, Artefactos y luminarias a instalar, potencia de los mismos, accionamiento, compensación de energía reactiva, circuitos, etc.

12.2 Luminarias y lámparas

En las áreas interiores, clasificadas como Clase II Divisiones I y II los artefactos a instalar son equipos con diseño antiexplosivo. El tipo de luminaria a utilizar, queda sujeto a la altura de cada sección. Así en las galerías, cuya altura no supera los 3 metros se instalan equipos de tipo plafón. Las lámparas que se utilizan en estos equipos son tubos fluorescentes trifósforo de 110 W. En otros sectores de mayor altura caso el sótano y la mayor parte de los pisos de la torre principal donde la cota alcanza 5 metros se utilizan luminarias colgantes de tipo industrial. En cuyo caso las lámparas a emplear son de vapor de mercurio potencia 250 W.

En los sectores de escaleras, tanto las ubicadas en la torre principal, como las escaleras de acceso a la galería desde el muelle. El ambiente no es clasificado como peligroso por lo tanto se utilizan equipos con diseño estanco. En cuanto al tipo de luminaria a emplear se tiene en cuenta que la altura de la escalera que es de 2 metros y que la longitud de cada tramo es de 4 metros, por lo tanto se opta por luminarias de tipo plafón equipadas con tubos fluorescentes trifósforo potencia 58 W. Otro sector no clasificado son las plataformas de descarga, en cuyo caso las luminarias que se emplean son con diseño estanco.

En cuanto a la iluminación exterior de las áreas de circulación se dispondrá de luminarias viales con diseño cut-of montadas sobre columnas de 9 metros de altura, en cuyo caso las lámparas a emplear son de sodio alta presión potencia 400 W. Para la iluminación del muelle de embarque se utilizan proyectores con lámparas de Sodio Alta Presión potencia 400 W, que estarán montados sobre las columnas de la estructura de la galería.

12.3 Calculo luminotécnico

Para determinar la cantidad de luminarias a instalar se utiliza el método del flujo, que permite aproximar este valor en función de las exigencias previstas para la instalación. Se tienen en consideración varios aspectos que dificultan la sistematización del calculo. El principal concepto es que en ciertos ambientes se encuentran gran cantidad de obstáculos presentes, como pueden ser maquinarias de gran porte y tuberías, en estos casos se distribuirán luminarias en las áreas de circulación y en las áreas de tareas específicas, verificándose luego el valor de la iluminancia de la sección. Para el resto de las secciones en las cuales se sigue el método de cálculo, deben considerarse distintos aspectos en relación al local en cuestión, que a continuación de enumeran.

Factor de local

Se considera a efectos del cálculo que la superficie a iluminar no presenta ningún tipo de obstrucción, como pueden ser tuberías, columnas o máquinas. Una vez obtenida la cantidad de luminarias, de adoptan una distribución conveniente de las mismas y se verifica el valor de la intensidad luminosa obtenida.

Coefficiente de utilización

Este valor se refiere al aprovechamiento del flujo luminoso en función de las características del local. Se obtiene de tablas experimentales aportadas por los fabricantes de equipos en las cuales se considera la curva de distribución polar de la luminaria y los índices de reflexión de paredes pisos y techos. Los coeficientes de reflexión se consideran iguales para todos los sectores a iluminar, siendo los valores adoptados **techo: 0,5 , Pared: 0.3 , y piso: 0.1.**

Niveles de iluminación

Se consideran los parámetros mínimos establecidos por la ley de seguridad é higiene en el trabajo, anexo IV. Para instalaciones de almacenaje de cereal los niveles recomendados se detallan en la tabla 12.1.

Plantas de silos	Valor mínimo de iluminación[LX]
Zona de recepción	100
Circulaciones	100
Sala de comandos	300

Tabla 12.1: Niveles mínimos de iluminación

Factor de mantenimiento

Es un factor que tiene en cuenta la degradación de la emisión de la luminarias debido al paso del tiempo y a el deposito de partículas tanto en el interior como en el exterior de la luminaria. El valor adoptado para este factor es 0.9, que en primera instancia parece un valor elevado, pero no lo es si se tiene en cuenta que las luminarias son de diseño estanco y antiexplosivo, que no permiten el ingreso de polvo y / o insectos) y solamente debe considerarse la limpieza de las partes exteriores.

Con todas las consideraciones expuestas se debe aplicar el método de calculo, para el cual se utiliza la siguiente expresión:

$$N = \frac{\Phi_u}{F_m * C_u * \Phi_l}$$

Donde :
 Φ_u = flujo requerido
 Φ_l = flujo de lámpara
 F_m = factor de mantenimiento
 C_u = coeficiente de utilización

Los valores obtenidos en cuanto a cantidad de luminarias para cada sector se muestran en la tabla 12.2

Sector	Iluminación requerida [Lux]	Tipo de lámpara	Flujo luminoso [Lm]	Potencia [Wats]	Luminarias	Potencia total [Wats]
Acceso a galería	100	vapor de mercurio	19000	250	3	750.0
4to piso Distribución	150	vapor de mercurio	19000	250	4	1000.0
5to piso sala de control	100	vapor de mercurio	19000	250	2	498.0
	300	fluorescente	10500	110	5	550.0
6to piso deposito	200	vapor de mercurio	19000	250	4	1000.0
7mo piso distribución	200	vapor de mercurio	19000	250	5	1250.0
8vo piso sala de noria	150	vapor de mercurio	6300	125	14	1750.0
sala de maquinas ascensor	200	fluorescente	10500	110	2	220.0
	150	fluorescente	10500	110	14	1540
dársena de embarque	150	fluorescente	10500	110	25	2755.1
	150	fluorescente	10500	110	25	2755.1
	200	vapor de mercurio	19000	250	1	250.0
Escaleras embarque	100	Fluorescente	5200	58	32	2080
Muelle de embarque	200	Sodio alta presión	48000	400	18	7200
Sótano	200	Fluorescente	10500	110	2	220
	200	Fluorescente	10500	110	50	5500.0
	300	vapor de mercurio	19000	250	7	1750.0
Palier	100	fluorescente	5200	58	24	1560
Sala de bombas	100	vapor de mercurio	6300	125	1	125
Circulación exterior	100	Sodio alta presión	48000	400	8	3200
Plataformas descarga	200	Vapor de mercurio	19000	250	6	1500
Sala de tablero y subestación	300	vapor de mercurio	19000	250	4	1000

Tabla 12.2: Cantidad de luminarias a instalar por sección

12.4 Diseño de los circuitos

Los circuitos de alumbrado, estarán alimentados desde la salida de la llave conmutadora, para grupo ubicada en el tablero principal, por lo tanto se presentan dos condiciones de funcionamiento en principio diferentes, considerando la potencia de cortocircuito en cada caso. Por un lado la alimentación tendrá lugar por medio de unos de los transformadores de 1000 Kva, situación en la cual la corriente de falla presunta presenta un valor en cada sector del circuito; pero por otro lado existe la posibilidad de alimentación desde el grupo, situación en la cual la corriente presunta resulta

considerablemente menor- ver capítulo 8-. Se debe verificar entonces la selectividad de las protecciones en ambos casos- Ver capítulo 10 y anexo 3.

En cuanto al diseño propiamente dicho, se parte desde el tablero principal hacia un tablero general de iluminación ubicado en el descanso del palier a la altura del primer piso, en el cuál se encuentran todas las derivaciones a las distintas secciones. La sección del conductor mencionado está calculada en función de la potencia instalada en luminarias en el total de la planta, considerando un factor de simultaneidad igual a 1. Con la condición adicional de que la caída de tensión efectiva, en los puntos de consumo resulte aceptable. A esto debe sumarse que desde este mismo tablero parte la alimentación para el motor del ascensor, el cual tiene una potencia de 5.5 Hp, y una frecuencia de arranque elevada, el cual puede provocar variaciones lentas de tensión durante su arranque, cuyo efecto de flicker se notaría en toda la planta, los detalles de estos cálculos se muestran el capítulo 5.

Desde el tablero mencionado se distribuye a cada tablero seccional, donde se encuentran los interruptores termomagnéticos bipolares o tetrapolares dependiendo de cada sección, que están destinados a cumplir la función de comando y protección de los circuitos. En cuanto a las secciones de los circuitos terminales, todas las lámparas instaladas funcionan con tensión igual a 220 V o en su defecto igual a 250 V, Sin embargo en las secciones donde se presenta mayor potencia luminosa, la alimentación a la sección es trifásica, por lo que los distintos circuitos se distribuyen en las fases. En todos los casos la sección del conductor utilizado para los circuitos terminales es 2 x 2.5 mm. En cuanto a las secciones donde la alimentación se realiza desde distintas fases, el polo positivo se conecta directamente a la salida del interruptor y el polo negativo se conecta a un repartidor que esta conectado al polo negativo del interruptor.

En cuanto a la distribución de las luminarias en circuitos, se busca por un lado obtener un cierto grado de funcionalidad en cuanto a la iluminación de cada sector, así por ejemplo en sectores de gran longitud, caso las galerías, la iluminación de las mismas está distribuida en varios circuitos de forma tal que la iluminación resulte sectorizada, reduciéndose de esta forma el consumo de energía. Los esquemas de distribución de circuitos para cada sección se muestran en los planos de planta. Otro aspecto que se tiene en cuenta en el diseño es el número máximo de bocas por circuito según reglamento AEA 2002.

No obstante el aspecto que mas preponderancia ha tenido en la distribución de los circuitos es el equilibrio de corriente en las fases, que resulta fundamental teniendo en cuenta que los circuitos de iluminación serán alimentados por un grupo electrógeno en caso de falta de energía eléctrica. Se busca entonces efectuar un reparto de cargas lo mas equitativo posible, principalmente en las secciones que demanden mayor potencia. Por ejemplo, para la iluminación de la dársena de embarque se dispondrán tres circuitos, de manera que si se tiene que trabajar en una sección determinada exista la opción de encender solamente la sección de utilidad. El equilibrio entre las fases se obtiene alimentando desde cada fase la misma cantidad de luminarias. Para este caso el accionamiento tiene lugar por medio de un interruptor termomagnético tetrapolar. Se elige este tipo de interruptor ya que al encender el circuito la compensación de las fases es inmediata. Descartando de esta forma otras opciones como ser la colocación de interruptores unipolares o bipolares. Los resultados obtenidos con este criterio de diseño se muestran en el capítulo 5. En la tabla 12.3 Se muestra la distribución de circuitos en cada sección y la cantidad de luminarias por circuito y por sección.

Sector	Numero de luminarias
Primer piso Acceso a galería	3
Circuito 1	3

4to piso Distribución	4
Circuito 1	4
5to piso sala de control	7
Circuito 1	5
Circuito 2	2
6to piso deposito	4
Circuito 1	2
Circuito 2	2
7mo piso distribución	5
Circuito 1	5
8vo piso sala de norias	14
Circuito 1	7
Circuito 2	7
galería inclinada	14
Circuito 1	14
sala de maquinas ascensor	2
Circuito 1	2
dársena de embarque planta baja	25
Circuito 1	9
Circuito 2	9
Circuito 3	9
dársena de embarque planta alta	25
Circuito 1	9
Circuito 2	9
Circuito 3	9
Escalera acceso galería embarque	32
Circuito 1	8
Circuito 2	8
Circuito 3	8
Circuito 4	8
Muelle embarque	14
Circuito 1	7
Circuito 2	7
Sótano	9
Circuito 1	7
Circuito 2	2
Bajo silo	50
6 circuitos de 9 luminarias cada uno	
Palier	24
Circuito 1	8
Circuito 2	8
Circuito 3	8
Circulación exterior	8
Circuito 1	8
Plataformas descarga	6
Circuito 1	6
subestación y sala de tableros	4
Circuito 1	2
Circuito 2	2

tercer piso	7
Circuito 1	7
Sobre silos	50
6 circuitos 9 luminarias cada uno	

Tabla 12.3 Distribución de circuitos de iluminación

12.5 Corrección del factor de potencia

La compensación de la energía reactiva que demanda los equipos auxiliares de las luminarias se realiza en forma individual para los equipos fluorescentes, cuyos balastos son de tipo electromecánico. Se adopta este criterio en función que este tipo de balasto tiene un bajo factor de potencia (del orden de 0.5), el cual en caso de ser corregido permite una reducción en la corriente circulante por las líneas, efecto que es deseado debido a dos motivos principales; uno de ellos es la caída de tensión adicional que se produce en los importantes trayectos, y el otro es la necesidad de sobredimensionar el generador. La colocación del capacitor, será efectuada en el momento de la conexión de las luminarias. El factor de potencia se eleva hasta el valor 0.9. Para el calculo del capacitor se tiene en cuenta la potencia del balasto, el factor de potencia del mismo y el factor de potencia que se desea obtener. Luego los capacitores a instalar deben ser de 7 μ Faradios tensión nominal 220 V, servicio continuo.

En cuanto a los equipos auxiliares de las lámparas de descargas, incluyen un capacitor de compensación, por lo cual presentan un factor de potencia igual a 0.9 que se considera aceptable.

CAPITULO 13: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

13.1 Consideraciones previas

Se utilizan para la compensación de energía reactiva los tres métodos de compensación más usuales, en cuanto al nivel de la instalación en que tiene lugar la compensación. Se presentan compensaciones individuales, por grupo de motores que funcionan en forma conjunta y se presenta una compensación global en el cuadro general de BT para cada transformador.

En cuanto al tipo de compensación, se evita el uso de compensaciones fijas, y se trata de realizar la mayor compensación en forma semiautomática, esto es considerando que una cierta carga testigo da lugar al ingreso o salida de uno o más capacitores. En cuanto a las compensaciones individuales sobre los motores, los capacitores están montados en el tablero seccional y en ningún caso se colocan en bornes del motor. En los motores que presentan arranque estrella-triángulo, el ingreso del capacitor tiene lugar al momento del cierre del contactor de triángulo.

La selección de este tipo de compensación mixta, obedece a que se presentan potencias bastante elevadas en cada sección y además las distancias involucradas son considerables, de forma tal que toda reducción de corriente por las líneas contribuye a la reducción de las secciones en los conductores desde el tablero principal a cada uno de los tableros seccionales, sin embargo debe dotarse a cada tablero seccional de un sistema que detecte el normal funcionamiento de los capacitores a efectos de evitar el disparo de fusibles por sobrecarga en las líneas, los detalles de este sistema se muestran en el capítulo 15

13.2 Compensación en tableros seccionales

Se especifica la técnica de compensación que se utiliza en cada sección, en función de las tareas desarrolladas en cada una de ellas.

13.2.1 Compensación Tercer piso

En el capítulo 5 se determina que en esta sección existen dos tableros uno de ellos en el sector de la torre, que contiene los accionamientos del sistema de aspiración y barrido de la sección, y también el accionamiento del separador de discos. En el otro tablero ubicado al final de la galería sobre silo, se encuentran los accionamientos de los cintas transportadoras.

La compensación en el primer tablero es de tipo grupal, en función de que los motores funcionan al mismo tiempo, a excepción del motor del sistema de barrido que lo hace en forma temporaria. Para el cálculo del capacitor se considera la sumatoria de la corriente reactiva del conjunto de motores mencionado para un valor de carga plena, afectado por un coeficiente 0.85, a fin de evitar, cualquier fenómeno de auto excitación y o sobre compensación. Siendo por lo tanto el valor necesario 22 A. Se elige un capacitor de 15 KvaR, corriente nominal 21.7 A. El mismo será accionado por un contactor con resistencia de preinserción y protegido por un interruptor termomagnético tipo En 60898 Característica D - Ver capítulo 9. La carga testigo es el separador de discos, por lo tanto el capacitor se acciona en forma conjunta con este motor.

Para el tablero de las cintas transportadoras, cuya acometida es una derivación del tablero anterior, se elige una compensación en forma individual, puesto que las cintas funcionan en forma independiente. Para el cálculo del capacitor se sigue el procedimiento detallado en el punto anterior.

Luego el valor de corriente reactiva a compensar es de 20.2 A. Se instala por lo tanto un capacitor de 10 KvaR corriente nominal 14.4 A sobre cada motor.

13.2.3 Compensación sala de tableros

En esta sección no hay compensación debido a la baja potencia involucrada y a que la misma se encuentra dentro del tablero principal de la planta

13.2.4 Compensación Secadora de granos

En el capítulo 5 se determina que en esta sección existen dos tableros con accionamientos de motores. Uno de ellos ubicado en la cabina de mando de la secadora que contiene los accionamientos de todos los motores que tienen participación en la operación de esta máquina. El otro tablero está ubicado al pie de los silos pasantes y contiene el accionamiento de los tres ventiladores allí dispuestos.

Para el tablero de la secadora la compensación de reactivas se realiza en forma mixta, por un lado se tratará en forma individual a los 4 ventiladores de la máquina secadora sobre los cuales serán instalados capacitores de 15 kvar accionados por medio de contactor con resistencia de preinserción que entrará junto con el contactor de triángulo para cada ventilador. Mientras que por otro lado se tiene en cuenta el sistema de carga y descarga de la secadora, el cual está compuesto por dos redler una noria y un basculante. Como la secadora es de flujo continuo la carga y descarga se realiza en forma continua. La cinta de carga está enclavada con la noria de la secadora de forma tal que si esta última está no está en marcha la cinta no se acciona. A su vez la cinta de descarga está enclavada de la misma forma con la noria número 5 del cuarto de norias y el basculante está enclavado con la cinta de descarga de la secadora. Por este motivo es condición que estos motores estén funcionando al mismo tiempo, aunque se pueden presentar situaciones en las que solamente se encuentren funcionando los elementos afectados a una u otra función- CARGA O DESCARGA-, con lo cual se realizará una compensación sobre la función de carga que es la que demanda mayor potencia. Para el cálculo del capacitor se considera la sumatoria de la corriente reactiva del conjunto de motores que intervienen en la carga de cereal, afectado por un coeficiente 0.85. Siendo el valor necesario 25 A. Eligiéndose un capacitor 15 KvaR, 21.7 A. El accionamiento de este capacitor tiene lugar por medio de un contactor con resistencia de preinserción, este contactor entra junto con la noria de la secadora.

En cuanto al segundo tablero no se presenta compensación debido a la baja potencia y simultaneidad de los motores que la componen.

13.2.5 Compensación sala de Norias

En esta sección se encuentran las cinco Norias elevadoras. Se realiza compensación individual únicamente sobre las 4 norias principales. Para el cálculo del capacitor se considera la corriente reactiva del motor afectado por un coeficiente 0.85. Siendo el valor necesario 85 A. Eligiéndose un capacitor 50 KvaR, 72.2 A para cada motor. El accionamiento de este capacitor tiene lugar por medio de un contactor con resistencia de preinserción, este contactor se acciona junto con el arranque de la misma.

13.2.6 Compensación plataformas de descarga

Las plataformas de descarga poseen un sistema de seguridad que evita el volcado de camiones si no se accionan las trabas que impiden el deslizamiento de los mismos sobre las plataformas. Estos son

sistemas hidráulicos independientes, por lo tanto el sistema requiere el enclavamiento entre las dos bombas hidráulicas. De esta forma la bomba mayor no se acciona si la menor no esta encendida. Por lo tanto la compensación se realiza sobre el par de bombas que compone cada estación de descarga. Para el calculo del capacitor se considera la sumatoria de la corriente reactiva de los motores afectados por un coeficiente 0.85. Será instalado entonces un capacitor de 30 Kvar, a cada estación de descarga los cuales son accionados por medio de un contactor con resistencia de preinserción, que se acciona junto el arranque de la bomba de 50 Hp.

13.2.7 Compensación bajo silos

En el capítulo 5 se determina que en esta sección existen dos tableros uno de ellos en el sector del sótano de la torre, que contiene los accionamientos del sistema de descarga de cereal y también la aspiración y barrido de la sección. En el otro tablero ubicado al final de la galería bajo silo, se disponen los accionamientos de las tres cintas transportadoras.

La compensación para el primer tablero es de tipo grupal sobre los motores que participan en la descarga del cereal estos son los motores de las dos cintas y la aspiración del sótano. Para el cálculo del capacitor se considera la corriente reactiva de los motores afectados por un coeficiente 0.85. Siendo el valor necesario 33 A Se coloca un capacitor de 20 Kvar , corriente nominal 29.1 A. que entrará junto con una de las cintas de recepción.

Para el tablero de las cintas transportadoras, cuya acometida es una derivación del tablero anterior, se elige una compensación en forma individual, puesto que las cintas funcionan en forma independiente. Para el cálculo del capacitor se sigue el procedimiento detallado en el punto anterior. Luego el valor de corriente reactiva a compensar es de 20.2 A. Se instala por lo tanto un capacitor de 10 KvaR corriente nominal 14.4 A sobre cada motor.

En cuanto al motor de la aspiración del bajo silo no se lo considera para el calculo de la corriente debido a que este motor funciona únicamente cuando se están utilizando las cintas de extracción de cereal desde los silos, momento en cuál no hay descarga de mercadería desde las plataformas

13.2.8 Compensación sala de Bombas

Las bombas de extracción de agua, están destinadas al sistema de incendio de la planta, y del muelle; proveyendo de agua la cisterna ubicada en el sexto piso de la torre. Durante el normal funcionamiento, solo una de las bombas opera en forma intermitente. Solamente en caso de emergencia puede sucederse que ambas deban hacerlo en paralelo. En cuanto a la compensación se instala un capacitor de 30 Kvar, que entrará junto con la bomba que se accione. En el caso en que las dos bombas estén conectadas, el capacitor entrará junto con la que primero se conecte y permanecerá conectado hasta que se detengan ambas bombas.

13.2.9 Compensación acceso a galería de embarque

En esta sección se adopta una compensación de tipo individual y exclusivamente sobre los motores de las maquinas despuntadoras que son los de mayor potencia. Para el cálculo del capacitor se considera la corriente reactiva del motor afectado por un coeficiente 0.85. Siendo el valor necesario 49 A. Eligiéndose un capacitor 30 KVAR, 43.3 A para cada motor.

13.2.10 Compensación galerías de embarque

En esta sección se adopta una compensación de tipo individual y exclusivamente sobre los motores de las cintas. Para los motores de 60 HP de las cintas inclinadas, se instala un capacitor de 25 Kvar. Mientras que para los motores de 40 Hp de las cintas horizontales se instalan capacitores de 15 Kvar.

13.3 Compensación general transformador numero 1

13.3.1 Ciclos de trabajo

Toda esta instalación de capacitores permite mejorar ampliamente el factor de potencia de la planta. No obstante debe analizarse el factor de potencia que existe en el cuadro general de baja tensión, para luego determinar si es necesario realizar un filtrado fino, o si la compensación seccional es suficiente. Para ello se consideran seis situaciones de trabajo de real en todas ellas se considera los motores trabajando a carga plena. Las situaciones consideradas son :

1. Recepción de cereal 100 % de capacidad
2. Entrega de cereal 100 % de capacidad
3. Recepción y entrega de cereal 100 % de capacidad y sin ensilado
4. Acondicionamiento de cereal y movimiento interno del mismo
5. Entrega de avena con secado y despunte
6. Planta parada mínimo movimiento

Se muestra en las tablas 13.1 a 13.6 los valores de corriente activa y reactiva para cada una de las situaciones planteadas para los consumos alimentados desde el transformador numero 1.

Ciclo 1	Motor	I nominal	Coseno	I Coseno	I seno
noria recepción n° 1		206	0.86	177.16	105.06
noria recepción n° 2		206	0.86	177.16	105.06
bomba extracción agua		134	0.9	120.6	58.424
central hidráulica n° 1		72	0.85	61.2	37.872
central hidráulica n° 2		72	0.85	61.2	37.872
central hidráulica n° 3		72	0.85	61.2	37.872
plataforma descarga n° 1		20	0.81	16.2	11.72
plataforma descarga n° 2		20	0.81	16.2	11.72
plataforma descarga n° 3		20	0.81	16.2	11.72
circuito de tomas			0.6	75.6	100.8
capacitores instalados 30+3*30+2*50 KVAR					317.6
corriente activa total				782.72	
corriente reactiva total					200.52
Corriente real y factor de potencia				807.996825	0.96871668

Tabla 13.1 Demanda de corriente para transformador n° 1 ciclo n° 1

Ciclo 2	Motor	I nominal	Coseno	I coseno	I seno
noria embarque n° 3		206	0.86	177.16	105.06
noria embarque n° 4		206	0.86	177.16	105.06
bomba de incendio galería embarque		134	0.9	120.6	58.424

circuitos de tomas		40.8	54.4
capacitores instalados 2*50+30 KVAR			187.7
corriente activa total		515.72	
corriente reactiva total			135.244
Corriente real y factor de potencia		533.158567	0.96729197

Tabla 13.2 Demanda de corriente para transformador n° 1 ciclo n° 2

Ciclo 3	Motor	I nominal	Coseno	I coseno	I seno
central hidráulica n° 1		72	0.85	61.2	37.872
central hidráulica n° 2		72	0.85	61.2	37.872
central hidráulica n° 3		72	0.85	61.2	37.872
plataforma descarga n° 1		20	0.81	16.2	11.72
plataforma descarga n° 2		20	0.81	16.2	11.72
plataforma descarga n° 3		20	0.81	16.2	11.72
noria recepción n° 1		206	0.86	177.16	105.06
noria recepción n° 2		206	0.86	177.16	105.06
noria embarque n° 3		206	0.86	177.16	105.06
noria embarque n° 4		206	0.86	177.16	105.06
bomba de incendio galería embarque		134	0.9	120.6	58.424
circuitos de tomas				75.6	100.8
capacitores instalados 4*50+3*30+30					462
corriente activa total				1137.04	
corriente reactiva total					266.24
Corriente real y factor de potencia				1167.79437	0.97366456

Tabla 13.3 Demanda de corriente para transformador n° 1 ciclo n° 3

Ciclo 4	Motor	I nominal	Coseno	I coseno	I seno
noria embarque n° 4		206	0.86	177.16	105.06
noria limpieza n° 5		46	0.81	37.26	26.956
noria recepción n° 1		206	0.86	177.16	105.06
bomba extracción agua		134	0.9	120.6	58.424
circuitos de tomas				40.4	54.4
capacitores instalados 30+2*50 KVAR					187.7
corriente activa total				552.58	
corriente reactiva total					162.2
corriente real y factor de potencia				576.10	0.95951744

Tabla 13.4 Demanda de corriente para transformador n° 1 ciclo n° 4

Ciclo 5	Motor	I nominal	Coseno	I coseno	I seno
noria embarque n° 4		206	0.86	177.16	105.06
noria limpieza n° 5		46	0.81	37.26	26.726
noria embarque n° 3		206	0.86	177.16	105.06
bomba torres secado		134	0.9	120.6	58.424
Circuitos de tomas				40.8	54
Capacitores instalados 2*50+30 KVAR					187.7
corriente activa total				552.98	
corriente reactiva total					161.57

corriente real y factor de potencia	576.100465	0.9598673
-------------------------------------	------------	-----------

Tabla 13.5 Demanda de corriente para transformador n° 1 ciclo n° 5

Ciclo 6	Motor	I nominal	Coseno	I coseno	I seno
bomba extracción agua		134	0.9	120.6	58.424
circuitos de tomas				93.6	124.8
capacitores instalados 30 KVAR					43.3
corriente activa total				214.2	
corriente reactiva total					139.924
corriente real y factor de potencia				255.45	0.83720199

Tabla 13.6 Demanda de corriente para transformador n° 1 ciclo n° 6

13.3.3 Diseño Banco automático de capacitores

Se observa en las tablas anteriores que en todas las situaciones de trabajo, el factor de potencia es superior a 0.95 a excepción del ciclo número 6. En función de esta situación se considera la instalación de una cierta potencia en capacitores que debe compensar esta situación de trabajo. Para determinar el valor necesario de potencia reactiva, se considera la potencia activa que se demanda en esta situación, el factor de potencia original y se pretende elevar el factor de potencia hasta el valor 1. Luego la potencia a instalar en capacitores resulta ser 93 Kvar. Sin embargo debe notarse que para esta situación se ha considerado un importante consumo en los tomacorrientes, situación esta que es totalmente impredecible. Por este motivo se opta por la instalación de un banco automático de capacitores.

Se debe diseñar el banco de capacitores para la condición de operación mínima de la planta. Para esto se considera por un lado la máxima potencia necesaria que se determinó en el punto anterior. Por lo tanto para el diseño del banco, se utilizará un regulador automático de factor de potencia de 6 pasos. En cuanto a la medición de corriente y tensión se utiliza el método FF (fase-fase) en el cuál la tensión se mide entre dos fases cualesquiera y la corriente se mide en la fase restante. Se programa un escalonamiento 1.1.1.1.1, Secuencia de regulación circular. El valor de ajuste del factor de potencia se fija en 0.99 inductivo, la potencia del primer escalón es de 15 KVAR. El valor del factor c / k se ajusta en forma manual y se calcula en función de la relación del $TI = 1500 / 5$ y de la corriente del primer capacitor = 21.7 A, por lo tanto $c / k = 0.07$

13.3.4 discusión acerca de compensación general

El banco de capacitores general se diseñó considerando las variaciones de carga en uno de los ciclos de trabajo propuestos, debido a que en dicha situación el factor de potencia en el cuadro general de baja tensión no resulta aceptable.

Corresponde analizar el desempeño de este banco en las demás situaciones de trabajo consideradas. Para esto se tiene en cuenta los valores de configuración del banco, esto es factor de potencia ajustado 0.99, corriente primer escalón 21.7 A, relación C / K 0.07 secuencia de regulación lineal.

Se busca determinar el factor de potencia en el cuadro general de baja tensión y la cantidad de pasos del banco de capacitores que estarán en funcionamiento para cada uno de los ciclos de trabajo considerados. Las situaciones anteriores se muestran en el anexo 6. Los resultados de analizar el grafico citado se muestran en la tabla 13.8

Ciclo de trabajo	FP sin el banco	FP con el banco	Pasos conectados
Ciclo 1	0.968	0.99 (L)	4
Ciclo 2	0.967	0.991 (L)	3
Ciclo 3	0.973	0.99 (L)	5
Ciclo 4	0.959	0.99 (L)	4
Ciclo 5	0.959	0.99 (L)	4
Ciclo 6	0.837	0.99 (L)	5

Tabla 13.8: Compensación automática de energía reactiva

13.3.5 Compensación de energía reactiva del transformador

Por tratarse de un suministro en media tensión, la empresa distribuidora de energía realiza las mediciones en media tensión, y dentro de ellas las mediciones del factor de potencia. Por lo tanto considera como energía reactiva consumida a la que se requiere para la magnetización del transformador. Por lo que debe compensarse en forma adicional al transformador. Para analizar la compensación se definen en principio dos estados, uno de ellos considera el transformador funcionando en vacío; mientras que el otro considera el transformador funcionando en carga. Para el calculo de la potencia reactiva necesaria se considera en ambos casos las perdidas de potencia de la maquina.

- Transformador en vacío

$$P_o = 2 \text{ KW} - I_o = 23.25 \text{ A} - U_o = 400 \text{ V}$$

$$R_o = P_o / I_o^2 = 2000 / 540.56 = 3.69$$

$$Z_o = U_o / I_o = 400 / 23.25 = 17.20$$

$$X_o = \sqrt{(Z_o^2 - R_o^2)} = 16.80$$

$$Q_o = U_o^2 / X_o = 9525 \text{ Var} = \mathbf{9.25 \text{ Kvar}}$$

- Transformador en carga

$$P_k = 12 \text{ Kw}$$

Se debe determinar las pérdidas de potencia para un estado de carga en particular, a partir del valor de p_k , suministrado por el fabricante y que representa a las perdidas en cortocircuito. En el capítulo 4 se determina que los transformadores funcionan como máximo con una carga del 70 % respecto de su valor nominal, por tal motivo se considera la compensación para este estado de carga.

$$P(70\%) = P_o + (P / P_n)^2 \times P_k = 2 + 0.5 \cdot 12 = 7 \text{ Kw.}$$

Nuevamente debe determinarse el valor de la reactancia del transformador que al encontrarse en carga aumenta debido a las reactancias de dispersión. En este caso debe considerarse la variación de la tensión en bornes del transformador como consecuencia de la corriente de carga.

$$Q_{70\%} = U_{cc} / 100 \times (S / S_n)^2 \times S_n = \mathbf{25 \text{ Kvar}}$$

En función de los resultados obtenidos se decide la instalación de dos capacitores, uno de ellos de 7.5 KvaR, que estará conectado en forma fija y otro capacitor de 15 Kvar que será accionado por medio de un contactor con resistencia de preinserción. El comando de este contactor lo realiza la salida a rele configurable por evento que dispone el analizador CVM 144. En cuyo caso se programa que a partir de un cierto valor de corriente registrada active dicha salida. En este caso el valor de corriente ajustado es de 800 Amper. Se busca con esto reducir las maniobras de este contactor y evitar excesos de

compensación. Nótese que para este valor de corriente el requerimiento de energía reactiva por parte del transformador es de 14.5 KvaR, Siendo igual a 22. 5 KvaR la energía entregada en caso de decidir la conexión del capacitor y 7.5 Kvar en caso de no conectar al mismo. Con lo cual se presenta un pequeño exceso que compensa el funcionamiento con corrientes menores.

13.4 Compensación general transformador numero 2

13.4.1 Ciclos de trabajo

Se consideran para este transformador los mismos ciclos de trabajo que en el caso anterior, con el objetivo de analizar el factor de potencia que existe en el cuadro general de baja tensión, para luego determinar si es necesario realizar un filtrado fino, o si la compensación seccional es suficiente. Se muestra en las tablas 13.9 a 13.14 los valores de corriente activa y reactiva para cada una de las situaciones planteadas para los consumos alimentados desde el transformador numero 2.

Ciclo 1	Motores	Corriente Activa	Corriente reactiva
	compresor válvulas neumáticas	7.221	4.8459
	compresor válvulas neumáticas	7.221	4.8459
	cinta recepción camiones	16.2	11.72
	redler extracción para noria 2	31.92	20.596
	aspirador sótano	31.92	20.596
	separador de discos 3° piso	10.125	8.9235
	aspiración 3 ° piso	25.2	16.26
	sistema barrido y limpieza 3 ° piso	50.15	31.034
	cinta sobre silos n ° 1	36.96	23.848
	cinta sobre silos n ° 2	36.96	23.848
	ascensor	7.6	6.49
	compresor válvulas neumáticas 5 ° piso	4.1	2.86
	bomba elevadora piso 7	2.89	1.7884
	Luces plataformas	2.05	0.35
	circuitos de tomacorrientes	109.2	145.6
	Luces sótano	12.5	6.1
	Luces tercer piso	11.1	5.7
	luces 8 piso	2.6	1.3
	luces 5 piso	4.8	2.2
	sala de tableros	2	0.86
	Capacitores instalados 55 Kvar		79
	Corriente activa total	404.31	
	Corriente reactiva total		256.16
	Corriente real y factor de potencia	478.63	0.84585667

Tabla 13.9 : Demanda de corriente para transformador n° 2 ciclo n° 1

Ciclo 2	Motores	Corriente activa	Corriente reactiva
	aspiración sótano	50.15	31.034
	aspirador bajo silo	19.32	12.466
	barrido sótano	31.92	20.596
	sistema aspiración 1° piso	19.32	12.466
	barrido 1°piso	31.92	20.596
	ventiladora de cereal n ° 1	19.32	12.466

ventiladora de cereal n ° 2	19.32	12.466
ventiladora de cereal n ° 3	19.32	12.466
ascensor	7.6	6.49
compresor válvulas neumáticas 5 ° piso	4.1	2.86
bomba elevadora piso 7	2.89	1.7884
cinta inclinada n ° 1	73.1	43.35
cinta inclinada n ° 2	73.1	43.35
cinta horizontal n ° 1 galería 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n ° 1 galería 2° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n ° 2 galería 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n ° 2 galería 2° tramo	50.15	31.034
accionamiento caño embarque n° 1	5.576	3.8896
accionamiento caño embarque n° 2	5.576	3.8896
accionamiento caño embarque n° 3	5.576	3.8896
grúa caño de embarque n° 1	13.12	9.152
grúa caño de embarque n° 2	13.12	9.152
grúa caño de embarque n° 3	13.12	9.152
aspiración de polvo galería	25.2	16.26
aspiración de polvo galería	31.92	20.596
cinta extracción bajo silo n ° 3	36.96	23.848
cinta extracción bajo silo n ° 2	36.96	23.848
cinta extracción bajo silo n ° 1	36.96	23.848
circuitos de tomas	150.85	201.12
Luces sótano	12.5	6.1
Luces 8 piso	2.6	1.3
Luces 5 piso	4.8	2.2
Luces 1 piso	3.4	1.7
Luces galería	16.7	8.15
luces muelle	12.12	4.76
sala de tableros	2	0.86
capacitores instalados 140 Kvar		202.2
Corriente activa total	950.888	
Corriente reactiva total		497.0112
Corriente real y factor de potencia	1072.94367	0.88624224

Tabla 13.10 : Demanda de corriente para transformador n° 2 ciclo n° 2

Ciclo 3	Motores	Corriente activa	Corriente reactiva
compresor válvulas neumáticas		7.221	4.8459
compresor válvulas neumáticas		7.221	4.8459
cinta recepción camiones		16.2	11.72
redler extracción para noria 2		31.92	20.596
aspiración sótano		50.15	31.034
barrido sótano		31.92	20.596
aspiración 1° piso		19.32	12.466
barrido 1 piso		31.92	20.596
ventiladora de cereal n ° 1		19.32	12.466
ventiladora de cereal n ° 2		19.32	12.466
ventiladora de cereal n ° 3		19.32	12.466
ascensor		7.6	6.5

compresor válvulas neumáticas 5 ° piso	4.1	2.86
bomba elevadora piso 7	2.89	1.7884
cinta inclinada n ° 1	73.1	43.35
cinta inclinada n ° 2	73.1	43.35
cinta horizontal n ° 1 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n ° 1 2° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n ° 2 1° tramo	50.15	31.034
cinta horizontal n ° 2 2° tramo	50.15	31.034
accionamiento caño embarque n° 1	5.576	3.8896
accionamiento caño embarque n° 2	5.576	3.8896
accionamiento caño embarque n° 3	5.576	3.8896
grúa caño de embarque n° 6	13.12	9.152
grúa caño de embarque n° 7	13.12	9.152
grúa caño de embarque n° 8	13.12	9.152
aspiración de polvo galería	25.2	16.26
aspiración de polvo galería	31.92	20.596
Luces plataformas	2.05	0.35
Luces sótano	4.1	2
Luces primer piso	3.4	1.7
Luces sobre silo	11.1	5.7
luces 8 piso	2.6	1.3
luces 5 piso	4.8	2.2
circuitos de tomas	124.8	166.4
Luces bajo silo	12.5	6.1
Luces galería	16.7	8.15
luces muelle	12.12	4.76
sala de tableros	2	0.86
capacitores instalados 130 KVAR		188
Corriente activa total	924.6	
Corriente reactiva total		473.583
Corriente real y factor de potencia	1038.8	0.89004048

Tabla 13.11 : Demanda de corriente para transformador n° 2 ciclo n° 3

Ciclo 4	Motores	Corriente activa	Corriente reactiva
	ventilador n° 1 secadora	50.15	31.034
	ventilador n° 2 secadora	50.15	31.034
	ventilador n° 3 secadora	50.15	31.034
	ventilador n° 4 secadora	50.15	31.034
	soplador de aire secadora	9.72	7.032
	basculante secadora	2.187	1.5822
	noria secadora	19.24	17.472
	redler descarga secadora	19.32	12.466
	redler carga secadora	19.32	12.466
	ventilador n°1 silos pasantes	18.48	9.975
	ventilador n°2 silos pasantes	18.48	9.975
	ventilador n°3 silos pasantes	18.48	9.975
	ventiladora de cereal n ° 1	19.32	10.47144
	ventiladora de cereal n ° 2	19.32	10.47144
	barrido sótano	31.92	20.596

aspiración 1° piso	19.32	12.466
separador de discos 3° piso	10.125	8.9235
barrido y limpieza 3° piso	50.15	31.034
cinta sobre silos n° 1	36.96	23.848
ascensor	7.6	6.49
compresor válvulas neumáticas 5° piso	4.1	2.86
bomba elevadora piso 7	2.89	1.7884
cinta extracción bajo silo n° 3	36.96	0.45528
luces secadora y silos pasantes	5.5	3.5
Luces primer piso	3.4	1.7
Luces sobre silo	11.1	5.7
luces 8 piso	2.6	1.3
luces 5 piso	4.8	2.2
Luces bajo silo	12.5	6.1
sala de tableros	2	0.86
circuitos de tomas	171.6	228.8
capacitores instalados 100 Kvar		144.6
Corriente activa total	777.992	
Corriente reactiva total		440.04326
Corriente real y factor de potencia	893.80	0.87041488

Tabla 13.12: Demanda de corriente para transformador n° 2 ciclo n° 4

Ciclo 5	Motores	Corriente activa	Corriente reactiva
ventilador n° 1 secadora		50.15	31.034
ventilador n° 2 secadora		50.15	31.034
soplador de aire secadora		9.72	7.032
basculante secadora		2.187	1.5822
noria secadora		19.24	17.472
redler descarga secadora		19.32	12.466
redler carga secadora		19.32	12.466
barrido sótano		31.92	20.596
aspiración 1° piso		19.32	12.466
barrido 1 piso		31.92	20.596
barrido y limpieza 3° piso		50.15	31.034
ascensor		7.6	6.49
compresor válvulas neumáticas 5° piso		4.1	2.86
bomba elevadora piso 7		2.89	1.7884
despuntadora n° 1		89.25	55.23
despuntadora n° 2		89.25	55.23
cinta extracción bajo silo n° 3		36.96	23.848
cinta extracción bajo silo n° 2		36.96	23.848
cinta extracción bajo silo n° 1		36.96	23.848
cinta inclinada n° 1		73.1	43.35
cinta inclinada n° 2		73.1	43.35
cinta horizontal n° 1 1° tramo		50.15	31.034
cinta horizontal n° 1 2° tramo		50.15	31.034
cinta horizontal n° 2 1° tramo		50.15	31.034
cinta horizontal n° 2 2° tramo		50.15	31.034
accionamiento caño embarque n° 1		5.576	3.8896

accionamiento caño embarque n° 2	5.576	3.8896
grúa caño de embarque n° 1	13.12	9.152
grúa caño de embarque n° 2	13.12	9.152
aspiración de polvo galería	25.2	16.26
aspiración de polvo galería	31.92	20.596
luces secadora y silos pasantes	5.5	3.5
Luces primer piso	3.4	1.7
Luces sobre silo	11.1	5.7
luces 8 piso	2.6	1.3
luces 5 piso	4.8	2.2
Luces bajo silo	12.5	6.1
sala de tableros	2	0.86
Circuitos de tomas	140.4	187.2
Capacitores instalados 245 KVAR		397.2
Corriente reactiva total		445.0218
Corriente activa total	1230.979	
Corriente real y factor de potencia	1308.95137	0.94043142

Tabla 13.13: Demanda de corriente para transformador n° 2 ciclo n° 5

Ciclo 6	Motores	Corriente activa	Corriente reactiva
	ascensor	7.6	6.49
	bomba elevadora piso 7	2.89	1.7884
	luces exteriores	7.6	3.8
	circuitos de tomas	78	104
	sala de tableros	2	0.86
	Corriente activa total	98.09	
	Corriente reactiva total		116.0784
	Corriente real y factor de potencia	152.12	0.6454429

Tabla 13.14: Demanda de corriente para transformador n° 2 ciclo n° 6

13.4.2 Diseño banco de capacitores

Se observa en las tablas anteriores que en todas las situaciones de trabajo, el factor de potencia es inferior a 0.95. En función de esta situación se considera la instalación de una cierta potencia en capacitores que debe compensar cada situación de trabajo. Para determinar el valor necesario de potencia reactiva, se considera la potencia que se demanda en cada situación, el factor de potencia original y se pretende elevar el factor de potencia hasta el valor 1. En la tabla 13.15 se muestra la potencia a instalar en capacitores para cada situación de trabajo.

Ciclo de trabajo	Corriente	Potencia activa KW	Factor de potencia	Potencia reactiva KVAR
Ciclo 1	478.7	216.2	0.845	127.25
Ciclo 2	1072.95	625	0.886	230.6
Ciclo 3	1038.8	607.8	0.89	224.3
Ciclo 4	893.80	511.2	0.87	216.75
Ciclo 5	1308.95	808.9	0.94	175
Ciclo 6	151.12	64.10	0.645	68

Tabla 13.15: Requerimientos de energía reactiva acometida numero 2

Tal como se observa en la tabla 13.15, las potencias reactivas a suministrar son considerablemente mayores que para la acometida número 1. Otro aspecto que merece notarse es que en este caso la demanda está compuesta por un gran número de cargas de potencias bajas y medias, mientras que en el caso anterior la demanda se conforma por pocas cargas de gran demanda de potencia. Por este motivo la tarea del banco resulta más exigente.

Para el diseño del banco, se consideran los valores mínimos y máximos de potencia mostrados en la tabla 13.15 así como los valores intermedios. Por tal motivo se utilizará un regulador automático de factor de potencia de 6 pasos. En cuanto a la medición de corriente y tensión se utiliza el método FF (fase-fase) en el cuál la tensión se mide entre dos fases cualesquiera y la corriente se mide en la fase restante. Se programa un escalonamiento 1.2.4.4.4.4. El valor de ajuste del factor de potencia se fija en 0.99 inductivo, la potencia del primer escalón es de 15 KVAR. El valor del factor c / k se ajusta en forma manual y se calcula en función de la relación del $TI = 1500 / 5$ y de la corriente del primer capacitor = 21.7 A, por lo tanto $c / k = 0.07$. Con este diseño de banco se obtienen en la práctica 19 etapas de compensación entre 15 y 285 Kvar, con un salto mínimo de 15 Kvar.

13.4.3 discusión acerca de compensación general

El banco de capacitores general se diseñó considerando los ciclos de trabajo propuestos. Corresponde analizar el real desempeño de este banco se tiene en cuenta los valores de configuración del banco, esto es factor de potencia ajustado 0.99, corriente primer escalón 21.7 A, relación C / K 0.07 secuencia de pasos 1.2.4.4.4.4

Se busca determinar el factor de potencia en el cuadro general de baja tensión y la cantidad de pasos del banco de capacitores que estarán en funcionamiento para cada uno de los ciclos de trabajo considerados. Las situaciones anteriores se muestran en el anexo 6. Los resultados de analizar el gráfico citado se muestran en la tabla 13.16

Ciclo de trabajo	FP sin el banco	FP con el banco	Pasos conectados
Ciclo 1	0.84	0.988 (L)	1,3,4
Ciclo 2	0.89	0.991 (L)	3,4,5,6
Ciclo 3	0.89	0.989 (L)	1,2,3,4,5
Ciclo 4	0.87	0.988 (L)	2,3,4,5
Ciclo 5	0.94	0.99 (L)	3,4,5
Ciclo 6	0.64	0.98 (L)	3

Tabla 13.16: Compensación automática de energía reactiva

13.4.4 Compensación de energía reactiva del transformador

La compensación es similar que para el transformador número 1. En cuanto al punto de conexión de los capacitores, estos están conectados a la salida del interruptor principal de la planta pero aguas arriba de los transformadores de corriente de forma tal que no afecten las mediciones en baja tensión. En función de que el efecto que se busca obtener es una sobre compensación en el cuadro general de baja tensión, pero que no sea detectada por el regulador automático.

13.5 Montaje de los bancos de capacitores

13.5.1 Banco capacitores transformador número 1

Se determino en el punto anterior la cantidad de etapas que conforma el banco de capacitores número 1. En cuanto al armado del banco se deben determinar los contactores que realizaran las maniobras, las protecciones y los conductores con los cuales se realizan los cableados a cada capacitor y el cableado principal.

Para el cableado se utilizan conductores unipolares de tipo flexible, cuyo tendido no sale de la envolvente en que esta montado el banco y se realiza por medio de cable canal ranurado para interior de tablero. Para el cálculo del conductor se ha considerado según recomienda IEC 861-1. 1.4 veces la corriente nominal del capacitor, y se considera un factor de corrección igual 0.85 que incluye depreciación por aumento de temperatura y por agrupamiento de conductores. En cuanto a las funciones seccionamiento e interrupción, se realizan por medio de un seccionador rotativo que esta ubicado en el tablero principal que permite la apertura para todo el banco en conjunto.

La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realizan por medio de un fusible de alta capacidad de ruptura Tipo gL. Que ha sido dimensionado según recomienda IEC 861-2. esto es considerando 1.5 veces la corriente nominal del capacitor. Pero sin dejar de lado la coordinación con el contactor que realiza la función de comando, ni mucho menos la capacidad máxima de conducción del cable asociado, de forma tal que. $I_n < I_p < I_c$ Donde

- I_n : 1.5 veces corriente nominal del capacitor
- I_p : calibre de protección.
- I_c : corriente máxima de conducción del cable

En cuanto a la función de conmutación, esta se realiza por medio de contactores especiales para maniobra de capacitores con resistencia de preinserción, cuya selección se realiza en función de la potencia del capacitor a Instalar. En la tabla 13.17 Se muestran el resumen de los elementos utilizados para cada paso y para la alimentación general.

Paso	KVAR	Conductor	Contactor	Fusible
1	15	10	3RT1627	GL 35
2	15	10	3RT1627	GL 35
3	15	10	3RT1627	GL 35
4	15	10	3RT1627	GL 35
5	15	10	3RT1627	GL 35
6	15	10	3RT1627	GL 35
Acometida general	90	95	Seccionador rotativo 3KA5530	

Tabla 13.17: Detalles de construcción banco de capacitores numero 1

13.5.2 Banco capacitores transformador numero 2

Los criterios empleados en el diseño son similares al caso anterior. En este caso debe notarse la salvedad que los contactores para los capacitores de 60 Kvar, no son con resistencia de preinserción debido a que el máximo calibre disponible para operar en redes 380/400 V es de 50 Kvar. Por este motivo se selecciona un contactor para conexión de motores y una categoría de servicio AC-6B que esta especificada para conexión de capacitores de potencia. luego los elementos utilizados se resumen en la tabla 13.18

Paso	KVAR	Conductor	Contactador	Fusible
1	15	10	3RT1627	GL 35
2	30	25	3RT1647	GL 63
3	60	70	3RT1056	GL 160
4	60	70	3RT1056	GL 160
5	60	70	3RT1056	GL 160
6	60	70	3RT1056	GL 160
Acometida general	280	2 x 240	Seccionador rotativo 3KA5830	

Tabla 13.18: Detalles de construcción banco de capacitores numero 2

13.6 Estimación del factor de potencia en la factura de energía

Se desea estimar el factor de potencia que será medido por la empresa distribuidora de energía durante un mes cualquiera. Para esta estimación se tiene en cuenta la descripción de la operatoria de la planta realizada en el capítulo 2 y se tiene en cuenta además las situaciones de trabajo descrita en este capítulo.

Por tratarse de una estimación se deben realizar una serie de suposiciones. La primera de ellas está relacionada a la operatoria de la planta. En el capítulo 2 se menciona que la capacidad de producción esperada es de 750.000 Tn al año. Esto implica que la planta debe recibir cereal al 100 % de su capacidad durante 78 días al año y entregar cereal al 100 % de su capacidad otros 78 días al año, en jornadas laborales de 12 horas. El resto del tiempo la planta o bien se encuentra parada, o bien se encuentra realizando acondicionamiento del cereal, como esta tarea no es muy frecuente se supondrá que el 10 % del tiempo ocioso la planta opera de esta forma y el tiempo restante opera en función de mantenimiento. Luego el reparto de tareas en el tiempo se muestra en la tabla 13.19

Tarea	Recepción 100 %	Entrega 100 %	Acondicionamiento	Mantenimiento	Horario nocturno	Sin actividad
Tiempo demandado	7.12 %	7.12 %	0.75 %	0.75 %	50 %	34.25

Tabla 13.19 : Distribución de tareas

Para cada una de estas tareas se analiza el factor de potencia antes y después de la instalación de la compensación general. Considerándose para cada caso además la demanda de potencia activa y las demandas de energía. Esto se muestra en las tablas 13.20 y 13.21 Para el transformador número 1 y número 2 respectivamente.

Tarea	KW	KvaR	KvaR [©]	Horas	Kwh	KvaR H	KvaR H [©]
Recepción	514.2	133.3	72.53	51.25	26352.75	6831.63	3717.16
Entrega	338.9	87.8	47.80	51.25	17368.63	5499.13	2449.75
Acondicionamiento	363.2	107.3	51.23	5.4	1961.3	579.42	276.64
Mantenimiento	140.56	91.9	12.96	5.4	759.05	496.26	70
Sin actividad	0	0	0	246.7	0	0	0
Totales				720	46441.73	13406.44	6513.55

Tabla 13.20 Demanda de energías transformador numero 1

En la tabla anterior se muestran los valores de demanda de energía activa y reactiva para el transformador número 1 en un mes de trabajo, considerando la relación de actividades detallada. Las columnas marcadas © se refieren al valor de la energía reactiva luego de la instalación del banco de

capacitores. Nótese que antes de la instalación del mismo el factor de potencia para este transformador es igual a 0.96. Mientras que luego de la compensación el factor aumenta hasta 0.99

Para el transformador número 2 se analizan las mismas situaciones. Los resultados se muestran en la tabla 13.21

Tarea	KW	KvaR	KvaR [©]	Horas	Kwh	KvaR H	KvaR H [©]
Recepción	216.2	127.25	67.53	51.25	11080.25	6251.56	3460.95
Entrega	625	230.6	151.36	51.25	32031.25	11818.25	7757.2
Acondicionamiento	511.2	216.75	126.10	5.4	2760.5	1170.45	680.95
Mantenimiento	64.10	68	21.31	5.4	346.15	367.2	115.07
Horario nocturno	28.9	14.8	14.8	360	10404	5328	5328
Sin actividad	0	0	0	246.7	0	0	0
Totales				720	56622.15	24935.46	17342.17

Tabla 13.21: Demandas de energías transformador numero 2

En la tabla anterior se observan los valores de demanda de energía activa y reactiva para el transformador número 2 en un mes de trabajo, considerando la relación de actividades detallada. Las columnas marcadas © se refieren al valor de la energía reactiva luego de la instalación del banco de capacitores. Nótese que antes de la instalación del mismo el factor de potencia para este transformador es igual a 0.915. Mientras que luego de la compensación el factor aumenta hasta 0.956. Nótese que para el funcionamiento nocturno de la planta el banco de capacitores no conecta ningún paso, por encontrarse el vector potencia aparente resultante de la corriente dentro del margen del primer escalón de compensación. Por este motivo se opta por la instalación en forma adicional junto con el banco de capacitores, de un capacitor de potencia igual a 15 Kvar, que estará conectado en el momento en que exista iluminación exterior, se utiliza entonces como carga testigo el interruptor que permite el accionamiento de las luces exteriores de la planta, que está ubicado en la sala del tablero principal. De esta forma los valores que se obtienen para los mismos ciclos de trabajo se muestran en la tabla 13.22

Tarea	KW	KvaR	Horas	Kwh	KvaR H
Recepción	216.2	67.53	51.25	11080.25	3460.95
Entrega	625	151.36	51.25	32031.25	7757.2
Acondicionamiento	511.2	126.10	5.4	2760.5	680.95
Mantenimiento	64.10	21.31	5.4	346.15	115.07
Horario nocturno	31.6	0.2	360	10404	432
Sin actividad	0	0	246.7	0	
Totales			720	56622.15	12446.2

Tabla 13.22: Demandas de energías transformador número 2

Se observa en la tabla 13.22 que la incorporación de este capacitor en forma fija, permite mejorar el factor de potencia registrado hasta el valor 0.975.

CAPITULO 14: DETALLE DEL TABLERO PRINCIPAL

14.1 Consideraciones previas

El tablero principal de la planta, aloja todo el aparataje necesario para la alimentación y la distribución eléctrica dentro de la misma; reúne a los Interruptores automáticos principales de la instalación, los elementos de medición de ambas acometidas, esto son los transformadores de intensidad, un analizador de redes y un regulador automático de factor de potencia que controla cada banco de capacitores. Adicionalmente la alimentación de emergencia a través del grupo generador es administrada desde este tablero, para lo cual existe una llave conmutadora de dos posiciones, además de los elementos que componen la instalación de medición, esto es los transformadores de intensidad, y los aparatos propiamente dichos, de tecnología analógica estos últimos. El detalle de cada uno de los elementos instalados se presenta a continuación

14.2 Envolventes

Se emplea un sistema de envolventes tipo columna, con características modulares. Son utilizados 4 módulos de envoltente, cuyas dimensiones son 2200 x 1200 x 600. Las divisiones entre módulos, no están cerradas a efectos de permitir una mejor circulación del calor generado en el interior de la envoltente. Todos los módulos cuentan con divisiones externas, si se enumeran con números desde el 1 hasta el 4 avanzando de izquierda a derecha en la conformación del tablero, las divisiones en cada modulo resultan.

- Modulo 1: Interiormente sin divisiones, exteriormente esta dividido en dos partes, por un lado la parte superior desde la cual se puede acceder al interruptor principal, su acometida y los transformadores de intensidad. Desde la parte inferior se accede a la barra principal y a los elementos que conforman las salidas seccionales, en este caso seccionadores, interruptores, barras y bornes de conexión.
- Modulo 2: Dos Compartimientos superiores, para alojamiento de instrumentos de medición y control, Analizador de Red y regulador del factor de potencia. Medida del compartimiento 550 x 400 mm. Compartimiento medio permite acceder a la barra principal y al seccionador para acople de barras. Compartimiento inferior reservado para consumos de la sala de tablero principal, y de la subestación, También se incluirán los elementos de protección de los circuitos monofásicos de comando de los aparatos de medición, El transformador de tensión 220 / 24 Vac, potencia a determinar, que alimentará los circuitos de comandos del tablero y de los bancos de capacitores.

Modulo 3: Sin divisiones: Ídem modulo 1

- Modulo 4: Compartimiento superior, para alojamiento de instrumentos de medición del grupo electrógeno y llaves selectoras. Compartimiento medio permite acceder a la barra principal, y la llave conmutadora de grupo. El compartimiento inferior permite el acceso a las salidas de los circuitos seccionales allí ubicado.

En cuanto a las características generales de las envolventes, se puede decir que son gabinetes tipo columna, para montaje modular, realizados en chapa galvanizada pintada. Grado de protección IP 40. Con simple puerta frontal, divididas según comentario anterior y rejilla para entrada de aire en la parte inferior.

14.3 Interruptores Principales

Los interruptores automáticos principales, que presentan similares características, en ambos casos, fueron seleccionados junto con el resto de los aparatos de maniobra y protección de la instalación- ver capítulo 10. Las características principales de este equipamiento son: Corriente Nominal 1600 Amper corte tetrapolar, Poder de corte de servicio 65 KA para redes 380 / 415 V 50/60 Hz. Con bobina auxiliar de mínima tensión. Grado de protección mecánica IP 40. Contactos auxiliares 2 NO + 2 NC. Tensión de Aislamiento 800 VAC, para el circuito principal, 690 VAC, para el circuito auxiliar. Tensión de impulso Resistida 8 Kv, para el circuito principal, 4 Kv para el circuito auxiliar. Temperatura máxima de operación 75 °C. Frecuencia máxima de maniobra 30 por hora, Durabilidad mecánica 3000 ciclos de maniobras.

En cuanto a las características de actuación de los mismos, se determinan cuatro zonas según IEC 60947.

- Función L : Long Time Delay, Protección por sobrecargas.
- Función S : Short Time Delay, Protección contra cortocircuitos.
- Función I : Instantaneous protection, Protección contra cortocircuitos acción instantánea.
- Función G : Ground Fault, Monitor de fallas a tierra.

Los interruptores, en ambos casos están montados de forma tal que la maneta de accionamiento se encuentra a un nivel de 1.70 metros sobre el suelo, Distancia que supera ampliamente el valor mínimo establecido por VDE 0100. Otro aspecto a considerar son las distancias mínimas de separación entre el cuerpo del interruptor y la envolvente, u otros aparatos que se encontraran en su cercanía. En este caso las distancias de separación son las siguientes. A = 250 mm , B = 386 mm C= 440 mm. Siendo los requerimientos mínimos especificados por el fabricante para este modelo interruptor, A = 100 mm ; B = 100 mm ; C = 30 mm. Con lo cuál se superan ampliamente estos valores mínimos. En la figura 14.1 se muestra el significado de los valores anteriores

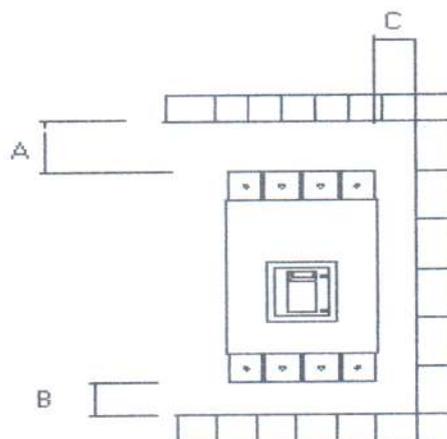


Figura 14.1: Distancias mínimas de montajes

14.4 Acometida al interruptor principal

En el capítulo 5, se determinan las secciones de los conductores de todas las líneas que conforman la instalación, incluyendo la sección del conductor de acometida desde el transformador hasta el borne de entrada del tablero principal. En este punto se produce, la unión entre la doble tema de conductores, de sección igual 400 milímetros cuadrados, y la barra de acometida al interruptor principal, cuya disposición se muestra en la Figura 14.2. En cuanto a las dimensiones de la barra, se debe considerar que la misma sea capaz de conducir la corriente nominal del transformador, esto es 1500 A.

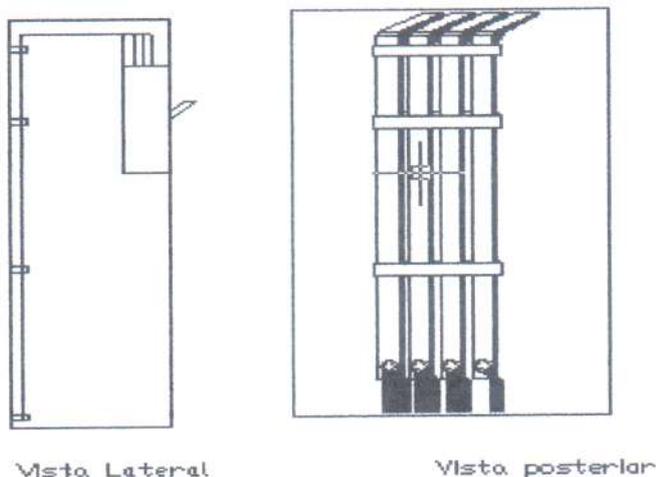


Figura 14.2: Acometida al tablero principal

Se deben considerar distintos factores de corrección, de acuerdo a las condiciones de instalación que en este caso son: Temperatura del embarrado 60 °C, Temperatura ambiente 35 °C, (dentro de la envolvente) Disposición vertical, Separación entre fases 60 mm, 2 pletinas por fase, barras de cobre pintadas. Distancia máxima entre soportes 0.8 m; largo total de la barra 2.5 metros. Tipo de material conductor, Cobre E- Cu F 30. Los factores de corrección que se deben aplicar son.

Factor K1: Temperaturas distintas a las de referencia 65°C embarrado, 35 °C ambiente. Para $T_B = 60\text{ °C}$ y $T_A = 35\text{ °C} \Rightarrow K1 = 0.9$

Factor K2: Factor de corrección para la reducción de carga por disposición horizontal del ancho de la barra o por tendido vertical de más de 2 metros. Para Ancho de barra entre 50 y 200 mm, espesor entre 5 y 10 mm, barra pintada y numero de barras igual a 8. $\Rightarrow K2 = 0.75$

Luego la sección de barra debe ser capaz de conducir una cierta corriente que resulta ser $I_{eq} = I_{nominal} / (K1 \times K2 \times K3) = 1500\text{ A} / (0.9 \times 0.75) = 2222\text{ A}$.

Luego la sección que verifica esta condición, es **80 x 10 mm**. Capacidad de conducción 2410 Amper. La distancia de separación entre pletinas recomendada por la norma, para este calibre es 4.1 cm. En cuanto a la resistencia mecánica frente a los cortocircuitos, debe verificarse, el valor del esfuerzo mecánico, que se produce a partir de la circulación de una corriente gran intensidad. Para este cálculo, se considera el método que propone la norma VDE 0103. Se supone en este caso como corriente de falla la corriente de impulso correspondiente a la corriente de cortocircuito presunta en el tablero principal, más el aporte de los motores de la sala de norias, los motores de las plataformas de recepción, y los motores de las galerías de embarque. Considerando de esta forma una situación de trabajo bastante límite en caso de producirse una falla, en función a la gran cantidad de motores que pueden aportar a la misma. El cálculo pertinente se desarrolla a continuación

Fuerza entre fases que produce la corriente de falla circulante.

$$F_h = 0,2 \times I_s^2 \cdot l / a = 0.2 \times 63.3^2 \times 80 \text{ cm} / 6 \text{ cm} = \mathbf{10685 \text{ N}}$$

Siendo l : separación máxima entre soportes ; a distancia de separación entre fases

Considerando este valor de fuerza entre fases, se deben calcular los esfuerzos a los que estará sometida esta y los soportes en caso de falla.

- Para las fases se tiene que

$$\sigma_h = \mu_0 \times B \times (F_h \times l) / (8 \times W) = 1 \times 0.73 \times (10685 \text{ N} \times 80 \text{ cm}) / (8 \times 10.6 \text{ cm}^3)$$
$$\Rightarrow \sigma_h = \mathbf{7482.5 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

Donde μ_0 , tiene en cuenta la naturaleza de la alimentación, para redes de CA trifásicas es igual a 1. B es un factor que tiene en cuenta los grados de libertad de la barra, para la disposición adoptada en este caso es igual a 0.73. W es el valor del momento de inercia de la barra respecto a su eje horizontal

- Para las fases parciales se tiene que

$$F_t = 0,2 \times (I_s^2 / t) \times l_t / a_t = 0.2 \times 63.3^2 \times 40 \text{ cm} / 2 \times 4.1 \text{ cm} = \mathbf{3909.5 \text{ N}}$$
$$\sigma_t = \mu_0 \times B \times (F_t \times l_t) / (16 \times W_t) = 1 \times 0.73 \times (3909.5 \text{ N} \times 40 \text{ cm}) / (16 \times 26.3 \text{ cm}^3)$$
$$\Rightarrow \sigma_t = \mathbf{434.05 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

$$\text{El esfuerzo total resulta ser } \sigma_h = 7482.5 \text{ N} / \text{cm}^2 + \sigma_t = 434.05 \text{ N} / \text{cm}^2 = \mathbf{7916.7 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

Debe verificarse que el esfuerzo resultante sea menor, a 1.5 veces el valor del esfuerzo mínimo de fluencia, que para el tipo de material empleado resulta.

$$\sigma_{0.2} = 250 \text{ N} / \text{mm}^2 \Rightarrow 1.5 \times \sigma_{0.2} = \mathbf{37500 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

Luego, la instalación verifica el esfuerzo en condición de cortocircuito.

14.5 Embarrado principal

En cuanto a la barra principal del tablero, que es alimentada desde los interruptores, presenta condiciones de instalación similares en cuanto al aspecto térmico, sin embargo se trata de una disposición vertical, pero al igual que en el caso anterior este aspecto no influye en el cálculo de la sección por corriente nominal. Luego se puede afirmar que la sección de la barra es la misma. En cuanto a la longitud del embarrado, esta es de 178 cm, para el módulo correspondiente al transformador número 1 y de 240 cm para el módulo correspondiente al transformador número 2. Distancia máxima entre soportes 50 cm. Debe verificarse para el tramo más extenso que el esfuerzo en condición de falla, sea menor al máximo admisible.

$$F_h = 0,2 \times I_s^2 \cdot l / a = 0.2 \times 63.3^2 \times 50 \text{ cm} / 6 \text{ cm} = \mathbf{6678.15 \text{ N}}$$
$$\sigma_h = \mu_0 \times B \times (F_h \times l) / (8 \times W) = 1 \times 0.73 \times (6678.15 \text{ N} \times 50 \text{ cm}) / (8 \times 1.33 \text{ cm}^3)$$
$$\Rightarrow \sigma_h = \mathbf{22909 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

$$F_t = 0,2 \times (I_s^2 / t) \times l_t / a_t = 0,2 \times 63,3^2 \times 15 \text{ cm} / 2 \times 4,1 \text{ cm} = \mathbf{1465,95 \text{ N}}$$

$$\sigma_t = \mu_0 \times B \times (F_t \times l_t) / (16 \times W_t) = 1 \times 0,73 \times (1465,95 \text{ N} \times 15 \text{ cm}) / (16 \times 26,3 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow \sigma_t = \mathbf{38,15 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

El esfuerzo total resulta ser $\sigma_h = 22909 \text{ N} / \text{cm}^2 + \sigma_t = 38,15 \text{ N} / \text{cm}^2 = 22947,15 \text{ N} / \text{cm}^2$

Luego, el embarrado verifica la condición de falla.

14.6 Seccionador para acople de barras

Se discute en el capítulo 4 acerca del funcionamiento en paralelo de ambos transformadores, estando previsto el no funcionamiento en paralelo de los mismos. No obstante las acometidas al tablero principal que ingresan desde estos transformadores se encuentran ubicadas físicamente en el mismo tablero. Por este motivo la barra principal de la cuál se alimentan las distintas salidas seccionales, están desacopladas mecánicamente. No obstante, pueden presentarse situaciones en las cuales uno de los transformadores se encuentre fuera de servicio, para dicha situación, esta previsto la posibilidad de efectuar un traspaso de carga de un transformador cualquiera hacia el otro, para esto está previsto el acople de ambas barras por medio de un seccionador, que tendrá lugar únicamente si se cumplen una serie de condiciones.

Las condiciones para que este acople sea posible de realizar son las siguientes. Uno de los dos transformadores debe estar fuera de servicio, Además todos los circuitos seccionales, a excepción del circuito de la sala de tableros, y del circuito de iluminación deben estar en posición seccionado, es decir que la maniobra debe realizarse exclusivamente sin carga de motores. Para esto se dispone de un contacto normalmente abierto y otro normalmente cerrado de cada interruptor principal y un contacto normalmente cerrado de cada seccionador y o interruptor de salida seccional. Este enclavamiento gobierna dos sistemas de seguridad, por un lado una columna luminosa con dos estados posibles, una indicación es el estado apagado que señala la no posibilidad de acople y otro estado encendido que indica factibilidad de acople, la cuál es accionada por un rele auxiliar. El otro sistema de seguridad consiste en una cerradura magnética que impide el accionamiento del seccionador en cuestión, que es accionada por otro rele auxiliar. De esta forma se garantiza la no posibilidad de puesta en paralelo de ambas estaciones transformadoras. El Esquema funcional correspondiente se muestra en el anexo 9.

En cuanto al seccionador propiamente dicho, Es un seccionador de tipo rotativo, con mecanismo de apertura condenable por medio de cerradura magnética, u otro mecanismos mecánico. Corriente térmica convencional 1000 A. Tensión de aislamiento 1000 VAC, Capacidad de cierre sobre cortocircuito 65 KA, (valor pico), Capacidad de seccionamiento para clase de servicio AC-21-A 1000 Amper. No obstante por el sistema de enclavamiento se asegura que la clase de servicio es AC-20. Corte tripolar Corriente de cortocircuito resistida durante 1 segundo 21 KA(RMS). Temperatura máxima de operación 55 °C. Durabilidad mecánica 10000 ciclos de maniobra, Grado de protección IP 00. Contactos auxiliares 1 NO + 1 NC . En cuanto a la acometida, permite la conexión de dos pletinas de 40 x 10 mm. Para lo cual en el punto de interconexión, debe realizarse este cambio de disposición, por medio de dos grapas de acople.

14.7 Transformadores de intensidad

Los sistemas de medición están normalizados para entradas de corriente igual a 1 A, ó bien 5 A, En este caso y por limitación impuesta por lo reguladores del factor de potencia, se emplean

transformadores con salida 5 A. Sin embargo, se anticipa que en este tablero la potencia de pérdidas será importante, y por lo tanto si se instala un transformador /5, las pérdidas serán 25 veces mayores que si se instala un TI /1, por lo cuál resulta este un motivo más que suficiente para la elección del TI, en caso de no presentarse limitaciones como las que indicadas al comienzo. El modelo de transformador a instalar, que es de tipo ventana relación 1500 / 5, Clase 0.5, capacidad de sobrecarga según VDE 0414 20 %. potencia secundaria 10 VA. Se debe verificar el requerimiento de todos los aparatos a alimentar. En la tabla 14.1 se resume el total de consumos para el transformador en cuestión, resultando el consumo total igual a 4.5 VA, por lo que el transformador seleccionado es apto.

Consumo	Analizador CVM-144	Regulador Varlogic R	Conductores 15 mts 2.5 mm ²
Consumo[VA]	0.75	0.75	3 VA

Tabla 14.1 Consumos del transformador de corriente

14.8 Analizador de redes CVM-144

Es un instrumento indicador para frente de tablero, el cual permite medición de valores mínimos, máximos y medios de Tensión, Corriente, Frecuencia, Potencia Activa, Potencia Reactiva, Factor de potencia, Energías, Armónicos hasta el 15° inclusive, THD. Permite medición de corrientes de fuga y corriente de neutro. Para la medición de corriente la adquisición puede ser realizada a partir de transformadores con salida 1 ó 5 Amper. Adicionalmente el dispositivo presenta 1 salida a rele, 3 Amper máximo configurable por evento, que será utilizada para comandar un paso de la compensación del transformador- Ver capítulo 13- Adicionalmente presenta 1 salida analógica 4 -20 mA. Salidas de comunicación para diferentes conexiones RS232- RS485- Ethernet. El grado de protección mecánica de la unidad, montada en frente de panel es IP 54 y la temperatura máxima de funcionamiento es de 50 °C.

14.9 Regulador de energía Reactiva Varlogic R 6

Es un dispositivo de medición y regulación automática del factor de potencia, para frente de tablero, el cual muestra en pantalla, el valor actual del factor de potencia, la característica del mismo, esto es si es de tipo inductivo o capacitivo, y la cantidad de etapas de compensación conectadas. La adquisición de corriente se realiza únicamente a partir de transformadores con salida 5 Amper. La temperatura máxima de funcionamiento del dispositivo es de 50 °C. Este dispositivo requiere a los fines de la medición; alimentación de tensión entre dos fase diferentes y alimentación de corriente desde la fase restante. Los detalles de programación se encuentran en el capítulo 13.

En cuanto a la acometida de las señales de tensión y corriente, tanto para este equipo como para el analizador, se realizan por medio de conductor flexible unipolar de 2.5 mm² de sección. Por lo tanto son requeridos un total de 7 conductores (4 Tensión – 3 Intensidad) desde la zona de medición hasta los instrumentos, lo cuales son instalados dentro de un cable canal ranurado para interior de tablero cuyas dimensiones son 15 x 15 mm.

14.10 Llave conmutadora red – grupo

Se prevé, la instalación de un grupo generador, que alimentará en caso de corte general de electricidad, los circuitos de iluminación de todo el complejo, mas un tomacorriente monofásico por cada sección de la planta y el ascensor- Ver capítulo 7-. Todas estas cargas conforman una única salida desde el tablero principal, la cuál puede ser alimentada desde la red, o desde el grupo generador. Para

al fin se dispone una llave conmutadora de tres posiciones 1-0-2. La que permite optar por alimentación desde Red. desde grupo, y permite también la apertura del circuito. En cuanto a la conmutadora en cuestión, es una llave de embutir, corriente térmica equivalente 160 A. corte tripolar Tensión nominal 380 V. Tensión de impulso resistida 500 V. Dimensiones 100 x 100 x 80 mm.

Hasta aquí se ha detallado los componentes de entrada del tablero principal, de ahora en adelante se detallan cada una de las salidas.

14.11 Salida a Sala de Norias

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un interruptor Sentón VL 800. Corte tetrapolar; frecuencia máxima de operación 60 maniobras hora, cuyas restantes características son similares a las del interruptor principal. En cuanto a los dispositivos auxiliares este cuenta con un bloque de contactos auxiliares 1 NO + 1NC. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm. La acometida al mismo se realiza por medio de barras. Para el dimensionado de estas se tiene en cuenta la corriente nominal asignada para la salida que en este caso es de 810 A. Se utilizaran barras pintadas, con una sola pletina por fase. La distancia total de la barra es de 53 cm y la separación entre fases es de 40 mm. Separación máxima entre soportes 28 centímetros. Los factores de corrección que se deben aplicar son.

Factor K1: Temperaturas distintas a las de referencia 65°C embarrado, 35 °C ambiente. Para TB = 60 °C y TA= 35 °C \Rightarrow **K1= 0.9**

Factor K2: Factor de corrección para la reducción de carga por disposición horizontal del ancho de la barra o por tendido vertical de mas de 2 metros. Para Ancho de barra entre 50 y 200 mm, espesor entre 5 y 10 mm, barra pintada y numero de barras igual a 4. \Rightarrow **K2= 0.75**

$$I_{eq} = I_{nominal} / (K1 \times K2) = 810 \text{ A} (0.9 \times 0.75) = \mathbf{1200 \text{ A.}}$$

Luego la sección que verifica todas las condiciones necesarias, es **60 x 10 mm**. Capacidad de conducción 1200 Amper.

En cuanto a la resistencia mecánica frente a los cortocircuitos, debe verificarse, siguiendo el mismo procedimiento que las barras principales. Se considera en este caso como corriente de falla la corriente de impulso correspondiente a la corriente de cortocircuito presunta en el tablero principal, mas el aporte de los motores de la sala de norias, Se considera además la característica de limitación del interruptor principal. El cálculo pertinente se desarrolla a continuación

Fuerza entre fases que produce la corriente de falla.

$$F_h = 0,2 \times I^2 \cdot l / a = 0.2 \times 51.6^2 \times 28 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = \mathbf{3727.5 \text{ N}}$$

Siendo **l** : distancia de separación entre soportes, **a** distancia de separación entre fases

Considerando este valor de fuerza entre fases, se deben calcular los esfuerzos a los que estará sometida la barra en caso de falla.

$$\sigma_h = \mu_0 \times B \times (F_h \times l) / (8 \times W) = 1 \times 1 \times (3727.5 \text{ N} \times 28 \text{ cm}) / (8 \times 2.66 \text{ cm}^3)$$

$$\Rightarrow \sigma_h = \mathbf{4902 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

Donde $\mu_0 = 1$. $B = 1$.

Como existe un solo conductor por fase, no se presentan fuerzas entre fases parciales, por lo tanto el esfuerzo resultante total será el producido por la fuerza entre fases. Luego, la salida verifica el esfuerzo en condición de cortocircuito

En la parte inferior del tablero, esta barra, se acopla con la doble tema de conductores subterráneos unipolares 400 mm^2 de sección que llevan la alimentación hasta el tablero seccional correspondiente, este acople tiene lugar en dos bornes tipo UHV 240, cuya máxima capacidad de conducción es de 415 Amper por borne.

14.12 Salida a Sala de Bombas

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un Seccionador rotativo de 400 Amper, corte tetrapolar con fusibles NH de 400 A cuyas características más salientes son: Corriente térmica convencional 400 A, Capacidad de cierre sobre cortocircuito 176 KA(valor pico, con fusibles). Corriente de cortocircuito admisible durante 1 segundo 11 KA. Temperatura máxima de funcionamiento 55°C . Protección mecánica IP 20. Durabilidad mecánica 12000 ciclos de maniobra, En cuanto a los dispositivos auxiliares, cuenta con un bloque de contactos auxiliares 1 NO + 1NC. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm.

La acometida al mismo se realiza por medio de barras. Para el dimensionado de estas se tiene en cuenta la corriente nominal asignada para la salida que en este caso es de 280 A. Se utilizarán barras pintadas, con una sola pletina por fase. La distancia total de la barra es de 67 cm, separación entre soportes 20 centímetros y la separación entre fases es de 40 mm. Los factores de corrección que deben aplicarse son.

Factor K1: Temperaturas distintas a las de referencia 65°C embarrado, 35°C ambiente. Para TB = 60°C y TA = $35^\circ\text{C} \Rightarrow K1 = 0.9$

Factor K2: Factor de corrección para la reducción de carga por disposición horizontal del ancho de la barra o por tendido vertical de más de 2 metros. Para Ancho de barra entre 50 y 200 mm, espesor entre 5 y 10 mm, barra pintada y número de barras igual a 4. $\Rightarrow K2 = 0.75$

$$I_{eq} = I_{nominal} / (K1 \times K2) = 280 \text{ A} / (0.9 \times 0.75) = 415 \text{ A}.$$

Luego la sección que verifica todas las condiciones necesarias, es **30 x 5 mm**. Capacidad de conducción 447 Amper

Fuerza entre fases que produce la corriente de falla.

$$F_h = 0,2 \times I_s^2 \cdot l / a = 0,2 \times 49^2 \times 20 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = 2401 \text{ N}$$

Siendo l : distancia de separación entre soportes, a distancia de separación entre fases

Considerando este valor de fuerza entre fases, se deben calcular los esfuerzos a los que estará sometida la barra en caso de falla.

$$\sigma_h = \mu_0 \times B \times (F_h \times l) / (8 \times W) = 1 \times 1 \times (2401 \text{ N} \times 20 \text{ cm}) / (8 \times 0.75 \text{ cm}^3) \\ \Rightarrow \sigma_h = 8003 \text{ N} / \text{cm}^2$$

Donde $\mu_0 = 1$. $B = 1$.

En la parte inferior del tablero, esta barra, se acopla con la tema de conductores subterráneos unipolares 185 mm^2 de sección que llevan la alimentación hasta el tablero seccional correspondiente, este acople tiene lugar en un borne tipo UHV 240.

14.13 Salida a Primer Piso

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un seccionador rotativo 400 Amper, NH de 355 A. Corte tetrapolar; cuyas restantes características son similares a las del seccionador mencionado en el caso anterior. En cuanto a los dispositivos auxiliares este cuenta con un bloque de contactos auxiliares 1 NO + INC. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm. La acometida al mismo se realiza por medio de barras. Para el dimensionado de estas se tiene en cuenta la corriente nominal asignada para la salida que en este caso es de 295 A. Se utilizarán barras pintadas, con una sola pletina por fase. La longitud total de la barra es de 50 cm, la separación entre fases es de 40 mm. Y la separación máxima entre soportes es de 25 centímetros. Los factores de corrección que deben aplicarse son.

Factor K1: Temperaturas distintas a las de referencia 65°C embarrado, 35°C ambiente. Para $TB = 60^\circ\text{C}$ y $TA = 35^\circ\text{C} \Rightarrow K1 = 0.9$

Factor K2: Factor de corrección para la reducción de carga por disposición horizontal del ancho de la barra o por tendido vertical de mas de 2 metros. Para Ancho de barra entre 50 y 200 mm, espesor entre 5 y 10 mm, barra pintada y numero de barras igual a 4. $\Rightarrow K2 = 0.75$

$$I_{eq} = I_{nominal} / (K1 \times K2) = 295 \text{ A} / (0.9 \times 0.75) = 437 \text{ A}.$$

Luego la sección que verifica todas las condiciones necesarias, es **30 x 5 mm**. Capacidad de conducción 447 Amper

Fuerza entre fases que produce la corriente de falla.

$$F_h = 0,2 \times I^2 \cdot l / a = 0,2 \times 50.5^2 \times 25 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = 3187.8 \text{ N}$$

Siendo l : distancia de separación entre soportes, a distancia de separación entre fases

Considerando este valor de fuerza entre fases, se deben calcular los esfuerzos a los que estará sometida la barra en caso de falla.

$$\sigma_h = \mu_0 \times B \times (F_h \times l) / (8 \times W) = 1 \times 1 \times (3187.8 \text{ N} \times 25 \text{ cm}) / (8 \times 0.75 \text{ cm}^3)$$
$$\Rightarrow \sigma_h = 13282.55 \text{ N} / \text{cm}^2$$

Donde $\mu_0 = 1$. $B = 1$.

En la parte inferior del tablero, esta barra, se acopla con la tema de conductores subterráneos unipolares 240 mm^2 de sección que llevan la alimentación hasta el tablero seccional correspondiente, este acople tiene lugar en un borne tipo UHV 240, cuya máxima capacidad de conducción es de 415 Amper.

14.14 Salida a Plataformas

La salida en cuestión presenta las mismas características que la salida a sala de bombas, con la única diferencia que el fusible NH es de 315 A. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm. Para el dimensionado de las barras se cumplen las mismas condiciones que en el caso anterior por lo tanto el calibre y la disposición son similares. Luego la sección que verifica todas las condiciones necesarias, es **30 x 5 mm**. Capacidad de conducción 447 Amper. En cuanto al acople con la terna subterránea de conductores unipolares de **95 mm²** tiene lugar en un borne tipo UHV 95

14.15 Salida a galería de embarque

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un Seccionador rotativo de 630 Amper, corte tetrapolar con fusibles NH de 500 A cuyas características más salientes son: Corriente térmica convencional 630 A, Capacidad de cierre sobre cortocircuito 105 KA(valor pico, con fusibles). Corriente de cortocircuito admisible durante 1 segundo 32 KA. Temperatura máxima de funcionamiento 55 °C. Protección mecánica IP 20. Durabilidad mecánica 3000 ciclos de maniobra. En cuanto a los dispositivos auxiliares este cuenta con un bloque de contactos auxiliares 1 NO + 1NC. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm.

La acometida al mismo se realiza por medio de barras. Para el dimensionado de estas se tiene en cuenta la corriente nominal asignada para la salida que en este caso es de 500 A. Se utilizarán barras pintadas, con una sola pletina por fase. La distancia total de la barra es de 56 cm, la separación máxima entre soportes es de 20 centímetros y la separación entre fases es de 40 mm. Los factores de corrección que se deben aplicar son.

Factor K1: Temperaturas distintas a las de referencia 65°C embarrado, 35 °C ambiente. Para TB = 60 °C y TA= 20 °C \Rightarrow **K1= 0.9**

Factor K2: Factor de corrección para la reducción de carga por disposición horizontal del ancho de la barra o por tendido vertical de más de 2 metros. Para Ancho de barra entre 50 y 200 mm, espesor entre 5 y 10 mm, barra pintada y número de barras igual a 4. \Rightarrow **K2= 0.75**

$$I_{eq} = I_{nominal} / (K1 \times K2) = 500 \text{ A} / (0.9 \times 0.75) = \mathbf{740 \text{ A.}}$$

Luego la sección que verifica todas las condiciones necesarias, es **40 x 10 mm**. Capacidad de conducción 850 Amper.

Fuerza entre fases que produce la corriente de falla.

$$F_h = 0,2 \times I_s^2 \cdot l / a = 0.2 \times 42.3^2 \times 20 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = \mathbf{1875 \text{ N}}$$

Siendo l : distancia de separación entre soportes ; a distancia de separación entre fases. Considerando este valor de fuerza entre fases, se deben calcular los esfuerzos a los que estará sometida en caso de falla.

$$\sigma_h = \mu_0 \times B \times (F_h \times l) / (8 \times W) = 1 \times 1 \times (1875 \text{ N} \times 20 \text{ cm}) / (8 \times 2.666 \text{ cm}^3)$$

$$\Rightarrow \sigma_h = \mathbf{1762.25 \text{ N} / \text{cm}^2}$$

En la parte inferior del tablero, esta barra, se acopla con la doble terna de conductores subterráneos unipolares 400 mm^2 de sección que llevan la alimentación hasta el tablero seccional correspondiente, este acople tiene lugar en dos bornes tipo UHV 240.

14.16 Salida a sala de tableros

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un seccionador rotativo 125 A, corte tetrapolar, Durabilidad mecánica 15000 ciclos de maniobra, cuyas restantes características son similares a los utilizados en otras salidas. El fusible NH es de 40 A. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm. En este caso tanto la acometida desde la barra principal, como la salida hasta el bome inferior tiene lugar por medio de conductor flexible unipolar, instalado dentro de un cable canal ranurado para interior de tablero, dimensiones 30 x 30 mm la sección del conductor es de 16 mm para las fases y para 16 mm para el neutro, considerando la presencia de varias cargas monofásicas. Ver capítulo 5.

14.17 Salidas a Tercer piso y a sótano

Las salidas en cuestión presentan similares características por eso se las trata en común. Tienen lugar por medio de un Seccionador rotativo de 250 Amper, corte tetrapolar con fusibles NH de 224 A, para la salida a sótano y fusibles de 250 A, para la salida a tercer piso. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm para el seccionador del sótano y de 50 cm para el seccionador del tercer piso.

La acometida al mismo se realiza por medio de cable flexible cuya sección se calcula a continuación, considerando temperatura interior $35 \text{ }^\circ\text{C}$ y tendido en cable canal ranurado. Para el dimensionado de este conductor se tiene en cuenta la corriente nominal asignada para las salidas que en este caso es de 210 A. Los factores de corrección que se deben aplicar son.

Factor K1: Temperatura $35 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \mathbf{K1=0.9}$

Factor K2: Factor de corrección para la reducción de carga por tendido dentro de cable canal. $\Rightarrow \mathbf{K2=0.9}$

Factor K3: Factor de corrección para la reducción de carga por agrupamiento tres sistemas en contacto. $\Rightarrow \mathbf{K2=0.7}$

Luego la sección que verifica, es **185 mm**. Capacidad de conducción para las condiciones establecidas. 214 A Amper.

En la parte inferior del tablero, esta barra, se acopla con la terna de conductores subterráneos unipolares 95 mm^2 para el sótano y de 70 mm^2 de sección que llevan la alimentación hasta el tablero seccional correspondiente, estos acoples tienen lugar en dos bornes tipo UHV 95.

14.18 Salidas a Banco de capacitores numero 1

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un seccionador rotativo 250 A sin portafusibles, corte tripolar, Durabilidad mecánica 15000 ciclos de maniobra, cuyas restantes características son similares a los utilizados en otras salidas. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm. En este caso tanto la acometida desde la barra principal, como la salida hasta el

borne inferior tiene lugar por medio de conductor flexible unipolar, instalado dentro de un cable canal ranurado para interior de tablero, dimensiones 30 x 30 mm la sección del conductor es de 70 mm - Ver capítulo 13.

14.19 Salidas a Banco de capacitores numero 2

La salida en cuestión tiene lugar por medio de un seccionador rotativo 630 A sin portafusibles, corte tripolar, Durabilidad mecánica 3000 ciclos de maniobra, cuyas restantes características son similares a los utilizados en otras salidas. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm. En este caso tanto la acometida desde la barra principal, como la salida hasta el borne inferior tiene lugar por medio de conductor flexible unipolar, instalado dentro de un cable canal ranurado para interior de tablero, dimensiones 50 x 50 mm la sección del conductor es de 2 x 240 mm - Ver capítulo 13.

14.20 Salida a Tablero principal de iluminación

La salida en cuestión tiene lugar por medio del Interruptor Termomagnético que fue seleccionado en el capítulo 10 para la protección del generador. Tal como se lo prevé en el reglamento AEA 2002, en aquellos tableros de los cuales se derivase una sola salida el interruptor de cabecera se utiliza para la protección de la línea. La altura de instalación de la maneta respecto del nivel del suelo es de 90 cm.

14.21 Control del tablero

La sección sala de tableros, según determino en el capítulo 5, esta constituida por un circuito monofásico de potencia 220 VAC, que alimenta el aire acondicionado de la sala de tableros. Para tal circuito se dispone de un elemento de corte y protección ubicado en el tablero principal. Este elemento es un interruptor termomagnético bipolar, característica C, Corriente nominal 25 Amper, capacidad de ruptura 25 KA.

En forma adicional existe otro circuito de alimentación monofásica, que es seccionado por un interruptor termomagnético bipolar, característica C, corriente nominal 6 Amper, capacidad de ruptura 25 KA desde el cual se alimenta un Rele para supervisión de temperatura 3 RS10. Cuyo objetivo es activar el forzador del tablero principal, por medio de un microcontacto que acciona a la vez, la bobina de un rele auxiliar de potencia que posee 1 contacto inversor; capaz de maniobrar corrientes de hasta 10 A;

La medición de temperatura tiene lugar por medio de una termocupla característica J, Rango de medición entre 0 y 200 °C, que esta montada en el sector superior de la envolvente. Para el funcionamiento de este sistema se debe ajustar un valor de temperatura en el rele 3 RS10 considerado optimo, que en este caso será 35 °C, que es el valor de temperatura se desea exista en el interior del tablero, en función de la máxima temperatura de operación de los sistemas electrónicos instalados que es de 50 °C. La histéresis del rele es ajustable entre 2 y 20 % Se ajusta en un valor de 10 %, esto es 3.5 °C, de forma tal de reducir la cantidad de maniobra de los motores y de los accionamientos; por lo tanto el o los ventiladores a instalar encenderán, cuando la temperatura en la envolvente alcance los 38.5 °C y se detendrá cuando esta alcance los 31.5 °C. En cuanto a la potencia de los motores estos, se dimensionan más adelante luego de realizar el análisis térmico correspondiente sobre el conjunto.

Se evidencia un grupo de bomes, montados sobre riel Din cuya alimentación es de 24 VAC, abastece los contactores de los dos bancos de capacitores, los sistemas de señalización y el rele auxiliar

que permite el enclavamiento del seccionador de acople del sistema de barras. El cálculo del transformador se muestra en la tabla 14. 2

Nótese además la presencia de un interruptor guardamotor alimentado en forma monofásica, el mismo esta cumpliendo la función de interruptor protegiendo al transformador, de acuerdo a la especificación del fabricante.

Consumo	Potencia [VA]
Señalización	110
Banco capacitores numero 1	62
Banco capacitores numero 2	344
Rele auxiliar	1
150 m Cable 2.5 mm- 2 Amper	24
Potencia Total	541 VA

Tabla 14.2 Calculo del transformador de comandos

Luego, el transformador elegido, es un transformador 220 / 24 VAC, potencia nominal 630 VA, potencia de corta duración 2.35 KVA. El funcionamiento, en cuanto a seguridad eléctrica, es bajo el principio de MBTS, - Muy baja tensión sin puesta a tierra -Principales características $U_z\% = 3.7 \%$. Rendimiento 92 %; Aislamiento Clase B, Protección mecánica IP 00, En cuanto a la protección del transformador, el mismo puede protegerse en forma interna, a través de una sonda PTC, o bien en forma externa, por medio de fusibles o interruptores guardamotors. La opción seleccionada es esta última, por lo que el calibre de interruptor adecuado resulta ser, según fabricante 3 RV 1011-1FA10. Valor de ajuste 3.7 Amper.

14.22 Determinación de la elevación interna de temperatura

Hasta aquí el detalle de los componentes del tablero, se debe determinar ahora, la ventilación del mismo, para tal fin se deben conocer las perdidas totales de potencia dentro del gabinete. Los valores se obtienen de los datos proporcionados por los fabricantes, se considera para el calculo a seguir factor de simultaneidad igual a 1. En la tabla 14.3 Se resumen todos los elementos alojados en el tablero principal y las perdidas de potencia que producen funcionando a carga plena, según datos aportados por fabricantes.

Elemento	Potencia de perdidas [W]
2 Interruptores Sentron 1600 A	520
Secc. rotativo 400 A con fusibles 355 A	168
Interruptor Sentron 800 A	230
Secc. Rotativo 630 A con fusibles 500 A	250
Secc. Rotativo 400 A con fusibles 315 A	164
Secc. Rotativo 400 A con fusibles 400 A x 2	350
Secc. Rotativo 250 A con fusibles 250 A	85
Secc. Rotativo 250 A con fusibles 224 A	81
Secc. Rotativo 125 A con fusibles 40 A	33
Interruptor termomagnético 125 A D	8
Seccionador rotativo 250 A	33
Seccionador rotativo 630 A	170
TI 1500 / 5 Amper x 6	9

TI 150/ 5 Amper x 3	1.5
Secc. Acople Barras 3 KE45	185
Barra 80 x 10 corriente 750 A – 59 mts	705
Barra 60 x 10 Corriente 800 A- 2 mts	37
Barra 30 x 5 Corriente 300 A- 6 mts	61
Barra 40 x 10 Corriente 500 A- 1.6 mts	17
Cable Unipolar 185 mm – 250 A. 24 mts	159
Cable unipolar 240 mm 250 A 24 mts	120
Cable unipolar 70 mm 150 A 12 mts	74
Cable Unipolar 25 mm – 35 A. 12 mts	15
Cable unipolar 2.5 mm- 5 A- 80 mts	16
Bornes UHV- 240 . x 30	15
Conmutadora Red- Grupo 125 A.	21
Bornes UHV- 95 x 15	3
Bornes UK- 35 . x 12	3
Bornes UK- 10 . x 50	7.5
1 Guardamotor 3 RV1011	6
Transformador 220/24 VAC 630 W $\eta = 92 \%$	55
Perdidas Totales	3587

Tabla: 14.3: Potencia de pérdidas en el tablero principal

Se han determinado las pérdidas totales de potencia en el tablero principal, ahora se debe determinar la elevación de temperatura que producirá esta potencia de pérdidas dentro de la envolvente, para por último determinar la cantidad de calor que es necesario evacuar y la potencia de los forzadores. El método empleado para el cálculo de la temperatura en el interior del tablero, es el propuesto por la norma IEC 60890, que resulta de una simplificación del método propuesto por la norma IEC 60431, que es perfectamente aplicable, a envolventes con pocos compartimentos horizontales, en este tablero no existen compartimentos internos, la división es solamente de las puertas, y a efectos de mejorar la accesibilidad a los distintos elementos. A continuación se explica en forma abreviada el método empleado.

Las simplificaciones de este método, se fundan en tres aspectos principales.

- Reparto uniforme de la potencia de pérdidas, aspecto que en muchos casos no se cumple, en el que se está analizando puede considerarse que se cumple, dado que los elementos están distribuidos por toda la superficie del tablero.
- Equipamiento dispuesto de forma tal que no obstruya circulación del aire.
- No más de tres separaciones horizontales

Para poder desarrollar el cálculo son necesarios algunos datos, que se detallan a continuación.

- Envolvente, Dimensiones, ventilación, forma geométrica, constitución, separaciones, etc.
- Potencia total disipada en el interior.
- Forma de instalación de la envolvente.
- Temperatura ambiente = 20 °C, para este caso

El método de cálculo propiamente dicho, propone obtener la temperatura, en solamente dos planos, uno transversal situado a un valor de altura igual al 50 % de la altura de la envolvente y otro de igual característica situado en el punto superior de la envolvente.

El valor de temperatura a media altura es igual a la temperatura ambiente más una cierta elevación.: $T_{0.5} = T_{amb} + DT_{0.5}$

$$\text{Donde } DT_{0.5} = d \times k \times Pw^{0.804}$$

- El coeficiente d tiene en cuenta la existencia de separaciones horizontales, en este caso no existen separaciones horizontales $d = 1$
- El factor K tiene en cuenta la forma de la envolvente, superficie útil de intercambio de calor, etc. En este caso para una superficie de intercambio igual a 14.75 metros cuadrados, con orificios de entrada de aire m a 100 cm cuadrados $k = 0.08$

$$\text{Luego } T_{0.5} = 20 \text{ }^\circ\text{C} + 57.7 \text{ }^\circ\text{C} = 77.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

En cuanto a la temperatura en el punto superior, la misma se calcula como la temperatura ambiente mas una cierta elevación que se obtiene considerando la elevación de temperatura en el plano central de la envolvente.: $T_1 = T_a + DT_1$. Donde $DT_1 = C DT_{0.5}$

Siendo C es una constante de calentamiento que depende de la forma geométrica de la envolvente, en este caso $C = 1.25$

$$\text{Luego } T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C} + 1.25 \times 57.7 \text{ }^\circ\text{C} = 92.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Como se demuestra claramente, luego de los cálculos, el tablero no puede funcionar bajo ningún punto de vista sin ventilación forzada. Para la obtención de la potencia de los ventiladores se realiza el calculo termodinámico correspondiente, a los efectos de obtener el caudal de aire necesario para extraer de la envolvente una cantidad de calor tal que la temperatura descienda hasta el valor buscado. Se considera como calor específico del aire. 0.17 Kcal / Kg °K, Densidad del aire 1.1 Kg / m cúbico. Temperatura máxima deseada en el punto superior 35 °C. Diferencia de presión estática a vencer 1.5 milibares.

$$\text{Potencia} = 10000 \times Pw \times 1.5 \text{ e}^{-3} / (DT \times 1005 \times 0.2) = 7.7 \text{ W}$$

Luego, para determinar la potencia del motor debe considerarse el rendimiento del sistema, a efectos del calculo se considera que es igual a 50 %.

Luego, la potencia del forzador a instalar es de 15 W. El mismo esta instalado en la tapa superior de la envolvente.

CAPITULO 15 : DETALLE DEL SISTEMA DE AUTOMATISMOS

15.1. Introducción:

En los capítulos anteriores se hace mención de la existencia de un importante sistema de automatismos, cuya función principal es controlar el flujo de cereal que se recibe o se embarca. Se busca por un lado evitar paradas de planta por acciones involuntarias de los operarios, y en caso de que estas paradas ocurran se busca que las consecuencias para la producción y el tiempo de puesta en servicio sean mínimos. Otro aspecto que se tiene presente en el diseño del sistema de automatismos es la seguridad de los operarios, principalmente en el sector donde se encuentran cintas transportadoras. Por lo tanto el sistema de automatismos puede considerarse como 5 sistemas que presentan cierto grado de dependencia entre si, cuyas funciones principales son

- Control de recepción
- Control de embarque
- Seguridad de operarios
- Protección contra sobrecargas en líneas
- Parada de norias

15.2 Control de Recepción

Se muestra en el diagrama de flujo del anexo 9 la circulación del cereal durante el proceso de descarga del mismo hasta que es depositado en los silos de almacenaje. Eléctricamente debe asegurarse el control de las válvulas neumáticas ubicadas en las tolvas de plataformas y en las tolvas del quinto piso; y también la sincronización entre los sensores de nivel capacitivos para elementos granulados ubicado en esta tolva, con las válvulas de las tolvas de plataformas.

Para la puesta en marcha desde la sala de control de todo el sistema de descarga, a excepción de las bombas de plataforma, se pone en marcha en forma manual el motor de la noria, y luego de un tiempo de seguridad de 45 segundos se enciende en forma automática el motor del redler que la alimenta. La apertura de las válvulas queda criterio del operador, pero no puede ser realizada hasta que transcurra un tiempo de seguridad de 90 segundos desde el encendido de la noria. Otro aspecto que queda a criterio del operador de la sala de control el momento en que enciende la cinta de ensilado.

Para la parada del sistema la secuencia de detención de los motores puede comenzar después de un tiempo de seguridad de 4 minutos desde que las válvulas de las tolvas de plataforma son cerradas. La secuencia de detención comienza en forma manual por el motor del redler y luego de un tiempo de seguridad de 10 minutos se detiene en forma automática el motor de la noria. La secuencia culmina con la detención de la cinta de ensilado que tiene lugar 10 minutos después de la detención de la noria.

En cuanto al ensilado del cereal se ha dispuesto de un sistema de detectores de posición en cada boca de silo, el cual permite al operador de la cinta de ensilado y al operador de la sala de control divisar el momento en que la boca de descarga de la cinta esta perfectamente posicionada, situación esta que luego de un tiempo de seguridad de 45 segundos habilita al operador de la sala de control a la puesta en marcha en forma manual de la cinta. Estas cintas poseen además un sistema de parada de emergencia, que se encuentra distribuido a lo largo del desarrollo de la misma y hacia ambos costados. Para este fin se dispone de un circuito serie compuesto por 20 golpes de puño con un contacto normalmente cerrado, de forma tal que ante la acción en cualquiera de ellos se detiene la cinta.

En cuanto a la protección de los norias elevadoras, tal como se anticipa en el capítulo 3, debe evitarse la detención de este mecanismo con cereal ya que su puesta en servicio puede demorar varias horas. Para esto se disponen dos sistemas uno que detecta baja velocidad en el motor y otro que detecta exceso de temperatura en el motor.

Para el sistema de medición de velocidad, se censa en forma constante las revoluciones del motor de la noria por medio de un sensor inductivo, instalado en el eje del mismo. Este sensor está conectado a un tacómetro digital, precisión 0.1 %, resolución 0.1 RPM, en el cuál se ajusta un valor de velocidad crítico por debajo del cual el funcionamiento del accionamiento es comprometido. Esta situación responde a la característica par velocidad del motor eléctrico, el cuál ante un aumento en la carga solicitada responde con un aumento en el valor del deslizamiento reduciendo de esta forma la velocidad en el eje. Esto ocasiona dos inconvenientes, el primero de ellos es que junto con la reducción de la velocidad se registra un aumento de la corriente que demanda el motor, que en ciertos casos puede ocasionar la actuación de las protecciones térmicas.

Aunque el verdadero inconveniente tiene lugar en relación a que el motor puede resignar velocidad por efecto de aumento de carga, hasta un cierto punto en el cuál el motor está entregando su máximo par en el eje. Luego de este punto el par motor disminuye y el motor pierde velocidad rápidamente, ocasionando además un excesivo aumento de su temperatura interna.

Para determinar el valor de velocidad real a la cuál se debe limitar el funcionamiento del motor, se mantiene una actitud bastante conservadora, en función de que el par motor es altamente sensible a las variaciones de tensión, precisamente con el cuadrado de esta. La norma VDE0530 recomienda que el punto de mínima velocidad al cuál debe ser operado un motor asincrónico debe ser tal que la relación entre el par máximo extraíble y el par crítico sea 1.8 veces. Nótese que para el motor instalado el valor de la relación entre el par máximo motor y el par nominal es igual a 2.5 veces.

Para determinar el valor de deslizamiento al que corresponde esta situación se utiliza la fórmula de Klosse que permite determinar el valor del deslizamiento crítico conociendo el valor del deslizamiento nominal del motor $S_n = 0.012$ y la relación par máximo frente a par nominal, para el motor a instalar esta relación es igual a 2.5 veces. Luego

$$S_c = S_n (\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1})$$

Donde $\lambda = M_c / M_n$, Siendo $M_c = M_{max} / 1.8$ Luego el valor de S_c es

$$S_c = 0.012 (0.555 \times 2.5 \pm 1) = 0.012 \times 2.419 = \mathbf{0.0290}$$

Luego el valor máximo de velocidad permitida para el motor es de **971 RPM**.

Este es el valor que debe ser ajustado el tacómetro, nótese que con los valores de precisión dados para este instrumento la lectura de velocidades debe ser $RPM \pm 1$. Es importante destacar que este mecanismo no está diseñado para transmitir ordenes al motor de la noria, sino que en los casos en que el motor de la noria alcance este valor de velocidad se detendrá el ingreso de cereal al pozo de noria. Para ello se deben detener los motores de los redler de descarga y al mismo tiempo cerrar la válvula de la tolva de descarga que corresponda a la noria afectada. En forma instantánea se tiene señal de alarma de esta situación en la sala de control.

La elevación de cereal se reanuda en forma automática una vez que la noria alcanza una velocidad admisible, para esto se dispone de un Relé de tiempo multifunción que permite ajustar hasta 8 valores de tiempo entre 1 segundo y 10 horas. Para este caso se utilizan dos valores de ajuste, el primer valor de ajuste enciende el motor del redler y además dispara una señal de alarma en la sala de control que indica la reanudación de la tarea. El segundo valor de ajuste es 45 segundos mayor al primero y activa nuevamente la válvula cerrada. El Relé de tiempo utilizado se energiza al momento en que el tacómetro da la orden de cierre de válvulas.

En cuanto al valor de ajuste del primer escalón de tiempo, esta tarea debe realizarse luego de varios ensayos que permitan determinar los valores de óptimos de tiempo en los cuales la noria vacía el pozo para distintas circunstancias de sobrecarga.

Nótese además que se ha previsto en el caso de que el tiempo de parada ocasione el llenado de las tolvas de plataformas; una señal de alarma sobre esta situación tanto al operario de plataformas como al operador de la sala de control, para esto se dispone al igual que en las tolvas del quinto piso un sensor de nivel tipo capacitivo.

Los motores de las norias estarán protegidos además, contra sobre temperaturas internas, que puedan ser provocadas por sobrecargas, aumento de temperatura ambiente, fallas de ventilación, elevado número de arranques, arranque anormalmente prolongado, etc. Esta protección tiene como objetivo detectar aumentos de temperatura que puedan afectar al motor, y en el caso de que este aumento sea causado por una sobre corriente se busca que la actuación del sensor interno se anticipe a la protección térmica del circuito de potencia. Se busca con esto evitar que el motor se detenga con la noria cargada.

Se dispondrán entonces termistores que detecten un valor de temperatura que sea menor al admisible para la clase de aislamiento del motor. En este caso la actuación del sensor cumplirá una función similar a la que cumple el sensor de baja velocidad, suspendiendo la entrada de cereal al pozo de noria, reduciendo la exigencia sobre el motor en forma gradual conforme se vacíe el pozo de la noria. Con lo cuál el motor estará funcionando sin carga hasta alcanzar una temperatura óptima.

La elevación de cereal se reanuda en forma automática una vez que la noria alcanza una temperatura admisible, para esto se dispone de un Rele de tiempo similar al utilizado en el control de velocidad. Para esta caso se utilizan dos valores de ajuste, al primer valor de ajuste enciende el motor del redler y además dispara una señal de alarma en la sala de control que indica la reanudación de la tarea. El segundo valor de ajuste es 45 segundos mayor al primero y activa nuevamente la válvula cerrada. El rele de tiempo utilizado se energiza al momento en que el rele supervisor de la sonda da la orden de cierre de válvulas.

En cuanto al valor de ajuste del primer escalón de tiempo, esta tarea debe realizarse luego de varios ensayos que permitan determinar los valores de óptimos de tiempo en el que el motor alcanza una temperatura óptima. Este tiempo dependerá fundamentalmente de la cantidad de cereal que se encuentra en el pozo y del tiempo que demore la noria en quedar en marcha en vacío.

Para este mecanismo de control se disponen de termistencias con coeficiente de temperatura positivo. La resistencia de estos elementos aumenta en forma muy abrupta cuando la temperatura alcanza el umbral de temperatura de funcionamiento. Un rele electrónico mide en forma permanente el valor de resistencia del circuito y ante un aumento brusco ordena el cambio de estado de los contactos

de salida. En este caso se busca que la maquina no se detenga, por lo tanto la sonda a emplear debe ser de temperatura nominal de funcionamiento menor a la que admite el motor según su clase de aislamiento. Para este tipo de sondas el rearme del rele de supervisión es automático. En cuanto al disparo del rele puede darse por varias situaciones adicionales al echo de haberse alcanzado la temperatura nominal de funcionamiento de la sonda. Estas situaciones son el corte o el cortocircuito de las sondas o de las líneas sondas-rele. Esta característica es común a todos los modelos de rele y se debe a cuestiones de seguridad en la supervisión.

Para los motores de las norias cuyo aislamiento es clase F, para la cuál se establece en la norma IRAM 2008 que el valor máximo de elevación de temperatura interna a medir por medio de resistencia es de 100 °C. Se emplean dos pares de termistancias uno que se ubica en las cabezas de bobina cuya resistencia a la temperatura de 25 °C es de 60 Ω y presenta una temperatura nominal de funcionamiento de 140 °C. Y un segundo par que esta conectado eléctricamente en serie al anterior pero físicamente dispuesto por sobre el cojinete de rodamiento cuya temperatura nominal de funcionamiento es de 55 °C, siendo el valor máximo de elevación de temperatura admisible para esta clase de aislamiento según IRAM 2008 60 °C

Este segundo par de termistores tiene como función monitorear la temperatura del cojinete y del rodamiento delantero del motor, esta indicación es adquirida en la sala control por el automatismo central y del análisis de la variación de este valor en el tiempo se deciden tareas de revisión en los rodamientos de la maquina.

15.3 Control de Embarque

Para la puesta en marcha de todo el sistema de embarque, a excepción de las cintas de embarque, se pone en marcha en forma manual el motor de la noria, y luego de un tiempo de seguridad de 45 segundos se enciende en forma automática el motor de la cinta de extracción que la alimenta. Quedando a criterio del operador de la sala de control el momento en que enciende las cintas de embarque, cuya secuencia de arranque comienza con el encendido en forma manual del tramo horizontal a utilizar. Luego de un tiempo de seguridad de 45 segundos desde la puesta en marcha del primer tramo de cinta horizontal se pone en marcha en forma automática el tramo inclinado de cinta.

Para la parada del sistema es requisito que las válvulas de extracción de los silos se encuentren cerradas, la secuencia de parada puede iniciarse luego de un tiempo de seguridad de 4 minutos desde el cierre de las válvulas. El operador detiene en forma manual el motor de la cinta de extracción y luego de un tiempo de seguridad de 10 minutos se detiene en forma automática el motor de la noria. Quedando nuevamente a criterio del operador la detención de la cinta de embarque. Cuya secuencia de parada puede iniciarse luego de un tiempo de seguridad de 4 minutos desde que las válvulas de las tolvas del quinto piso son cerradas. La secuencia de parada comienza con la detención en forma manual del tramo inclinado de cinta y luego de un tiempo de seguridad de 3 minutos se detiene en forma automática el primer tramo de cinta horizontal y luego de un segundo tiempo de seguridad de 6 minutos desde la detención del tramo inclinado se detiene el segundo tramo. En caso de que este tramo no se encuentre en funcionamiento se dispone de un contacto normalmente cerrado del motor en cuestión que está conectado en serie al contacto del temporizador, el cuál anula el segundo disparo.

Se muestra en el diagrama de flujo 15.2 la circulación del cereal durante el proceso de embarque del mismo desde que se lo extrae de los silos de almacenaje hasta que es depositado en el pescante de descarga. Eléctricamente debe asegurarse el control de las válvulas neumáticas ubicadas en las boquillas de los silos y en las tolvas del quinto piso; y también la sincronización entre los sensores de

nivel para elementos sólidos de tecnología capacitivos de estas tolvas, con las válvulas mencionadas. También debe asegurarse sincronización entre los motores de los distintos tramos de las cintas de embarque

Para la extracción del cereal se ha dispuesto de un sistema de detectores de posición en cada boca de silo, el cual permite al operador de cada cinta de extracción y al operador de la sala de control divisar el momento en que la boca de la cinta esta perfectamente posicionada, situación esta que luego de un tiempo de seguridad de 15 segundos habilita al operador de la sala de control a la puesta en marcha de las cintas y luego de un nuevo tiempo de seguridad de 15 segundos se permite la apertura de las válvulas también en forma manual. Estas cintas poseen además un sistema de parada de emergencia, que se encuentra distribuido a lo largo del desarrollo de la misma y hacia ambos costados. Para este fin se dispone de un circuito serie compuesto por 20 golpes de puño con un contacto normalmente cerrado, de forma tal que ante la acción en cualquiera de ellos se detiene la cinta.

Se disponen en total de tres cintas de extracción, la cinta numero 1 alimenta exclusivamente la noria numero 3 y la cinta numero alimenta exclusivamente la noria numero 4, mientras que a cinta número 3 puede alimentar una u otra noria.

En cuanto a las norias de embarque estas poseen las mismas protecciones que las norias de recepción. Lo que se debe analizar para este caso es sobre que elemento deben actuar los sensores. Queda claro que para suspender el flujo de cereal hacia el pozo de noria se debe detener el motor de la cinta que este operando y al mismo tiempo cerrar las válvulas de descarga.

En cuanto a las cintas de embarque poseen además un sistema de parada de emergencia, que se encuentra distribuido a lo largo del desarrollo de las misma y hacia ambos costados. Para este fin se dispone de un circuito serie compuesto por 40 golpes de puño con un contacto normalmente cerrado, de forma tal que ante la acción en cualquiera de ellos se detienen todos los tramos de cinta incluyendo el tramo inclinado.

15.4 Protección contra sobrecargas en líneas

En el cálculo de los tendidos seccionales efectuado en el capitulo 5, se considera la compensación de energía reactiva en cada sección, motivo por el cuál las secciones de los conductores en cada caso se calculan considerando la corriente compensada que demanda la sección.

Puede presentarse la situación de que uno o varios capacitores no se encuentren en servicio, siendo las posibles causas de esta situación la falla de este elemento o bien del contactor que realiza la maniobra o bien del interruptor asociado a la salida en falla. Esto puede no ocasionar inconvenientes en cuanto al funcionamiento de la planta si la sección afectada se encuentra funcionando con una simultaneidad menor que la máxima.

Pero en los casos en que la demanda resulte plena pueden presentarse dos situaciones no deseadas, la primera de ellas es un exceso en la caída de tensión respecto de los valores calculados, situación que puede afectar en forma considerable a los motores eléctricos.

Otra situación que puede ocasionar la reducción espontánea de la compensación es la actuación del fusible ubicado en la cabecera del circuito seccional. Esta situación debe evitarse ya que ocasionaría una parada de toda una sección ocasionada por un desperfecto menor. Nótese que para la protección de los tendidos seccionales se emplean fusibles tipo NH cuya corriente de funcionamiento igual a 1.45

veces el valor de corriente nominal del fusible. Esto permite un cierto tiempo para la detección de la falla, el cuál dependerá fundamentalmente de la capacidad del fusible asignado y de la corriente que aporta el capacitor que se encuentre en falla.

Para comprobar esta situación se analiza un caso testigo, que es la secadora de cereal, en la cuál la compensación se realiza sobre cada ventilador y se compensa además los motores asociados a la carga de la misma instalándose un capacitor de 15 KVAR que aporta una corriente de 21.7 Amper. Siendo el calibre del fusible asignado 400 Amper. El valor de corriente asignado para la sección es de 387 Amper, con un factor de potencia 0.94. Para esta condición de falla el valor de corriente presente aumenta hasta 395 Amper. Nótese que en el caso en que los capacitores que se encuentren fuera de servicio sean tres el valor de corriente ascienda hasta los 450 Amper. Este valor de corriente no provocará la actuación del fusible por sobrecarga pero la sección estará funcionando en una condición no ideal.

Para detectar estas situaciones se dispone a la entrada de cada tablero seccional, de un conjunto de transformadores de intensidad cuya corriente primaria se elige en función de la corriente asignada para el dispositivo de protección y cuya corriente secundaria es 1 Amper, que alimenta un amperímetro digital que presenta cuatro salidas a rele configurables por valor de corriente. Serán ajustados tres valores de corriente; uno de ellos es el valor asignado para la sección, el segundo valor es un 5 % de sobrecarga y el tercer valor es un 10 % de sobrecarga. Estas salidas representan señales de alarma en la sala de control. Poniéndose en conocimiento del operador de la planta ante una situación de sobrecarga el cuál puede dar aviso al responsable eléctrico de la misma.

15.5 Función de mantenimiento

El comando de todos los sistemas incluyendo motores y válvulas neumáticas, se realizan desde la sala de control ubicada en el quinto piso. No obstante pueden presentarse situaciones en las cuales se requieran realizar tareas por parte del personal de mantenimiento sobre un tablero, o motor en particular. Para estas situaciones está previsto que cada tablero seccional se encuentre dotado de un interruptor conmutador de dos posiciones. La posición REMOTO permite la operación automática desde la sala de control y en la cuál funcionan todos los sistemas de protección mencionados en los puntos anteriores. La posición LOCAL permite el mando de cada motor alimentado desde el tablero en cuestión para lo cuál se dispone de una botonera doble para cada motor. En esta posición de trabajo se anulan las compensaciones individuales sobre los motores y se anulan además las entradas y salidas de información del tablero hacia la sala de control, en la cuál se dispara una alarma que indica que el tablero se encuentra en mando local.

CAPITULO 16: CALCULO DE ACCIONAMIENTOS

16.1 Introducción

En el capítulo 9 se seleccionan los aparatos de maniobra de todas las salidas a motor. Se aclara en el mismo capítulo que los accionamientos de los motores de las norias de embarque, movimiento interno y de la noria de la secadora, así como los accionamientos de las cintas de extracción, de ensilado y las cintas de embarque, serán calculados en forma diferenciada.

Para todas las norias, el sistema de automatismo evita la detención de las mismas con carga de forma tal que el arranque de las mismas se realiza sin carga. No obstante existe una situación que puede provocar la detención de la noria con cereal en su interior; esta situación es un corte súbito de energía. Deben distinguirse dos situaciones la primera de ellas es una discontinuidad del servicio debido a cuestiones inherentes a la propia planta, como pueden ser fallas en el tablero seccional de la sala de norias por ejemplo. La otra situación que se menciona es un corte general de energía por parte de la empresa distribuidora. La diferencia entre ambas situaciones, desde el punto de vista de la producción tal como se comenta en el capítulo 3 es que en el segundo caso la empresa no puede ser multada por retraso de tareas. Desde el punto de vista de la puesta en servicio no existe diferencias entre ambas situaciones. Por este motivo el sistema de arranque debe permitir el arranque en forma satisfactoria de las mismas con carga en su interior.

Para las cintas, la situación es diferente, en función de que el sistema de parada de emergencia de las mismas detiene a las cintas en forma inmediata con o sin carga. Por este motivo, el sistema de arranque debe estar diseñado para arranques frecuentes en carga.

16.2 Caída de tensión en el arranque

Se debe determinar el valor de la caída de tensión al momento del arranque para los motores mencionados. El reglamento AEA 2002, fija como valor límite de caída de tensión durante el arranque el 15 %. En los motores que esto no se verifique, se optará por un método de arranque a tensión reducida.

Para los motores de las norias, se calculará el valor de caída de tensión para la situación de la máxima exigencia; esto es el arranque del motor de la noria número 4, al momento que las tres norias restantes se encuentran en funcionamiento normal. Para el transformador se considera carga previa del 70 %, que corresponde al consumo de las tres norias y de las bombas de las plataformas de descarga. Los valores calculados se muestran en la tabla 16.1

línea	Caída	R	X	cos	sen	corriente	metros	ternas
sala de noria	13.986	0.0608	0.081	0.708	0.7062	1564	103	2
motor	13.037	0.184	0.084	0.3000	0.9539	1236	45	1
acometida	3.438	0.0583	0.137	0.835	0.5502	1882	17	2
transformador	0.014	0.0024	0.00763	0.952	0.3061	1773	1	1
Total %	8.020							

Tabla 16.1: Caída de tensión en arranque noria número 4

Para los motores de las cintas de ensilado se analiza el arranque de la segunda cinta, mientras la primera se encuentra en funcionamiento normal. En cuanto a los motores del tercer piso, se considera la

situación de máxima operación. Mientras que para el transformador se considera carga previa del 25 %. Los valores calculados se muestran en la tabla 16.2

línea	Caída	R	X	cos	sen	corriente	metros	ternas
motor	2.155	1.38	0.103	0.3000	0.9539	303.6	8	1.000
extensión	8.906	0.321	0.084	0.3875	0.9219	322.5	79	1.000
tercer piso	13.368	0.232	0.144	0.531	0.8474	449.65	70	1
acometida	0.983	0.0583	0.137	0.869	0.4948	563.6	17	2
transformador	0.005	0.0024	0.00763	0.936	0.3520	526.9	1	1
Total %	6.689							

Tabla 16.2 : Caída de tensión en arranque cintas de ensilado

Para los motores de las cintas de extracción se analiza el arranque de la tercera cinta, mientras las restantes se encuentran en funcionamiento normal. En cuanto a los motores del sótano, se considera la situación de máxima operación. Mientras que para el transformador se considera carga previa del 40 %. Los valores calculados se muestran en la tabla 16.3

línea	Caída	R	X	cos	sen	corriente	metros	ternas
motor	2.155	1.38	0.103	0.3000	0.9539	303.6	8	1.000
extensión	16.140	0.464	0.084	0.5310	0.8474	444.6	66	1.000
sótano	11.640	0.232	0.144	0.72	0.6940	535.6	47	1
acometida	1.108	0.0583	0.137	0.869	0.4948	635.2	17	2
transformador	0.004	0.0024	0.00763	0.936	0.3520	512.6	1	1
Total %	8.170							

Tabla 16.3 : Caída de tensión en arranque cintas de extracción.

Para los motores de las cintas de embarque se analiza el arranque del tramo inclinado, mientras los tramos horizontales se encuentran en funcionamiento normal- Ver diagrama de flujo anexo 9. Mientras que para el transformador se considera carga previa del 75 %. Los valores calculados se muestran en la tabla 16.4

línea	Caída	R	X	cos	sen	corriente	metros	ternas
motor	2.225	0.627	0.094	0.3000	0.9539	578	8	1
tablero seccional	17.421	0.0608	0.08	0.786	0.6182	1050	197	2
acometida	2.007	0.0583	0.137	0.936	0.3520	1326	17	2
transformador	0.008	0.0024	0.00763	0.986	0.1667	1309	1	1
Total %	5.700							

Tabla 16.4 : Caída de tensión en arranque cintas de embarque.

Se observa en las tablas 16.1 a 16.4 que los valores de caída de tensión durante el arranque para los motores analizados se encuentran dentro de los valores aceptados, por este motivo el arranque se realiza en forma directa.

16.3 Calculo del par resistente y del momento de inercia

Se calcularán para las cintas de extracción, y las norias, el tiempo de arranque de los motores y se verificará la no actuación de las protecciones asignadas durante el arranque bajo la condición analizada

en 16.2. Para esto se necesitan conocer las características de los motores y de los accionados que se determinan a continuación.

16.3.1 Cintas de extracción

En la imagen 16.1 se muestra un esquema representativo de las cintas de extracción y de las cintas de ensilado.

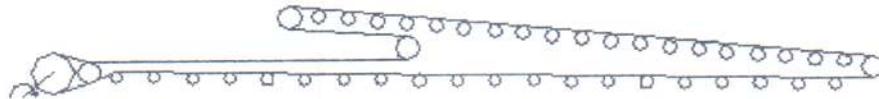


Imagen 16.1: esquema cintas de ensilado

Para la cinta en cuestión se debe analizar los aportes al momento de inercia del conjunto de los distintos elementos, como ser rodillos, cinta, cereal. Por otro lado se debe analizar el par resistente de la cinta en función del cereal transportado. Para desarrollar el cálculo se determina la velocidad lineal de la cinta, conociendo las revoluciones del motor, y la relación de reducción. Para las cintas analizadas la relación de reducción es de 45 veces. Se tiene en cuenta además el diámetro del rodillo de tracción que igual a 1.1 metros.

$$V_{\text{cinta}} = 1500 \times 2 \times \text{PI} \times 0.55 / (45 \times 60) = 1.92 \text{ metros / segundo.}$$

La velocidad angular del rodillo de tracción es igual a la del reductor.

Para los rodillos de carga el diámetro de los mismos es de 10 centímetros, por lo tanto la velocidad angular de estos vale.

$$W1 = V_{\text{cinta}} / \text{radio} = 1.92 \times 60 / (0.05 \times 2 \times \text{PI}) = 367 \text{ RPM}$$

Para los rodillos de recolección de la cinta el diámetro de los mismos es de 19 centímetros, por lo tanto la velocidad angular de estos vale.

$$W2 = V_{\text{cinta}} / \text{radio} = 1.92 \times 60 / (0.095 \times 2 \times \text{PI}) = 193 \text{ RPM}$$

Para el resto de los rodillos de la cinta el diámetro de los mismos es de 70 centímetros, por lo tanto la velocidad angular de estos vale.

$$W3 = V_{\text{cinta}} / \text{radio} = 1.91 \times 60 / (0.35 \times 2 \times \text{PI}) = 52 \text{ RPM}$$

Se debe calcular el valor de la componente al momento de inercia total del conjunto que aporta cada elemento. Para la cinta se tiene en cuenta el peso por metro de la misma que es igual a 7.2 Kg. y el largo total que es de 155 metros. Luego la masa total de la cinta es de 1116 Kg. Para determinar el momento de inercia se considera la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %.

$$J_e = M (v/w)^2 = (1116/0.9) \times (1.91/3.98)^2 = \mathbf{285.75 \text{ Kgm}^2}$$

Para el rodillo de carga se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 4 Kg, el diámetro exterior de 10 centímetros, espesor 30 centímetros. Y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del seudo rodillo debe ser 8.85 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 0.023 - 0.014 = 0.00884 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w/w_m)^2 = (0.00884/0.9) (367/1500)^2 = 5.88 \times 10^{-4} \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 72 juegos de tres rodillos cada uno, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 3 \times 72 = 5.88 \times 10^{-4} \times 3 \times 72 = \mathbf{0.127 \text{ Kgm}^2}$$

Para el rodillo de recolección se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 15 Kg, el diámetro exterior de 19 centímetros y el espesor del mismo que es 80 centímetros. Y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del seudo rodillo debe ser 18.1 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 0.8017 - 0.6603 = 0.1414 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w/w_m)^2 = (0.1414/0.9) (193/1500)^2 = 0.0026 \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 32 rodillos, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 32 = 0.0026 \times 32 = \mathbf{0.0832 \text{ Kgm}^2}$$

Para el rodillo de tracción se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 500 Kg, el diámetro exterior de 110 centímetros, el espesor del mismo que es 80 centímetros y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Luego se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del seudo rodillo debe ser 105 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 900.712 - 747.78 = 159.93 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w / \omega)^2 = (159.93 / 0.9) (1 / 45)^2 = \mathbf{0.0877 \text{ Kgm}^2}$$

Para el resto de los rodillos se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 203 Kg, el diámetro exterior de 70 centímetros, el espesor que es 80 centímetros. Y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Luego se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del pseudo rodillo debe ser 66 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetros exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 147.71 - 116.73 = 30.98 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w / \omega)^2 = (30.98 / 0.9) \times (52 / 1500)^2 = 0.0413 \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 3 rodillos, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 3 = 0.0413 \times 3 = \mathbf{0.124 \text{ Kgm}^2}$$

También aporta al momento de inercia del conjunto la masa del cereal. Para calcular esta masa se tiene en cuenta la velocidad de la cinta y que la misma tiene una capacidad de ensilado de 100 Toneladas por hora en el último silo de almacenaje. Luego la masa de cereal que es posible se encuentre sobre la cinta es 720 Kg.

Para determinar el momento de inercia se considera la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %.

$$J_e = M (v / \omega)^2 = (720 / 0.9) \times (1.91 / 3.98)^2 = \mathbf{184.25 \text{ Kgm}^2}$$

Resta sumar el momento de inercia del motor es igual a 0.12 Kgm². Luego el valor total del momento de inercia del conjunto motor y accionado referido al eje del motor es **470.6 Kgm²**

Para determinar el par resistente se considera la masa de cereal a mover, la velocidad a la que debe ser movida y el rendimiento del sistema que se considera del 60 %. Luego la potencia necesaria en unidad de Kw resulta.

$$P = F \times V / \text{rendimiento} = 720 \times 9.81 \times 1.91 / 0.6 = \mathbf{22.48 \text{ Kw.}}$$

Con este valor se puede determinar el par resistente sobre el motor

$$M [\text{NM}] = 974 \times 9.81 \times P[\text{kW}] / \text{RPM} = \mathbf{143.25 \text{ Nm}}$$

16.3.2 Noria principal

Para la noria se deben analizar los aportes al momento de inercia del conjunto de los distintos elementos, como ser rodillos, cinta, cangilones, cereal. Por otro lado se debe analizar el par resistente del mecanismo en función del cereal transportado. En primer lugar se determina la velocidad lineal de elevación, conociendo las revoluciones del motor, y la relación de reducción que es de 31 veces. Se tiene en cuenta además el diámetro del rodillo de tracción que igual a 1.75 metros.

$$\text{Veleccion} = 988 \times 2 \times \text{PI} \times 0.875 / (31 \times 60) = \mathbf{2.9 \text{ metros / segundo.}}$$

Se debe calcular el valor de la componente al momento de inercia del conjunto que aporta cada elemento. Para la cinta se tiene en cuenta el peso por metro de la misma que es igual a 11.6 Kg. y el largo total que es de 107 metros. Luego la masa total de la cinta es de 1241 Kg. También se debe considerar la masa de los cangilones que pesan 2.7 Kg cada uno y la cantidad de los mismos es de 4 por metro de cinta. Por lo tanto la masa total de cangilones es 1156 Kg.

Para determinar el momento de inercia se considera que la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %. Como masa M se considera la suma de la masa de la cinta mas la masa de los cangilones.

$$J_e = M (v / w)^2 = (1156 / 0.9) \times (2.9 / 2.62)^2 = \mathbf{1573.65 \text{ Kgm}^2}$$

Para los rodillos se tiene en cuenta el diámetro exterior de 175 centímetros. Y el diámetro interior de 35 centímetros. El espesor del rodillo es de 110 centímetros. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 7933.65 - 12.694 = 7920.95 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta y el rendimiento del reductor.

$$J_e = J (w / \omega_m)^2 = (7920.95 / 0.9) \times (32 / 988)^2 = 9.23 \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 2 rodillos, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 2 = \mathbf{18.5 \text{ Kgm}^2}$$

También aporta al momento de inercia del conjunto la masa del cereal. Para calcular esta masa se tiene en cuenta la velocidad de elevación y que la noria tiene una capacidad de elevación igual a 400 Toneladas por hora. Luego la masa de cereal que es posible se encuentre en la cinta vale 1916 Kg.

Para determinar el momento de inercia se considera la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %.

$$J_e = M (v/w)^2 = (1916/0.9) \times (2.9/2.62)^2 = 2608.25 \text{ Kgm}^2$$

El momento de inercia del motor es igual a 3.2 Kgm². Luego el valor total del momento de inercia del accionad referido al eje del motor es **9708.63 Kgm²**

Para determinar el par resistente se considera la masa de cereal a mover, la velocidad a la que debe ser movida y el rendimiento del sistema que se considera del 60 %. Luego la potencia necesaria en unidad de KW resulta.

$$P = F \times V / \text{rendimiento} = 1916 \times 9.81 \times 2.9 / 0.6 = 90.85 \text{ Kw.}$$

Con este valor se puede determinar el par resistente sobre el motor

$$M [\text{NM}] = 974 \times 9.81 \times P[\text{kw}] / \text{RPM} = 878.6 \text{ Nm}$$

16. 4 Interpretación de los resultados

16.4.1 Cinta de ensilado

Se observa en el grafico de par motor frente a par resistente que el conjunto se estabiliza a la velocidad de 1440 RPM. La situación analizada consiste la circunstancia de arranque mas desfavorable que pueda presentar el accionado, esto es con la longitud total de la cinta cargada con cereal; en estas condiciones el tiempo total que demanda el arranque hasta alcanzar este valor de velocidad es de 8.4 segundos, este tiempo elevado se debe fundamentalmente al elevado momento de inercia del accionado cuyas componentes se determinaron en 16.3.

En el grafico comparativa de corriente térmica equivalente, se verifica la no actuación de la protección asignada para el motor durante el arranque en las condiciones analizadas.

16.4.2 Noria principal

Se observa en el grafico de par motor frente a par resistente que el conjunto se estabiliza a la velocidad de 985 RPM. Esto es solamente a tres revoluciones menos que el valor nominal del motor; esta situación es totalmente esperable en función de que en 16.3 se determinó que el par resistente de la carga es apenas de 878 Nm, cuando el par nominal del motor es de 1063 Nm. La situación analizada consiste en la circunstancia de arranque mas desfavorable que pueda presentar el accionado, esto es con la noria cargada con cereal en forma normal sin exceso de cereal en el pozo; en estas condiciones el tiempo total que demanda el arranque hasta alcanzar este valor de velocidad es de 14.25 segundos, este tiempo elevado se debe fundamentalmente al elevado momento de inercia del accionado cuyas componentes se determinaron en 16.3.

En el grafico comparativa de corriente térmica equivalente, se verifica la no actuación de la protección asignada para el motor durante el arranque en las condiciones analizadas. Cabe recordar que estos motores no están protegidos contra sobrecargas por imagen de corriente, sino que están protegidos por medio de medición de temperatura interna, por este motivo la única protección que presenta la salida motor es un fusible tipo gL calibre 250 A, a los fines de la protección del contactor. Nótese que es muy escaso el margen por el cuál el fusible no se funde, por tal motivo y considerando

además que el fabricante del contactor limita el calibre del fusible para una coordinación tipo 2 a 400 Amper, se opta por la instalación de un fusible de 315 Amper.

en 16.2. Para esto se necesitan conocer las características de los motores y de los accionados que se determinan a continuación.

16.3.1 Cintas de extracción

En la imagen 16.1 se muestra un esquema representativo de las cintas de extracción y de las cintas de ensilado.

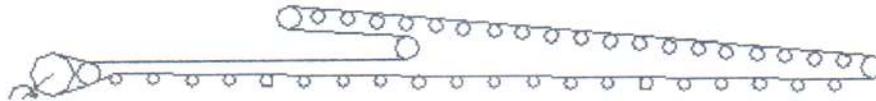


Imagen 16.1: esquema cintas de ensilado

Para la cinta en cuestión se debe analizar los aportes al momento de inercia del conjunto de los distintos elementos, como ser rodillos, cinta, cereal. Por otro lado se debe analizar el par resistente de la cinta en función del cereal transportado. Para desarrollar el cálculo se determina la velocidad lineal de la cinta, conociendo las revoluciones del motor, y la relación de reducción. Para las cintas analizadas la relación de reducción es de 45 veces. Se tiene en cuenta además el diámetro del rodillo de tracción que igual a 1.1 metros.

$$V_{\text{cinta}} = 1500 \times 2 \times \text{PI} \times 0.55 / (45 \times 60) = 1.92 \text{ metros / segundo.}$$

La velocidad angular del rodillo de tracción es igual a la del reductor.

Para los rodillos de carga el diámetro de los mismos es de 10 centímetros, por lo tanto la velocidad angular de estos vale.

$$W1 = V_{\text{cinta}} / \text{radio} = 1.92 \times 60 / (0.05 \times 2 \times \text{PI}) = 367 \text{ RPM}$$

Para los rodillos de recolección de la cinta el diámetro de los mismos es de 19 centímetros, por lo tanto la velocidad angular de estos vale.

$$W2 = V_{\text{cinta}} / \text{radio} = 1.92 \times 60 / (0.095 \times 2 \times \text{PI}) = 193 \text{ RPM}$$

Para el resto de los rodillos de la cinta el diámetro de los mismos es de 70 centímetros, por lo tanto la velocidad angular de estos vale.

$$W3 = V_{\text{cinta}} / \text{radio} = 1.91 \times 60 / (0.35 \times 2 \times \text{PI}) = 52 \text{ RPM}$$

Se debe calcular el valor de la componente al momento de inercia total del conjunto que aporta cada elemento. Para la cinta se tiene en cuenta el peso por metro de la misma que es igual a 7.2 Kg. y el largo total que es de 155 metros. Luego la masa total de la cinta es de 1116 Kg. Para determinar el momento de inercia se considera la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %.

$$J_e = M (v/w)^2 = (1116/0.9) \times (1.91/3.98)^2 = \mathbf{285.75 \text{ Kgm}^2}$$

Para el rodillo de carga se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 4 Kg, el diámetro exterior de 10 centímetros, espesor 30 centímetros. Y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del seudo rodillo debe ser 8.85 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 0.023 - 0.014 = 0.00884 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w/w_m)^2 = (0.00884/0.9) (367/1500)^2 = 5.88 \times 10^{-4} \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 72 juegos de tres rodillos cada uno, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 3 \times 72 = 5.88 \times 10^{-4} \times 3 \times 72 = \mathbf{0.127 \text{ Kgm}^2}$$

Para el rodillo de recolección se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 15 Kg, el diámetro exterior de 19 centímetros y el espesor del mismo que es 80 centímetros. Y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del seudo rodillo debe ser 18.1 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 0.8017 - 0.6603 = 0.1414 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w/w_m)^2 = (0.1414/0.9) (193/1500)^2 = 0.0026 \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 32 rodillos, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 32 = 0.0026 \times 32 = \mathbf{0.0832 \text{ Kgm}^2}$$

Para el rodillo de tracción se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 500 Kg, el diámetro exterior de 110 centímetros, el espesor del mismo que es 80 centímetros y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Luego se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del seudo rodillo debe ser 105 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 900.712 - 747.78 = 159.93 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w / \omega)^2 = (159.93 / 0.9) (1 / 45)^2 = \mathbf{0.0877 \text{ Kgm}^2}$$

Para el resto de los rodillos se tiene en cuenta el peso del mismo que es igual a 203 Kg, el diámetro exterior de 70 centímetros, el espesor que es 80 centímetros. Y la densidad del acero 7.83 kg / dm³. Luego se busca calcular un cilindro hueco de acero que tenga igual masa y diámetro exterior. Luego el diámetro interior del pseudo rodillo debe ser 66 cm. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetros exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 147.71 - 116.73 = 30.98 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta

$$J_e = J (w / \omega)^2 = (30.98 / 0.9) \times (52 / 1500)^2 = 0.0413 \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 3 rodillos, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 3 = 0.0413 \times 3 = \mathbf{0.124 \text{ Kgm}^2}$$

También aporta al momento de inercia del conjunto la masa del cereal. Para calcular esta masa se tiene en cuenta la velocidad de la cinta y que la misma tiene una capacidad de ensilado de 100 Toneladas por hora en el último silo de almacenaje. Luego la masa de cereal que es posible se encuentre sobre la cinta es 720 Kg.

Para determinar el momento de inercia se considera la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %.

$$J_e = M (v / \omega)^2 = (720 / 0.9) \times (1.91 / 3.98)^2 = \mathbf{184.25 \text{ Kgm}^2}$$

Resta sumar el momento de inercia del motor es igual a 0.12 Kgm². Luego el valor total del momento de inercia del conjunto motor y accionado referido al eje del motor es **470.6 Kgm²**

Para determinar el par resistente se considera la masa de cereal a mover, la velocidad a la que debe ser movida y el rendimiento del sistema que se considera del 60 %. Luego la potencia necesaria en unidad de Kw resulta.

$$P = F \times V / \text{rendimiento} = 720 \times 9.81 \times 1.91 / 0.6 = \mathbf{22.48 \text{ Kw.}}$$

Con este valor se puede determinar el par resistente sobre el motor

$$M [\text{NM}] = 974 \times 9.81 \times P[\text{kw}] / \text{RPM} = \mathbf{143.25 \text{ Nm}}$$

16.3.2 Noria principal

Para la noria se deben analizar los aportes al momento de inercia del conjunto de los distintos elementos, como ser rodillos, cinta, cangilones, cereal. Por otro lado se debe analizar el par resistente del mecanismo en función del cereal transportado. En primer lugar se determina la velocidad lineal de elevación, conociendo las revoluciones del motor, y la relación de reducción que es de 31 veces. Se tiene en cuenta además el diámetro del rodillo de tracción que igual a 1.75 metros.

$$\text{Velevacion} = 988 \times 2 \times \text{PI} \times 0.875 / (31 \times 60) = \mathbf{2.9 \text{ metros / segundo.}}$$

Se debe calcular el valor de la componente al momento de inercia del conjunto que aporta cada elemento. Para la cinta se tiene en cuenta el peso por metro de la misma que es igual a 11.6 Kg. y el largo total que es de 107 metros. Luego la masa total de la cinta es de 1241 Kg. También se debe considerar la masa de los cangilones que pesan 2.7 Kg cada uno y la cantidad de los mismos es de 4 por metro de cinta. Por lo tanto la masa total de cangilones es 1156 Kg.

Para determinar el momento de inercia se considera que la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %. Como masa M se considera la suma de la masa de la cinta mas la masa de los cangilones.

$$J_e = M (v / w)^2 = (1156 / 0.9) \times (2.9 / 2.62)^2 = \mathbf{1573.65 \text{ Kgm}^2}$$

Para los rodillos se tiene en cuenta el diámetro exterior de 175 centímetros. Y el diámetro interior de 35 centímetros. El espesor del rodillo es de 110 centímetros. El momento de inercia del rodillo se calcula como la resta entre un momento 1 que corresponde al rodillo macizo de diámetro exterior y un momento 2 que corresponde a un segundo rodillo macizo que corresponde al diámetro interior.

$$J = J_1 - J_2 = 7933.65 - 12.694 = 7920.95 \text{ Kgm}^2$$

Este valor debe referirse al eje del motor, considerando la velocidad de rotación del rodillo. Luego el valor efectivo de J en el eje del motor resulta y el rendimiento del reductor.

$$J_e = J (w / \omega)^2 = (7920.95 / 0.9) \times (32 / 988)^2 = 9.23 \text{ Kgm}^2$$

Este valor corresponde a cada rodillo, se debe considerar que existen 2 rodillos, por lo tanto el valor del momento de inercia total J resulta.

$$J_e = J \times 2 = \mathbf{18.5 \text{ Kgm}^2}$$

También aporta al momento de inercia del conjunto la masa del cereal. Para calcular esta masa se tiene en cuenta la velocidad de elevación y que la noria tiene una capacidad de elevación igual a 400 Toneladas por hora. Luego la masa de cereal que es posible se encuentre en la cinta vale 1916 Kg.

Para determinar el momento de inercia se considera la energía cinética que la misma debe adquirir hasta alcanzar su velocidad nominal y se refiere este valor a la velocidad angular del motor. Siendo v = velocidad lineal de la cinta W velocidad angular del motor, el rendimiento de la transmisión es 90 %.

$$J_e = M (v / \omega)^2 = (1916 / 0.9) \times (2.9 / 2.62)^2 = 2608.25 \text{ Kgm}^2$$

El momento de inercia del motor es igual a 3.2 Kgm². Luego el valor total del momento de inercia del accionad referido al eje del motor es **9708.63 Kgm²**

Para determinar el par resistente se considera la masa de cereal a mover, la velocidad a la que debe ser movida y el rendimiento del sistema que se considera del 60 %. Luego la potencia necesaria en unidad de KW resulta.

$$P = F \times V / \text{rendimiento} = 1916 \times 9.81 \times 2.9 / 0.6 = 90.85 \text{ Kw.}$$

Con este valor se puede determinar el par resistente sobre el motor

$$M [\text{NM}] = 974 \times 9.81 \times P[\text{kw}] / \text{RPM} = 878.6 \text{ Nm}$$

16. 4 Interpretación de los resultados

16.4.1 Cinta de ensilado

Se observa en el grafico de par motor frente a par resistente que el conjunto se estabiliza a la velocidad de 1440 RPM. La situación analizada consiste la circunstancia de arranque mas desfavorable que pueda presentar el accionado, esto es con la longitud total de la cinta cargada con cereal; en estas condiciones el tiempo total que demanda el arranque hasta alcanzar este valor de velocidad es de 8.4 segundos, este tiempo elevado se debe fundamentalmente al elevado momento de inercia del accionado cuyas componentes se determinaron en 16.3.

En el grafico comparativa de corriente térmica equivalente, se verifica la no actuación de la protección asignada para el motor durante el arranque en las condiciones analizadas.

16.4.2 Noria principal

Se observa en el grafico de par motor frente a par resistente que el conjunto se estabiliza a la velocidad de 985 RPM. Esto es solamente a tres revoluciones menos que el valor nominal del motor; esta situación es totalmente esperable en función de que en 16.3 se determinó que el par resistente de la carga es apenas de 878 Nm, cuando el par nominal del motor es de 1063 Nm. La situación analizada consiste en la circunstancia de arranque mas desfavorable que pueda presentar el accionado, esto es con la noria cargada con cereal en forma normal sin exceso de cereal en el pozo; en estas condiciones el tiempo total que demanda el arranque hasta alcanzar este valor de velocidad es de 14.25 segundos, este tiempo elevado se debe fundamentalmente al elevado momento de inercia del accionado cuyas componentes se determinaron en 16.3.

En el grafico comparativa de corriente térmica equivalente, se verifica la no actuación de la protección asignada para el motor durante el arranque en las condiciones analizadas. Cabe recordar que estos motores no están protegidos contra sobrecargas por imagen de corriente, sino que están protegidos por medio de medición de temperatura interna, por este motivo la única protección que presenta la salida motor es un fusible tipo gL calibre 250 A, a los fines de la protección del contactor. Nótese que es muy escaso el margen por el cuál el fusible no se funde, por tal motivo y considerando

además que el fabricante del contactor limita el calibre del fusible para una coordinación tipo 2 a 400 Amper, se opta por la instalación de un fusible de 315 Amper.

CAPITULO 17: INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA Y ESQUEMA DE NEUTRO

17.1 Introducción

En este capítulo se dimensiona el sistema de puesta a tierra que será implementado en el edificio. Para el diseño del mismo se tienen en cuenta las recomendaciones de AEA 2002, en cuanto a materiales a emplear y también en cuanto a disposición de los mismos. Se verifican además las tensiones de paso, de contacto y gradiente de potencial según la norma IEC 60634. El método de cálculo empleado es el sugerido en la especificación técnica N° 75, de la ex empresa estatal Agua y Energía eléctrica.

17.2 Objetivos buscados

El objetivo principal de la instalación de puesta a tierra radica en la disipación de las corrientes de falla a tierra de la instalación, ocasionadas por defectos de aislamiento de los artefactos a emplear, de forma tal de asegurar la protección de las personas, la continuidad del servicio y reducir los riesgos de incendio.

La norma IEC 60634 define como tensión límite convencional, al valor de la tensión de contacto máxima admisible durante al menos 5 segundos. Este valor de tensión depende del tipo de local y de las tareas que se realicen en el mismo.

La misma norma y también el reglamento AEA 2002, especifican que en aquellos locales donde exista riesgo de superar el valor límite, la duración de la aplicación de la tensión debe estar limitada por un dispositivo de protección. Para la instalación en cuestión, se busca que el valor de tensión de paso y de contacto no supere los 65 V, y además que la duración de la aplicación de la tensión no supere los 200 milisegundos.

17.3 Espacio físico de aplicación

El electrodo de puesta a tierra del sistema resulta de la combinación entre un enmallado de cobre con retículas de 10 x 10 metros dispuesta a 80 centímetros por debajo de la superficie del sótano, y 20 electrodos puntuales de tipo jabalina. Esta cantidad de jabalinas obedece a la geometría del edificio, en función de que se opta por la instalación de un electrodo puntual en cada esquina del edificio y también en cada columna de la dársena de embarque. Estos últimos electrodos serán utilizados además como punto de unión e inspección de los conductores de protección que estarán tendidos sobre la base de la dársena. Además estos electrodos se utilizan como bajada de los conductores de protección contra descargas atmosféricas.

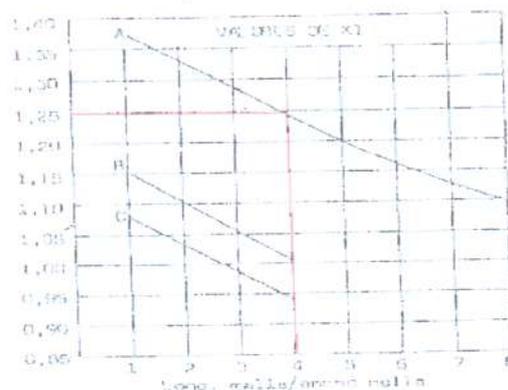
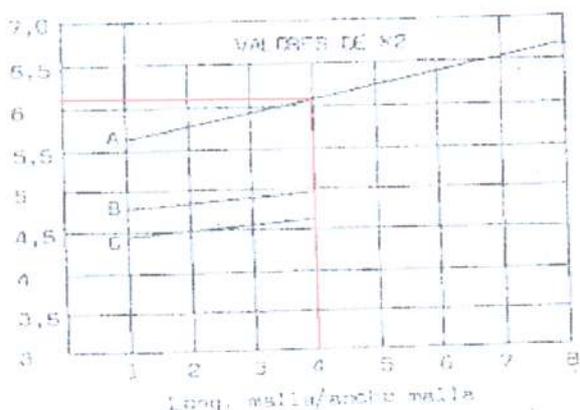
En función de la geometría del edificio se analiza el área aproximada que deberá ocupar el enmallado. Se considera para el cálculo una resistividad del terreno de $\rho = 45\Omega\text{m}$, debido a que el terreno se encuentra próximo al mar y se considera que contiene un alto grado de salinidad, además el terreno sobre el cual se asienta el edificio está conformado por relleno sanitario compactado, con lo cual el valor de conductancia del terreno no es demasiado elevado. El esquema 17.1 muestra la superficie disponible para la disipación de corriente. Se observa en el mismo que la superficie disponible es $A = 4900\text{m}^2$

Considerando el total de metros lineales de los conductores que componen el reticulado de 10 x 10 metros y considerando además la instalación de un conductor por la periferia del edificio y de la dársena de embarque, el valor total de la longitud de este conductor es igual a 1497 metros.

17.4 Calculo de resistencia de puesta a tierra

El método propuesto por ET N° 75, implica que se deberá suponer que la superficie total de disipación presenta geometría rectangular. Para el cálculo se asigna una relación longitud - ancho de malla, es igual a 4 veces. Luego el valor de la resistencia de malla queda determinado por la siguiente expresión. Donde los factores K1 y K2 se obtienen de los gráficos 17.2 y 17.3

$$R_m = \frac{0.318 \rho}{L_m} \cdot \left(2.303 \log_{10} \left(\frac{2L_m}{\sqrt{d_1 \cdot h}} \right) + K_1 \cdot \frac{L_m}{\sqrt{A}} - K_2 \right)$$



Gráficos 17.2 y 17.3: Factores K1 y K2

Aplicando los factores adecuados para la disposición mencionada, que se extraen del gráfico anterior se obtiene el valor de exigencia sobre el reticulado

$$R_m = \frac{0.318 \rho}{1497} \cdot \left(2.303 \log_{10} \left(\frac{2 \cdot 1497}{0.0127 \cdot 0.8} \right) + 1,25 \cdot \frac{1497}{\sqrt{4900}} - 6.2 \right) = 0.2946 \Omega$$

Se debe considerar además la influencia de la resistencia de las jabalinas, sobre el valor de resistencia total de puesta a tierra. Se debe obtener en principio, el valor de resistencia del conjunto de jabalinas, para lo cual se asigna la profundidad mínima de hincado según la especificación de AEA 2002 que es de 3m. Luego utilizando la siguiente expresión se obtiene el valor de la resistencia del conjunto de jabalinas.

$$R_j = \frac{0.159 \rho}{n \cdot l_j} \cdot \left(2.303 \cdot \log_{10} \left(\frac{8 \cdot l_j}{d_j} \right) - 1 + 2 \cdot K_1 \cdot \frac{l_j}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n} - 1)^2 \right)$$

$$R_j = \frac{0.159 \cdot 45}{20 \cdot 3} \cdot \left(2.303 \log_{10} \left(\frac{8 \cdot 3}{0,013} \right) - 1 + 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{3}{\sqrt{4900}} \cdot (\sqrt{20} - 1)^2 \right) = 0.8651 \Omega$$

Existe otra componente de resistencia que es la resistencia mutua entre ambos electrodos, para determinar este valor se aplica la expresión.

$$R_w = R_m - \frac{0.318 * \rho}{L_m} \left(2.303 \log_{10} \frac{L_j}{d_j * h} - 1 \right)$$

$$R_w = R_m - \frac{0.318 * 45}{1497} \left(2.303 \log_{10} \frac{3}{0.0127 * 0.8} - 1 \right) = 0.2497 \Omega$$

Finalmente la resistencia total del electrodo de puesta a tierra combinado se calcula por medio de la siguiente expresión. Siendo el valor real de resistencia de puesta a tierra obtenido el que se indica en la expresión siguiente

$$R_c = \frac{R_m \cdot R_j - R_w^2}{R_m + R_j - 2 \cdot R_w}$$

$$R_g = \frac{0.2946 * 0.8651 - 0.2497^2}{0.2946 + 0.8651 - 2 * 0.2497} = 0.2915 \Omega$$

17.5 Corriente de cortocircuito monofásico

Para el cálculo de esta corriente se tiene en cuenta la impedancia de puesta a tierra del transformador de potencia, la impedancia homopolar del conductor de acometida a la subestación y la resistencia de puesta a tierra de la planta. El reactor del transformador de potencia es una impedancia de 3Ω . El conductor de potencia es un cable de tres envolturas con aislamiento de papel y envoltura externa de plomo de sección $3 \times 150 \text{ mm}^2$, tiene una impedancia homopolar de $Z_0^1 = (1.34 + j0.66) \Omega/\text{Km}$. La distancia desde el centro de distribución hasta la subestación es de 1850 metros, Por lo tanto el valor de impedancia que presenta el conductor es $Z_0 = 2.479 + j1.221$.

En la figura 17.4 se muestra el circuito equivalente monofásico del bucle de circulación para las corrientes de falla monofásicas, y se indican las impedancias que intervienen en el calculo. Luego el valor de impedancia equivalente que limita la corriente de falla monofásica se obtiene de la suma vectorial de las anteriores.

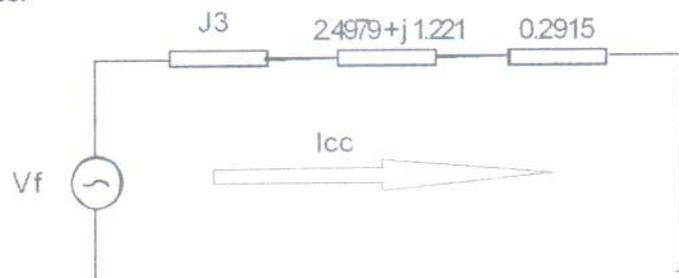


Figura 17.4. Circuito equivalente de falla a tierra

¹ Este valor es estimativo ya que la impedancia homopolar no depende solamente de la constitución del cable, sino también de las influencias externas además de la corriente de derivación a tierra debido a la magnetización del fleje o los alambres de acero. Este valor empírico fue obtenido en cables instalados en ciudades, con intensidades de 100 a 300 A. Sección 34.4, tabla 47, libro Cables y conductores para transporte de energía.

$$\varphi_{(x)} = U_E \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arcsen \left(\frac{\sqrt{A}}{2 \cdot x} \right)$$

$$\varphi_{(36)} = 439.8 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arcsen \left(\frac{70}{2 \cdot 36} \right) = 373.65 \text{ V}$$

La diferencia de potencial en un punto situado fuera de la malla queda definido por la diferencia $U_E - \varphi_{(x)}$

$$U_{(1m \text{ fuera})} = 439.8 - 373.65 = 65.35 \text{ V}$$

Con lo cual se verifican los valores de tensión límite convencional fijados por las normas citadas.

17.7 Materiales a utilizar

Los materiales a utilizar para la construcción de la instalación son los especificados en el reglamento AEA 2002. Los mismos se detallan en la tabla 17.8

Elemento	Material	Sección	Longitud
Jabalinas	Acero-cobre	JL 16	3 m
Cond. de malla	Cobre desnudo	25mm ²	1497 m

Tabla 17.8: Materiales instalación puesta a tierra.

17.8.1 Esquema de neutro

En el capítulo 3, se menciona la existencia de distintos esquema de conexión del conductor neutro y la estrecha relación entre esta elección y los riesgos de incendio asociados y también de la continuidad del servicio.

Se utilizarán dos esquemas de neutro asociados, a saber: en los sectores que quedan bajo la influencia de la retícula de puesta a tierra se utilizará un esquema TN-S. Estos sectores comprenden a la totalidad del edificio, la dársena de embarque, las plataformas de descarga y la secadora. En los sectores de circulación exterior, donde se disponen de columnas de alumbrado exterior las cuales no se encuentran bajo la influencia del electrodo de puesta a tierra se utiliza un esquema T-T. Esto obedece al motivo antes mencionado, ya que las columnas se encuentran a una distancia considerable del edificio y el enmallado no alcanza estos sectores. Se debe por lo tanto evitar toda transferencia de tensiones originadas por fallas a tierra desde un sector hacia otro.

17.8.2 Esquema Tierra-Tierra

Las columnas de alumbrado de circulación mencionadas, presentan puesta a tierra individual, sin conexión del electrodo a la malla principal. La geometría del electrodo es de tipo anillo, que se obtiene por medio de un conductor de cobre desnudo de 25 milímetros cuadrados de sección que rodea el poste a una distancia de 1 metro. El valor máximo de resistencia que debe presentar este electrodo esta reglamentado por AEA 2002 y depende de la sensibilidad del interruptor diferencial, en este caso se emplean elementos con sensibilidad 30 mA, por lo tanto el valor máximo de resistencia de puesta a tierra reglamentario es 40 Ω . De esta forma se asegura que el terreno dentro del anillo se encuentra equipotencializado. No obstante se dota a las columnas de una protección adicional contra los contactos

indirectos que consiste en una cobertura de las mismas con un tubo de material aislante de PVC hasta una altura de 2 metros desde el nivel del suelo.

Para la apertura del circuito en caso de falla se dispone en el tablero de comando de estas luminarias, que se encuentra en la sala del tablero de principal de un interruptor diferencial de sensibilidad 30 mA a cada circuito de iluminación exterior.

17.8.3 Esquema Tierra-Neutro separados

En los sectores afectados por el electrodo de puesta a tierra, el esquema de nuestro empleado es TN-S. Esto significa que el camino de retorno de las corrientes de falla a tierra hasta el transformador, tiene lugar por medio de un conductor llamado conductor de protección. Con este sistema de protección, la impedancia total del bucle de falla se reduce en forma considerable en relación a la que presenta el esquema T-T. Esto ocasiona que la magnitud de las corrientes de fallas resulten muy elevadas. Esta situación es aprovechada para lograr la actuación de las protecciones contra cortocircuitos asignas a cada sección.

Para el dimensionado de la protección se deben tener en cuenta los valores de tensión límite convencional y también el tiempo máximo de duración de la falla, establecidos por IEC 60634. Se verifica para cada circuito seccional que la elevación de tensión de la masa en cortocircuito respecto a tierra, no supere el valor límite de 65 V. En los casos en que este valor sea superado se debe asegurar la actuación del dispositivo de cabecera en un tiempo inferior a los 200 mili segundos. En caso de que el tiempo de apertura del dispositivo supere este valor, se debe elevar el valor de corriente de falla, disminuyendo la impedancia del conductor de protección, o bien la impedancia de los conductores de fase. En caso de que esta situación no resulte posible se debe optar por la instalación de un interruptor diferencial.

Nótese que de la misma forma en que para aumentar la disponibilidad del servicio eléctrico debe asegurarse la selectividad de las protecciones contra las corrientes de cortocircuito trifásicas, debe asegurarse la selectividad frente a fallas a tierra.

En cuanto al dimensionado del conductor de protección, el reglamento AEA 2002 establece las secciones mínimas de conductor de protección en función de la sección de los conductores de fase. Los valores mínimos se indican en la tabla 17.2

Sección Fase	Sección PE
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Tabla 17.2 Secciones mínimas conductor PE

No obstante la sección mínima de conductor PE admisible es 2.5 mm^2 . En aquellos circuitos donde la selección del conductor de fase se realiza a través de una condición de caída de tensión se admite que la selección del conductor PE se realice considerando la corriente de disparo instantánea del dispositivo de protección. En aquellos sectores donde exista un conductor de protección común a varios circuitos la elección del mismo se realiza considerando la mayor sección de los conductores de fase.

17.9 Verificación de los circuitos seccionales

Se debe verificar para cada circuito seccional las condiciones expuestas en 17.8

17.9.1 Extensión sobre silos

Se debe analizar la apertura y selectividad de los elementos de protección que componen esta salida desde el interruptor principal hasta el tablero terminal de distribución. Para este tablero se debe considerar las secciones de las líneas 2 - 3 - 4. Para estas líneas el conductor de PE se selecciona según la tabla 17.2. Para la línea L3 se considera la agrupación de los conductores en las bandejas tendidas entre la sala del tablero principal y los tableros seccionales, detalladas en la tabla 5.0. Luego las secciones de conductor PE elegidas se muestran en la tabla 17.3

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral disparo
1	240	0.0040813	17	43124	56	0.17	10000
3	95	0.0262713	70	6699	91	0.17	2500
4	35	0.0829143	79	2123	88	0.17	1500

Tabla 17.3: Secciones reglamentarias de conductor PE

Se verifica para las líneas analizadas que el valor de la corriente de falla ocasiona la actuación de las protecciones asignadas en tiempo menores a los máximos permitidos. Luego los conductores PE propuestos son aceptados

17.9.2 Acceso Galería de embarque

Se debe analizar la apertura y selectividad de los elementos de protección que componen esta salida desde el interruptor principal hasta el tablero terminal de distribución. Para este tablero se debe considerar las secciones de las líneas 2 - 13 Para estas líneas el conductor de PE se selecciona según la tabla 17.2. Para la línea L13 se considera la agrupación con el conductor L3, en las bandejas tendidas entre la sala del tablero principal y los tableros seccionales, detalladas en la tabla 5.0. Luego las secciones de conductor PE elegidas se muestran en la tabla 17.4

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral Disparo
2	240	0.0040813	17	43124	55	0.17	10000
13	120	0.0173285	58	10157	90	0.17	4300

Tabla 17.4: Secciones reglamentarias de conductor PE

17.9.3 Galería de embarque

Se debe analizar la apertura y selectividad de los elementos de protección que componen esta salida desde el interruptor principal hasta el tablero terminal de distribución. Para este tablero se debe considerar las secciones de las líneas 2-14-15-105. Para estas líneas el conductor de PE se selecciona según la tabla 17.2. Las secciones de conductor PE elegidas se muestran en la tabla 17.5

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral Disparo
1	240	0.0040813	17	43124	55	0.17	10000
14	240	0.0235456	197	7469	111	0.17	7000
15	95	0.0470039	86	3744	62	0.17	2850
105	70	0.1060212	132	1660	59	0.17	1600

Tabla 17.5: Secciones reglamentarias de conductor PE

17.9.4 Sala de Norias

Se debe analizar la apertura y selectividad de los elementos de protección que componen esta salida desde el interruptor principal hasta el tablero terminal de distribución. Para este tablero se debe considerar las secciones de las líneas 1-8. Para estas líneas el conductor de PE se selecciona según la tabla 17.2. Las secciones de conductor PE elegidas se muestran en la tabla 17.6

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral disparo
1	240	0.0040813	17	43124	55	0.17	10000
8	240	0.014268	103	12335	96	0.17	8000

Tabla 17.6: Secciones reglamentarias de conductor PE

17.9.5 Silos pasantes

Se debe analizar la apertura y selectividad de los elementos de protección que componen esta salida desde el interruptor principal hasta el tablero terminal de distribución. Para este tablero se debe considerar las secciones de las líneas 2-6-7. Para la línea L6. se considera la agrupación de los conductores en las bandejas tendidas entre la sala del tablero principal y los tableros seccionales, detalladas en la tabla 5.0. Para estas líneas el conductor PE se selecciona según la tabla 17.2. Las secciones de conductor PE elegidas se muestran en la tabla 17.7

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral Disparo
2	240	0.0040813	17	43124	55	0.17	10000
6	70	0.0272193	59	6468	102	0.17	4440
7	16	0.0690593	25	2549	73	0.17	990

Tabla 17.7: Secciones reglamentarias de conductor PE

17.9.6 Extensión Bajo silos

Se debe analizar la apertura y selectividad de los elementos de protección que componen esta salida desde el interruptor principal hasta el tablero terminal de distribución. Para este tablero se debe considerar las secciones de las líneas 2-10-11. Para la línea L10. se considera la agrupación de los conductores en las bandejas tendidas entre la sala del tablero principal y los tableros seccionales, detalladas en la tabla 5.0. Para estas líneas el conductor PE se selecciona según la tabla 17.2. Las secciones de conductor PE elegidas se muestran en la tabla 17.8

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral Disparo
2	240	0.0040813	17	43124	55	0.17	10000
10	50	0.0475813	75	3699	107	0.17	2500
11	25	0.1433853	86	1227	122	0.17	1475

Tabla 17.8: Secciones reglamentarias de conductor PE

Se verifica para la línea 11 que el valor de la corriente de falla no ocasiona la actuación del fusible asignado. Y que el valor de la tensión de falla es superior al admisible, por este motivo se

aumenta la sección del conductor PE 11 a 50 mm². Luego los nuevos valores se muestran en la tabla 17.9

PE	S	r	Metros	corriente	tensión	Tiempo disparo	Umbral Disparo
2	240	0.0040813	17	43124	55	0.17	10000
10	50	0.0475813	75	3699	107	0.17	2500
11	25	0.1141453	86	1542	53	0.17	1475

Tabla 17.9: Secciones seleccionadas de conductor PE

CAPITULO 18 : PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA

Para el diseño de la instalación de protección contra las descargas atmosféricas se consideran las recomendaciones de IEC 1024-1. Según las definiciones que aporta esta norma el edificio corresponde a la categoría definida por la citada norma como “estructuras peligrosas para los alrededores” . Por lo tanto la recomendación consiste en adoptar el nivel de protección 1 que es el mayor posible.

Para el calculo de las superficies y los puntos de ubicación de los elementos captores se utiliza el método de la esfera rodante descrito por la misma norma. En el mismo se especifica que el radio de la esfera debe variar según el nivel de protección buscado, resultando para el grado de protección 1 que el radio de la esfera es de 20 metros.

Con estas consideraciones se analiza el diseño del sistema de captación para la torre principal en la imagen 18.1. Cabe mencionar que los captores de descargas son del tipo activo, que tienen un 50% mas de efectividad en la atracción del rayo con respecto a los pasivos, ya que poseen propiedades tales que ionizan mas fácilmente el aire, y polarizan las puntas de los captores para favorecer la descarga.

En los lugares de menor altura, como pueden los silos o la dársena de embarque, la captación se realiza modelando una jaula de Faraday. Para ello se construye una retícula de material no necesariamente buen conductor con una luz máxima de 5 x 5 metros. Se debe considerar que un rayo es una onda de choque con un valor de impulso de tensión muy elevado y que presenta un valor de frecuencia muy elevada. Para este tipo de onda cualquier conductor por excelente que pueda resultar a frecuencias industriales se torna un pobre conductor a este tipo de perturbación.

En forma adicional se coloca un fleje conductor por sobre el perímetro de la estructura. Todos estos elementos, junto a todos aquellos elementos que hacen al funcionamiento de la planta y que puedan ser potenciales agentes captores, como por ejemplo equipos de aire acondicionado, chimeneas etc. Deben conectarse en forma segura a una barra de equipotencialización, desde la cuál comenzará la instalación de conducción del rayo.

Para la conducción del fenómeno se disponen de dos bajadas ubicadas en extremos opuestos de cada edificio, la misma se realiza con conductores desnudos de cobre de sección 16 mm². La norma mencionada recomienda para edificios de altura mayor a 20 metros. La instalación de un conductor de equipotencialización que rodee el edificio cada una distancia no mayor a 20 metros.

En cuanto a la disipación del rayo, esta tiene lugar en dos grupos de electrodos puntuales por edificio cuya disposición es en “ pata de gallo “, separados a una distancia tal que exista atracción mutua entre los electrodos. Estos electrodos estarán conectados al electrodo principal de puesta a tierra.

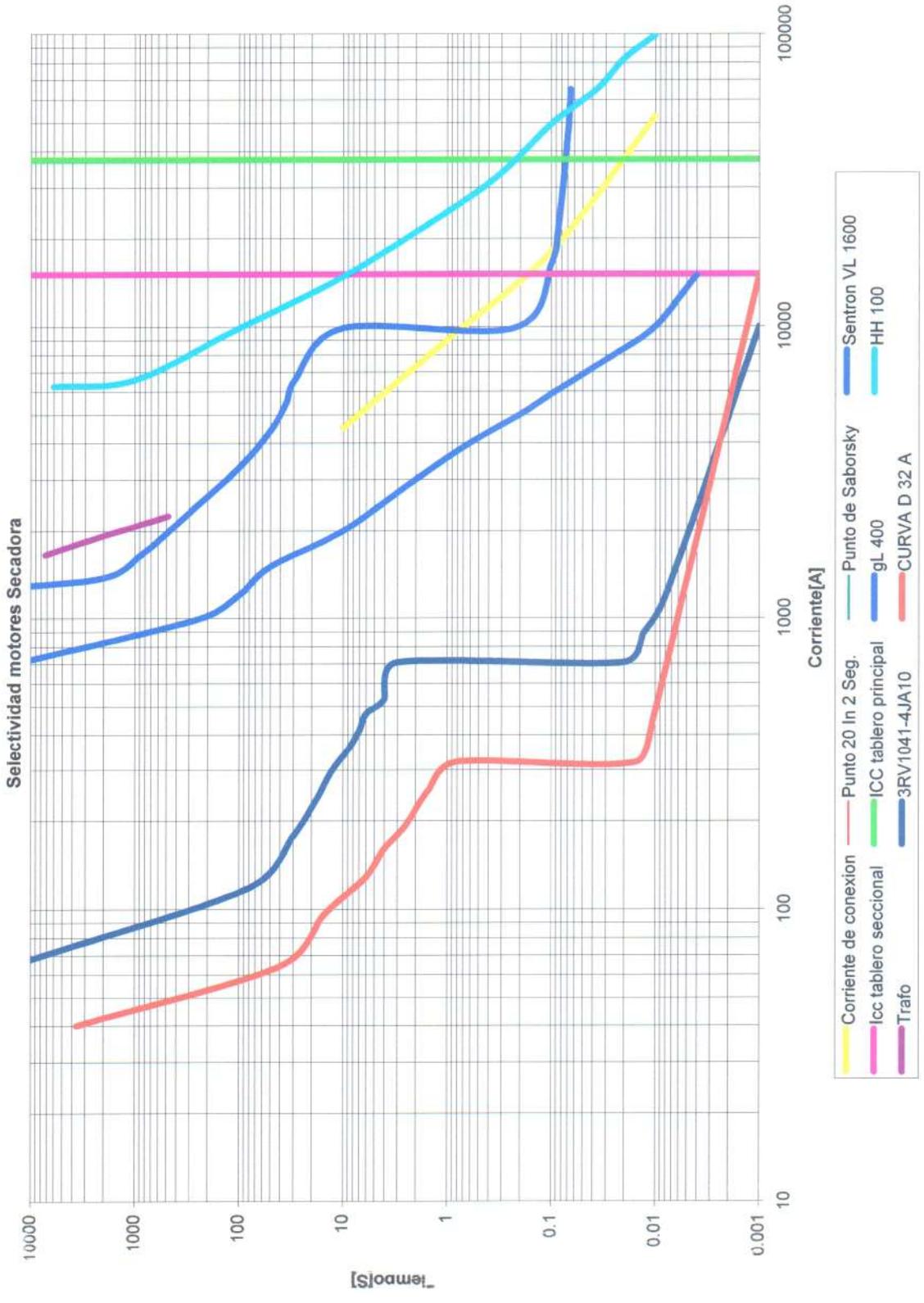
CAPITULO 19 :BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Asociación electrotécnica argentina, Reglamentación para la ejecución de instalaciones en inmuebles Año 2002
- Brown Boveri & Cie, Manual de las instalaciones de distribución de energía eléctrica
- Siemens, Manual de baja tensión.
- Philips, Manual de alumbrado
- Instituto Argentino de Normalización, IRAM IAP 20-1
- Instituto Argentino de Normalización, IRAM 2 492 Parte III Aparatos electrodomésticos y equipos similares perturbaciones producidas en las redes de alimentación. Fluctuaciones de tensión
- Agua y energía eléctrica, Especificación técnica numero 75 Para construcción de sistemas de puesta a tierra en estaciones transformadoras de alta tensión
- J. Roldán Viloria, Manual del electricista de Taller.
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Manual del curso Selección y mantenimiento de motores eléctricos
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Manual del curso Protección y comando de motores en baja tensión.
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Telesquemario Libro de control de motores.
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Cuaderno técnico n° 172 Esquemas de conexión a tierra en baja tensión.
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Cuaderno técnico n° 148 Distribución eléctrica de alta disponibilidad
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Cuaderno técnico n° 144 Uso y aplicación de interruptores diferenciales
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Cuaderno técnico n° 145 Estudio térmico de tableros de baja tensión .
- Centro de formación técnica Schnedier electric, Wiring Diagram Block
- Stephen J. O'Neil Mtion control handbook
- Ing. Carlos Lazlo, Legislación sobre seguridad e higiene en el trabajo
- Facultad de Ingeniería, UNMDP Cátedra de Instalaciones eléctricas I, Las protecciones en los sistemas de distribución, El transformador.
- Ruiz M; Santillán E; Juárez A; Medidas eléctricas I Facultad de Ingeniería, UNMDP Calidad de la energía.
- Ruiz M; Santillán E; Juárez A; Máquinas eléctricas I Facultad de Ingeniería, UNMDP Bancos de transformadores.
- Siemens, Low voltge controlgear, switchgear and systems catalogue NSK 2002
- Siemens, Beta Material de instalación catalogo 2001
- Siemens, Beta Material de instalación catalogo 2005 fusibles de baja tensión
- Siemens, Bero Sensores para automatización catalogo técnico 2005
- Siemens, Low voltaje motors Catalogue M11 2003/2004
- Schneider eléctrico, Guia de utilización del regulador Varlogic R6
- Schneider electric, Varlogic NR6 Power Factor controller, user manual
- Phoenix Contact, Catalogo resumido
- Lumenac, Catalogo 2005
- Leyden, Capacitores de baja tensión con diseño antiexplosivo.
- Circutor, Analizadores de redes CVM

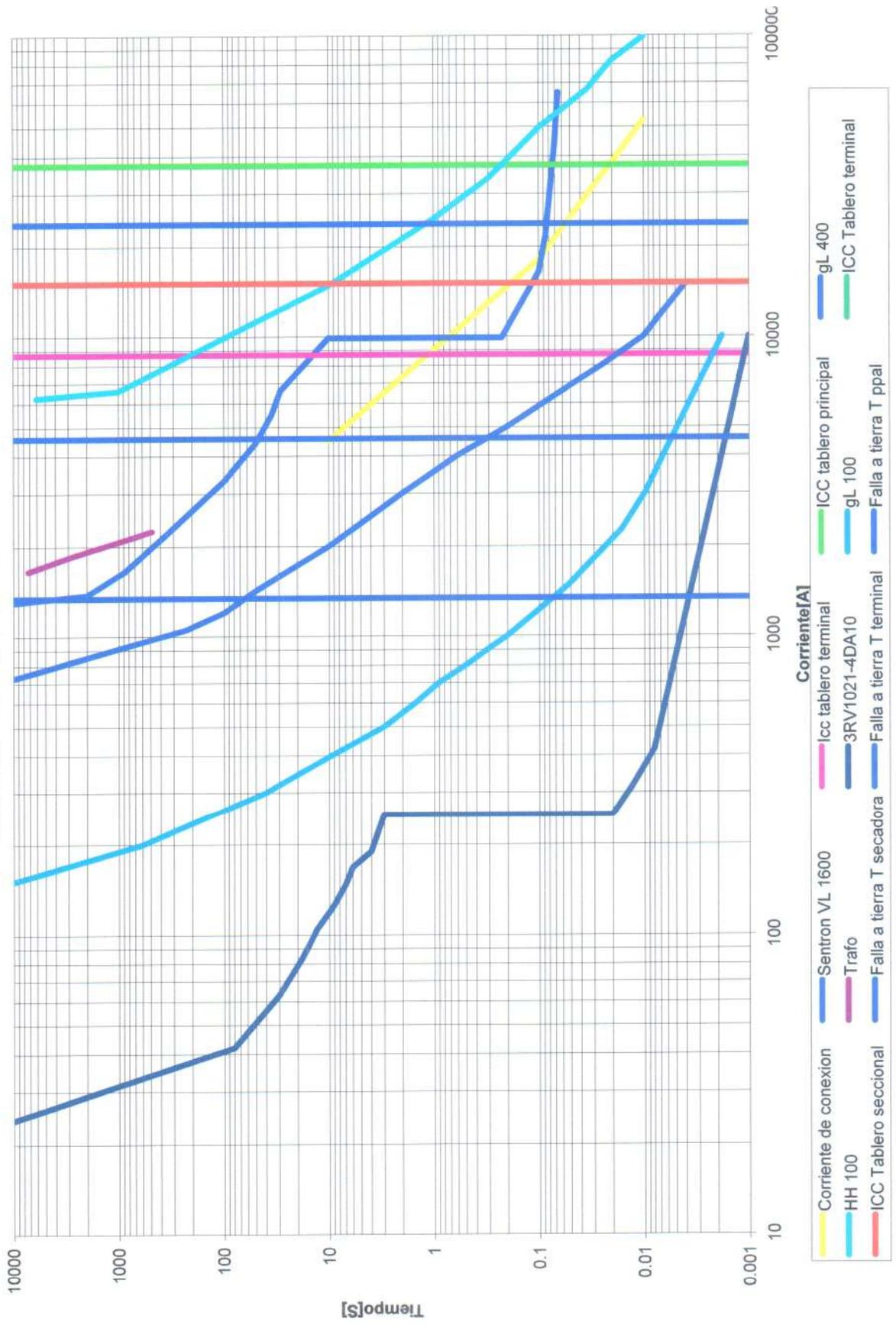
- Circutor. Digital instruments and measuring transducers
- Siemens, Stern-Dreieck Kombinationen 400 V
- Samet, Bandejas porta cables tipo escalera Línea ultra.
- Lentax, Línea P Catalogo técnico 2005
- Siemens, Catalogo on- line de selección de termistores PTC
- Cimet, Catalogo Durolite
- Ormazabal, Aparata de distribución secundaria, sistema modular CDM y sistema compacto CGC con aislamiento integral en SF6 hasta 36 Kv.
- Zoloda, Tabla de selección CK
- Nollman, Catalogo on-line de selección de aparatos de distribución eléctrica
- Siemens, Arrancadores suaves Sirius 3RW, catalogo LAM 2006
- Siemens, Cables y conductores para transporte de energía
- RBC- Sitel, Catalogo de productos numero 6.

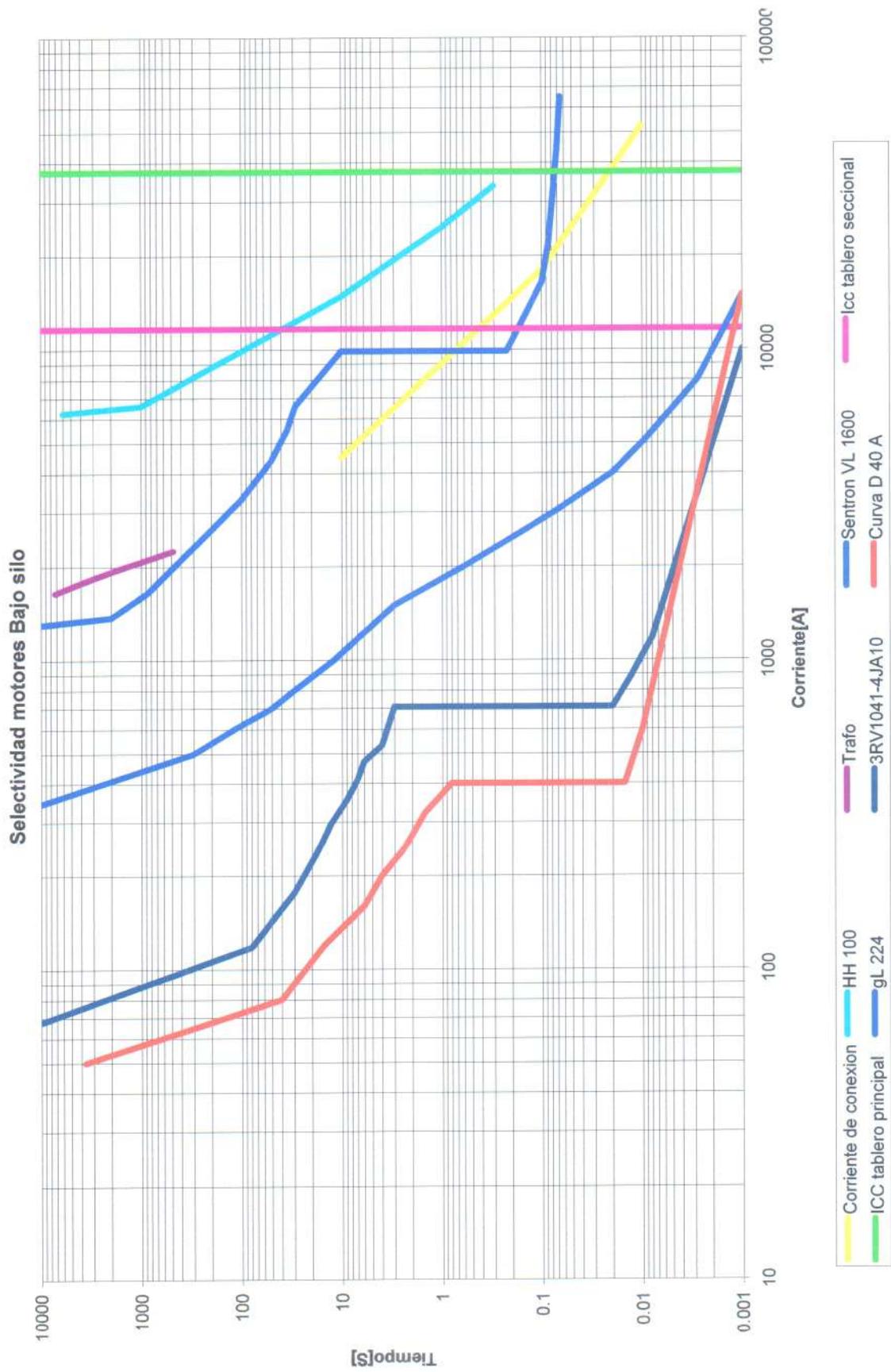
Anexo 1:
Esquema unifilar de tableros seccionales y
tablero principal

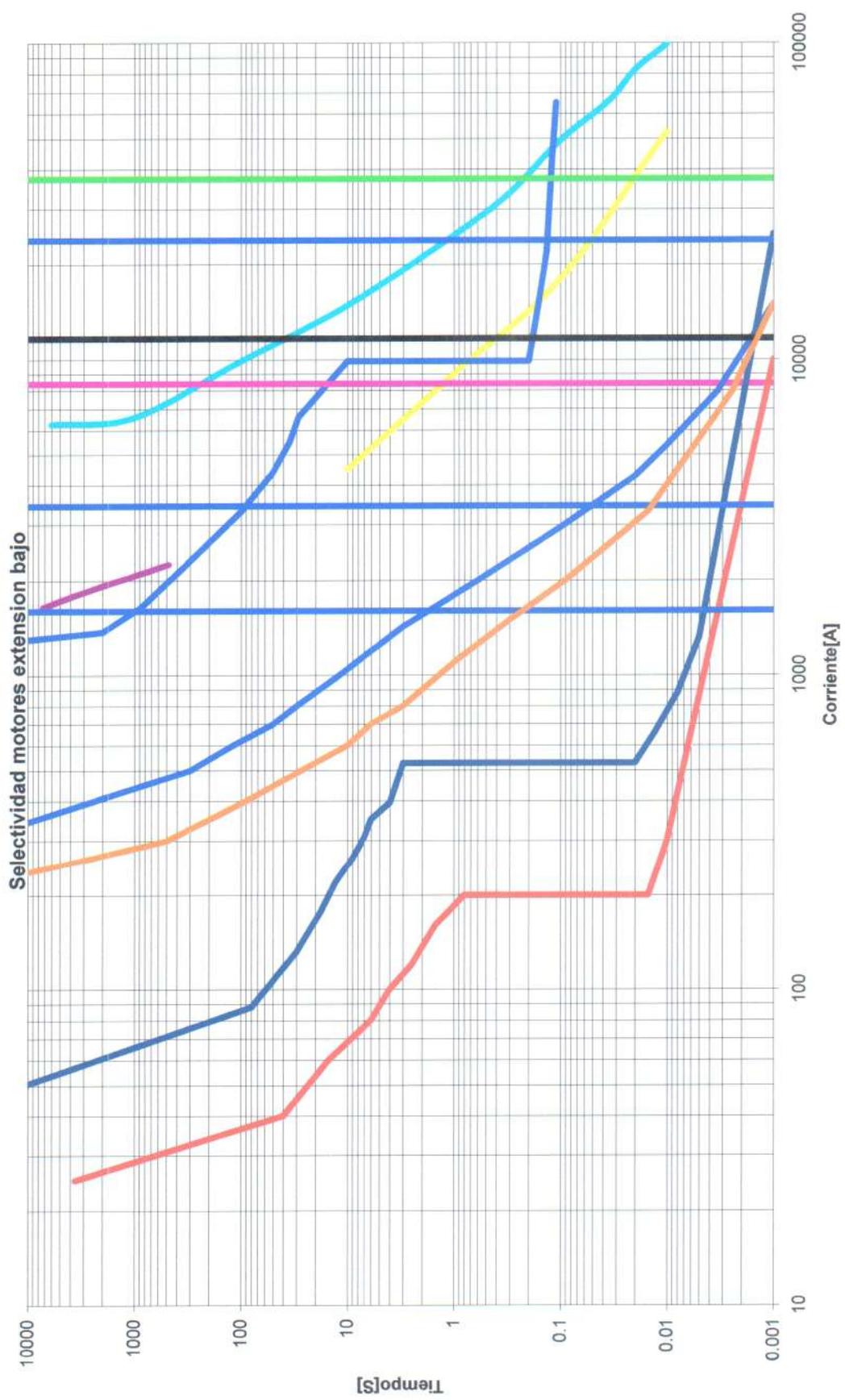
Anexo 2: Gráficos de selectividad de protecciones salidas a motor.



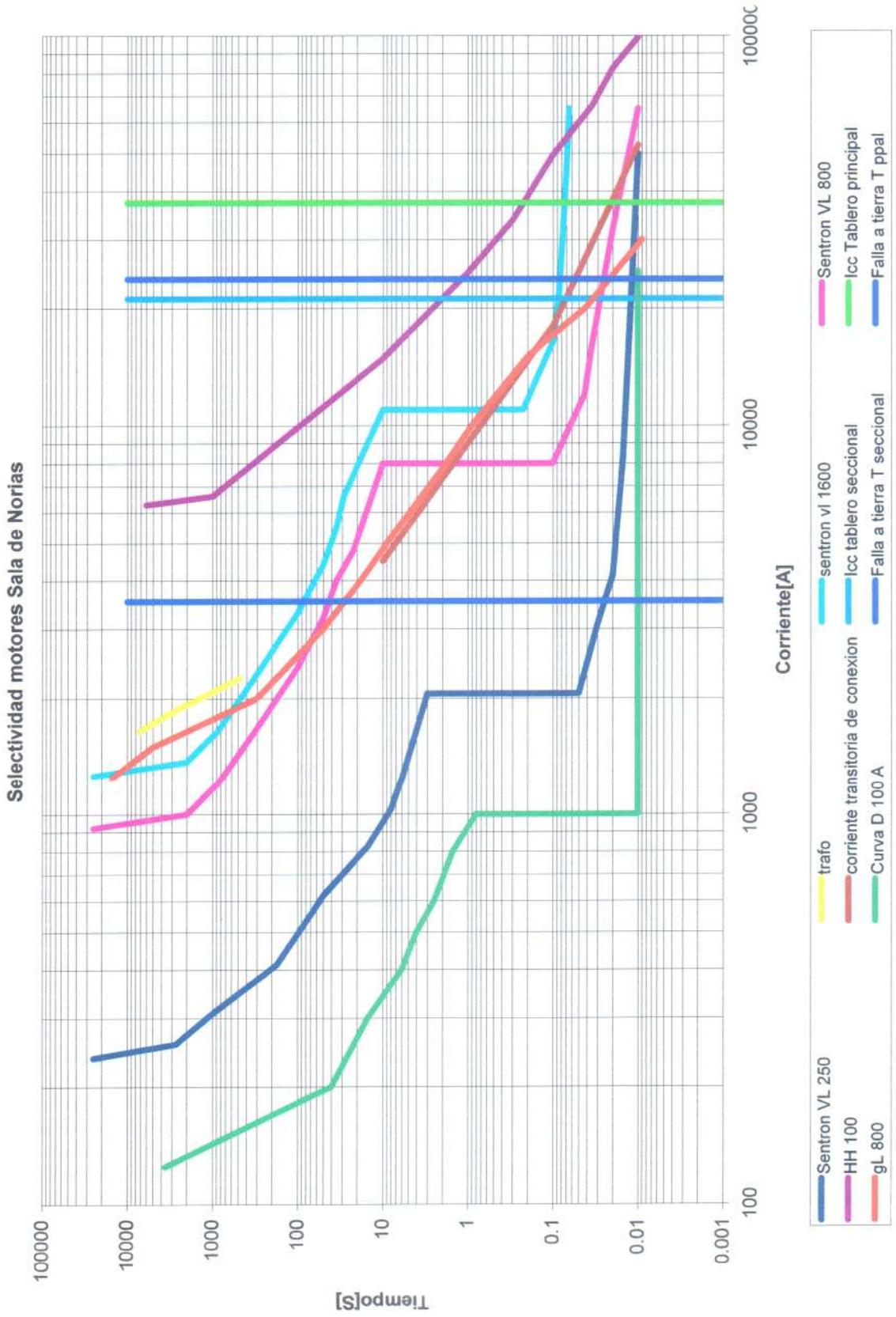
Selectividad motores Silos Pasantes



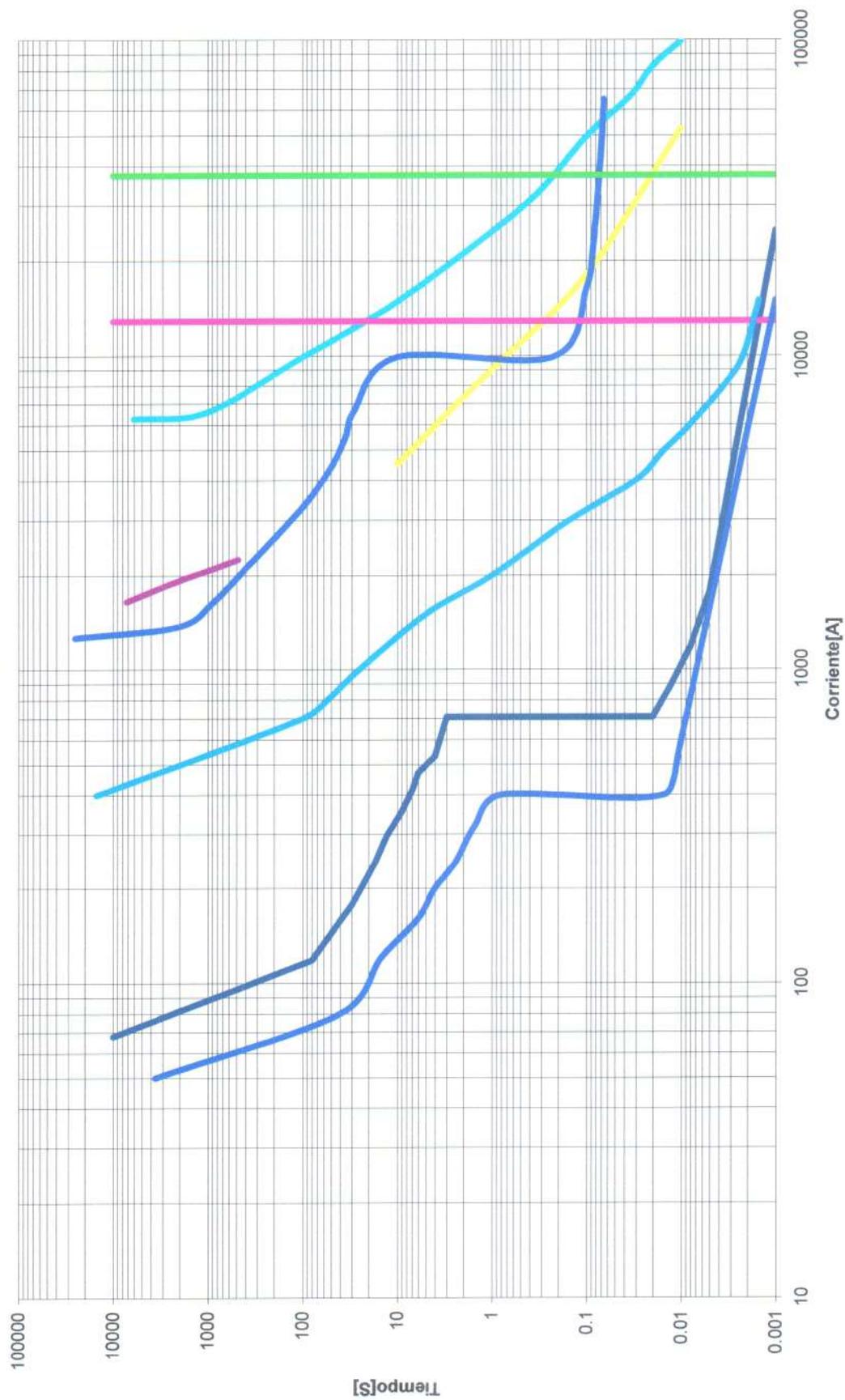




- Corriente de conexion
- icc tablero terminal
- Falla a tierra sotano
- HH 100
- icc tablero principal
- Falla a tierra T terminal
- Trafo
- gl. 224
- Falla a tierra Tppal
- Punto 20 In 2 Seg.
- 3RV1041-4JA10
- Punto de Saborsky
- Curva D 20 A
- Sentron VL 1600
- ICC tablero seccional
- gL 160

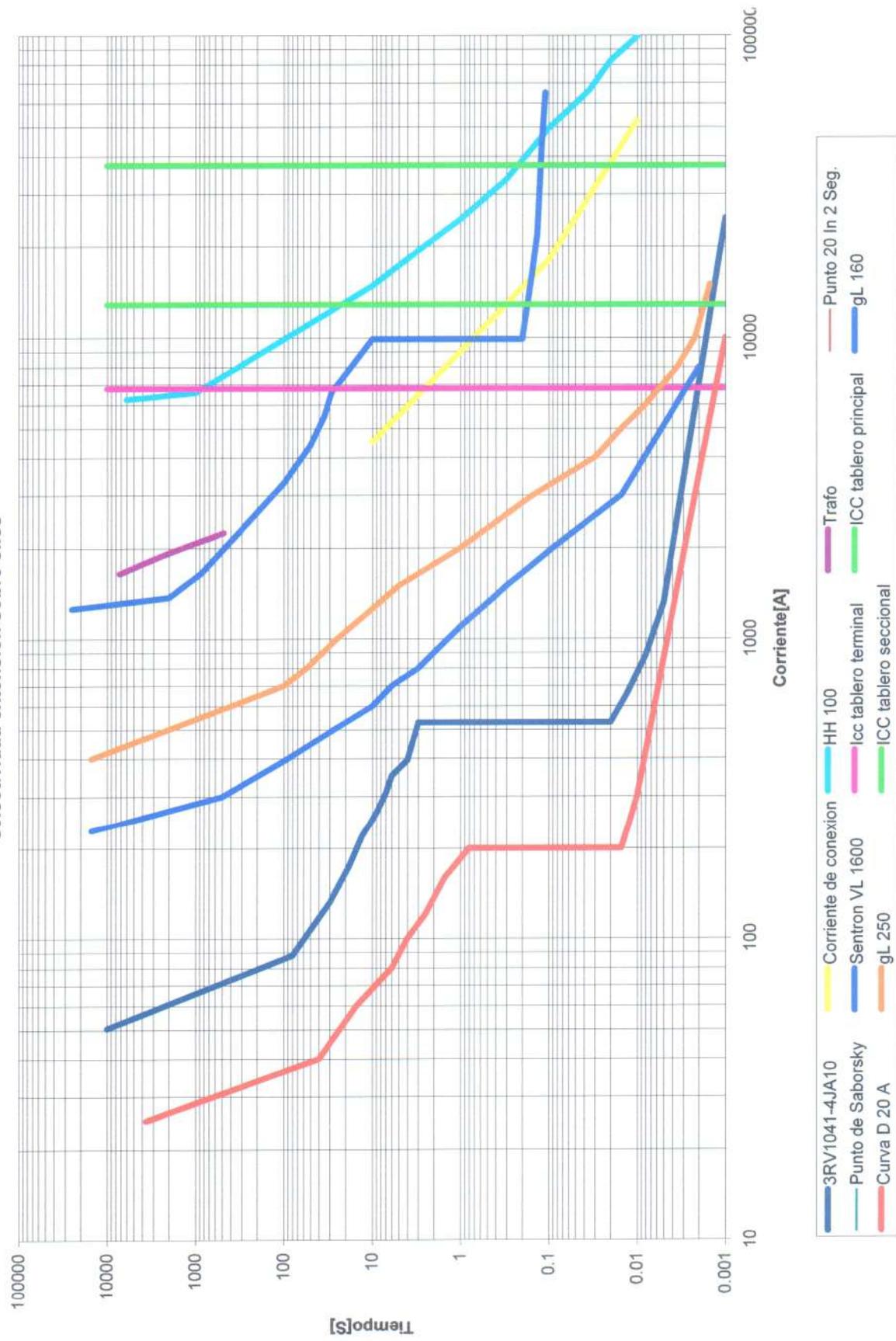


Selectividad Sobre silos

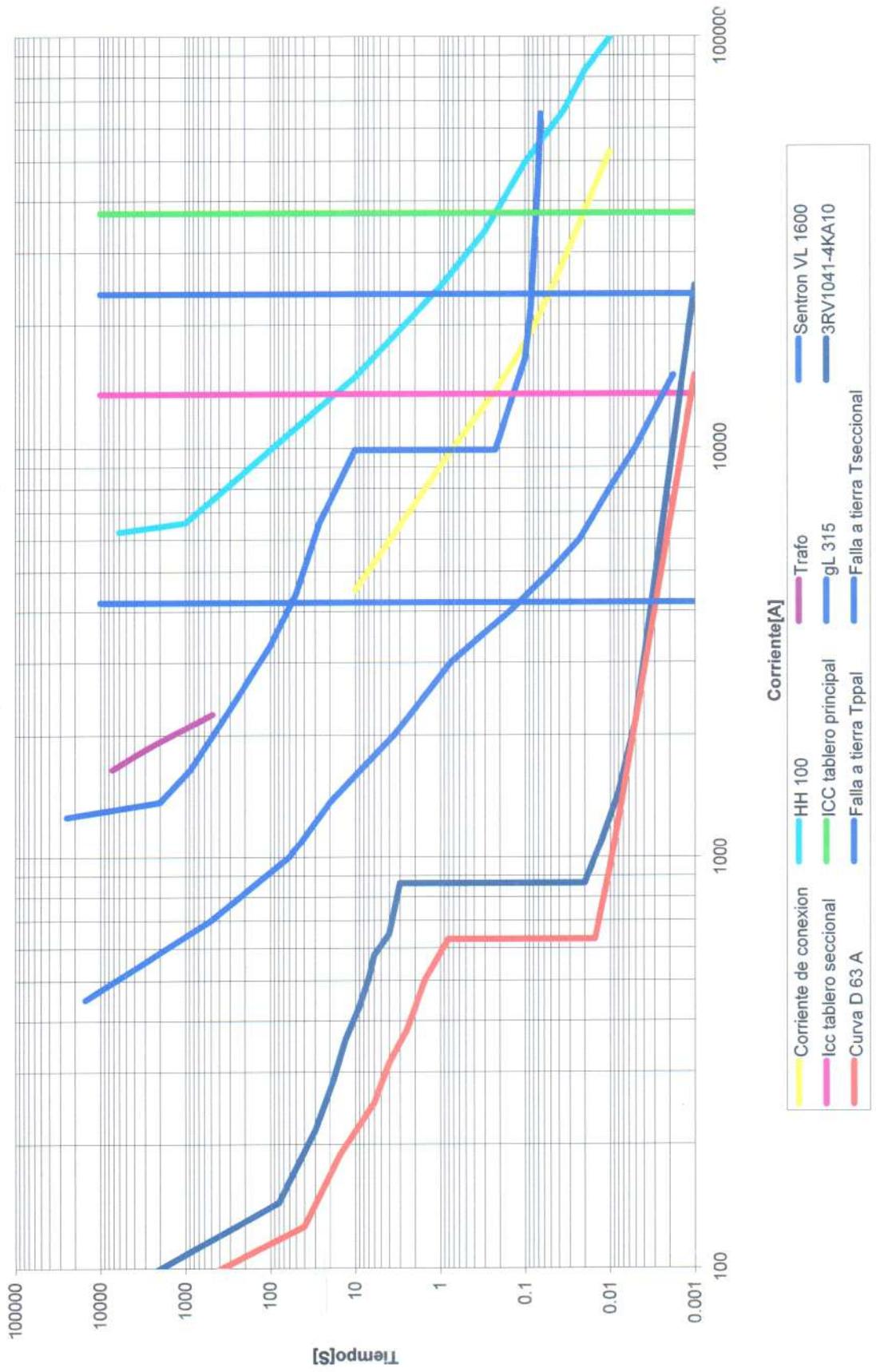


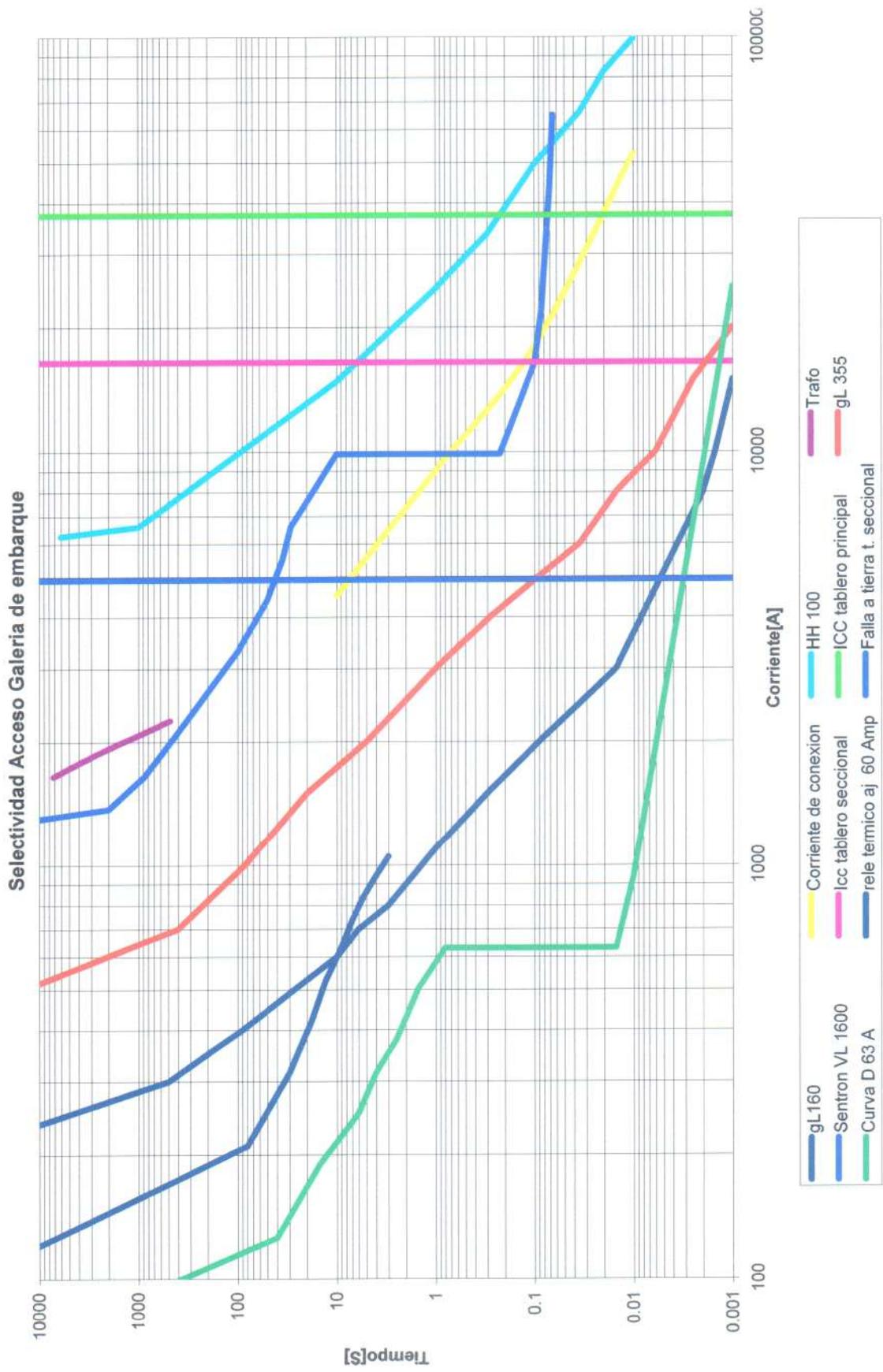
- 3RV1031-4HA10
- Sentron VL 1600
- Corriente de conexión
- ICC tablero seccional
- Trafo
- ICC tablero principal
- Curva D 40 A
- Punto 20 In 2 Seg.
- Punto de Saborsky

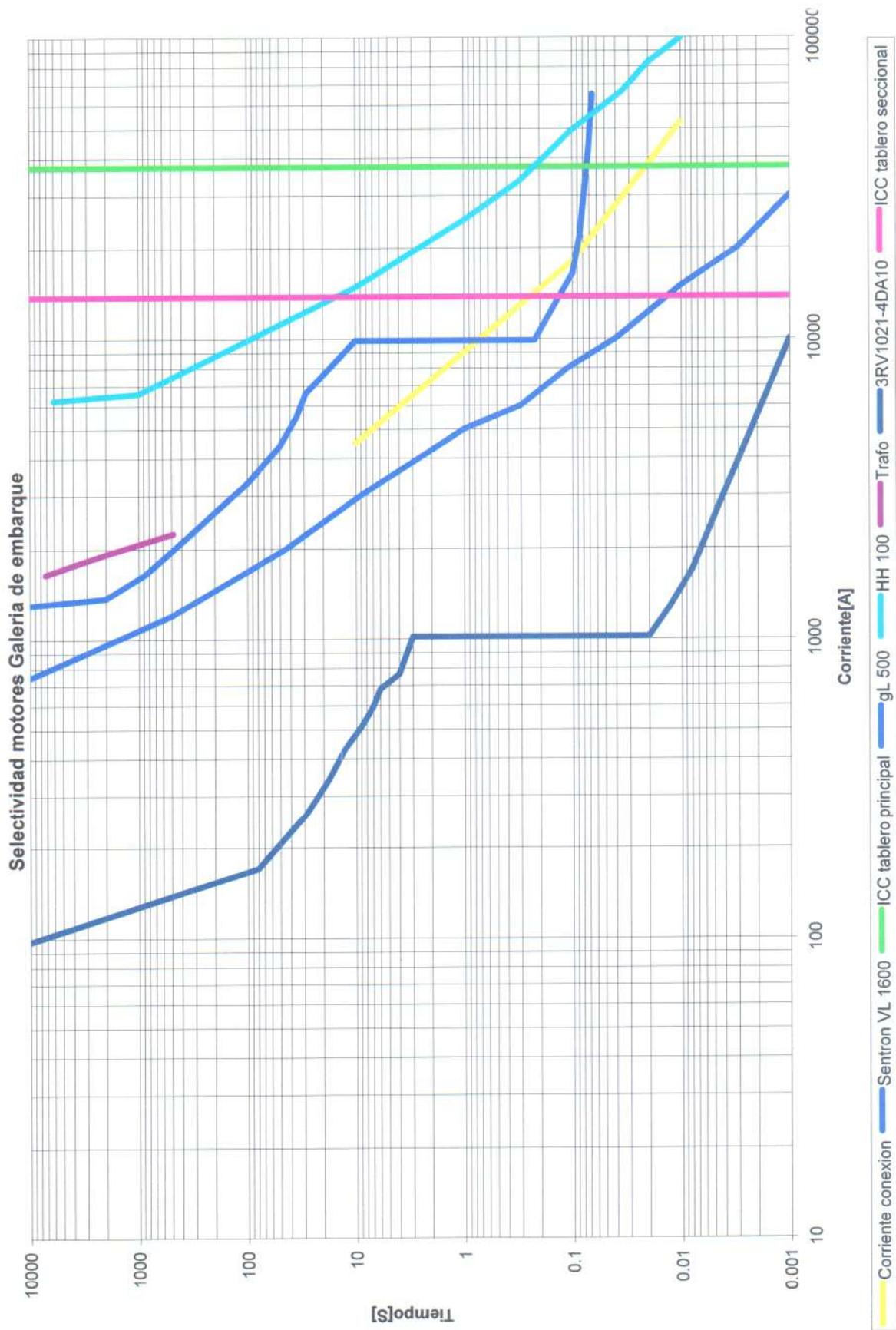
Selectividad extension sobre silos



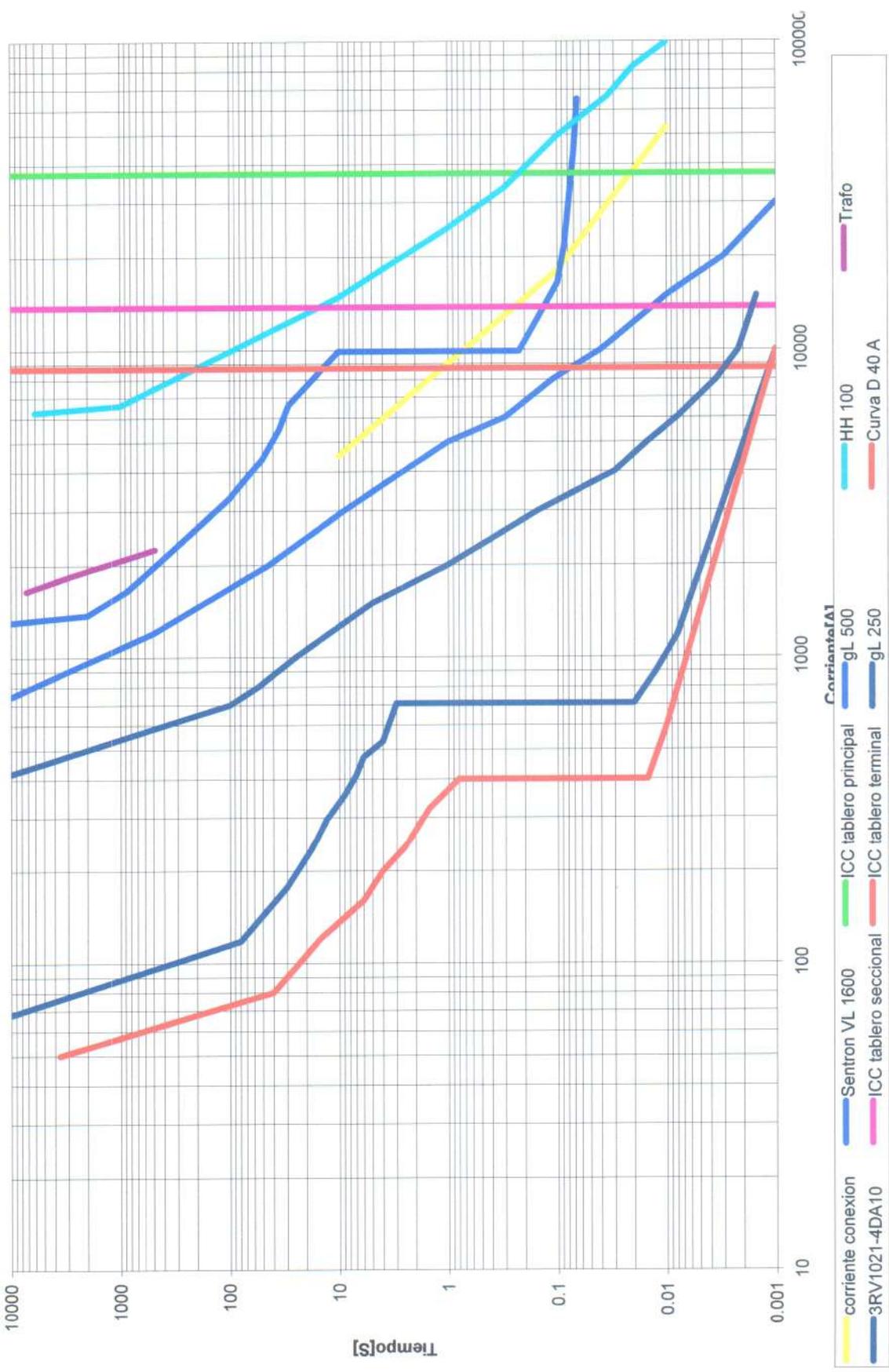
Selectividad motores plataformas de descarga

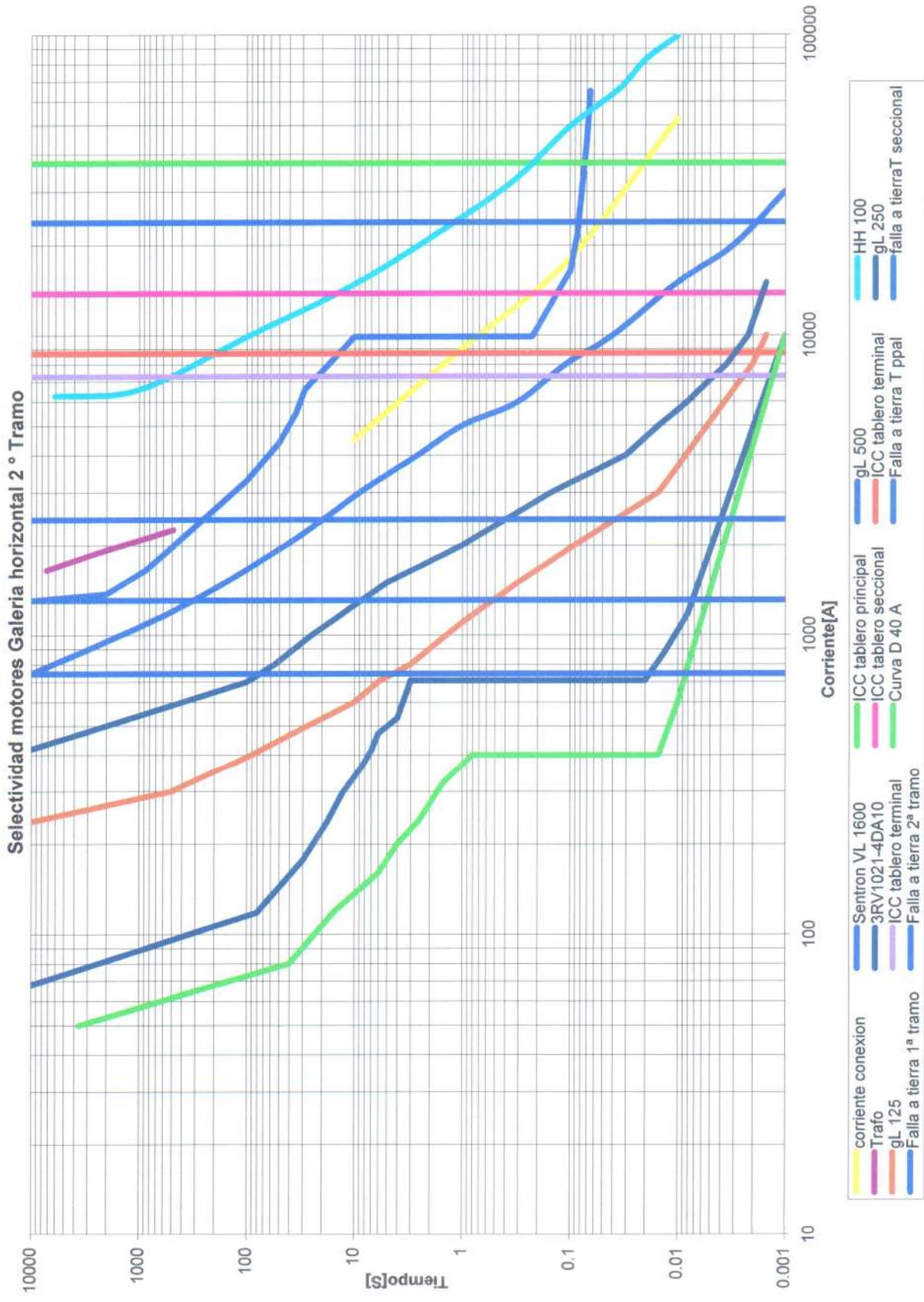




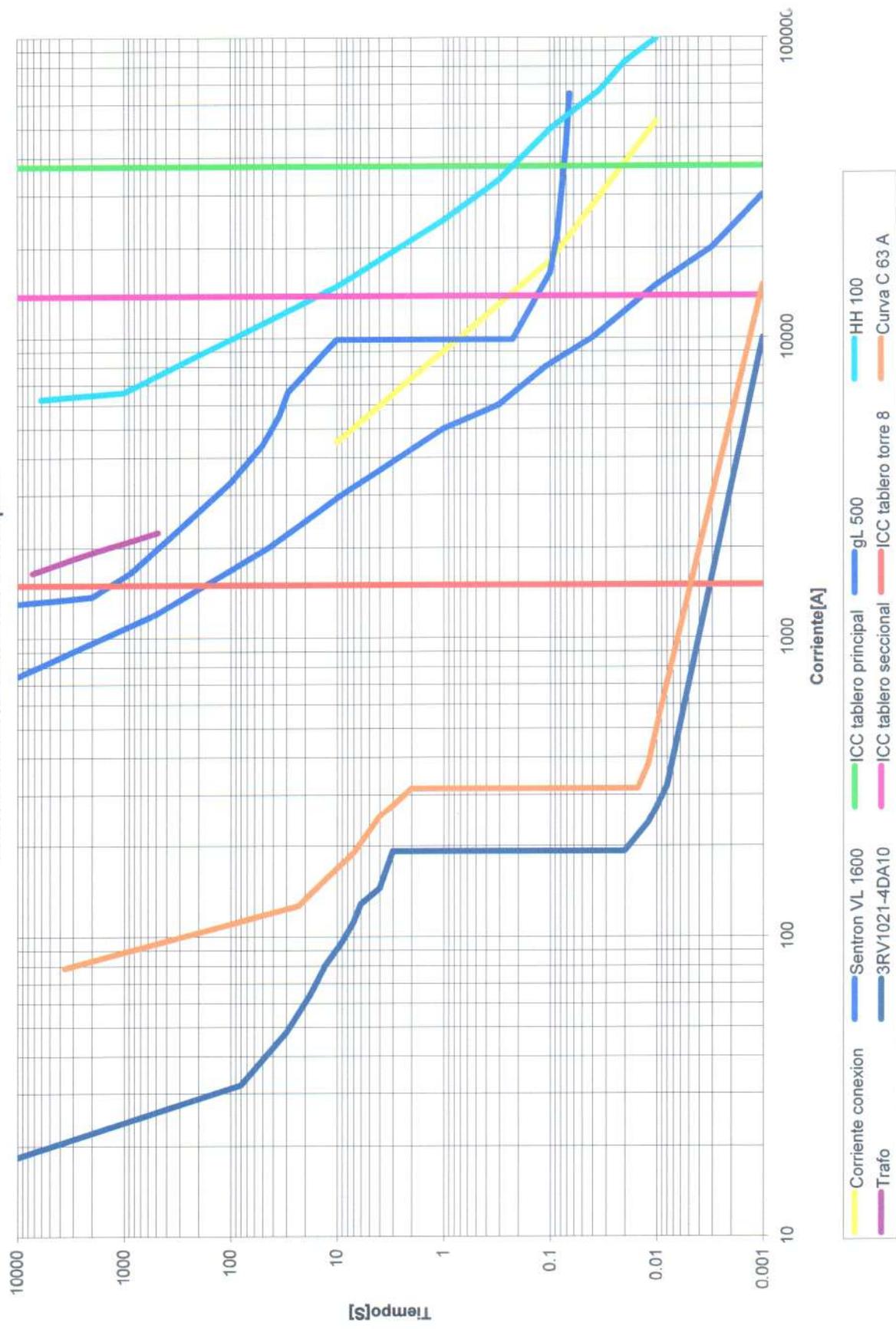


Selectividad motores Galeria horizontal 1 ° Tramo

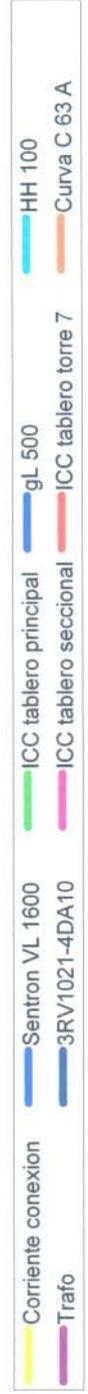
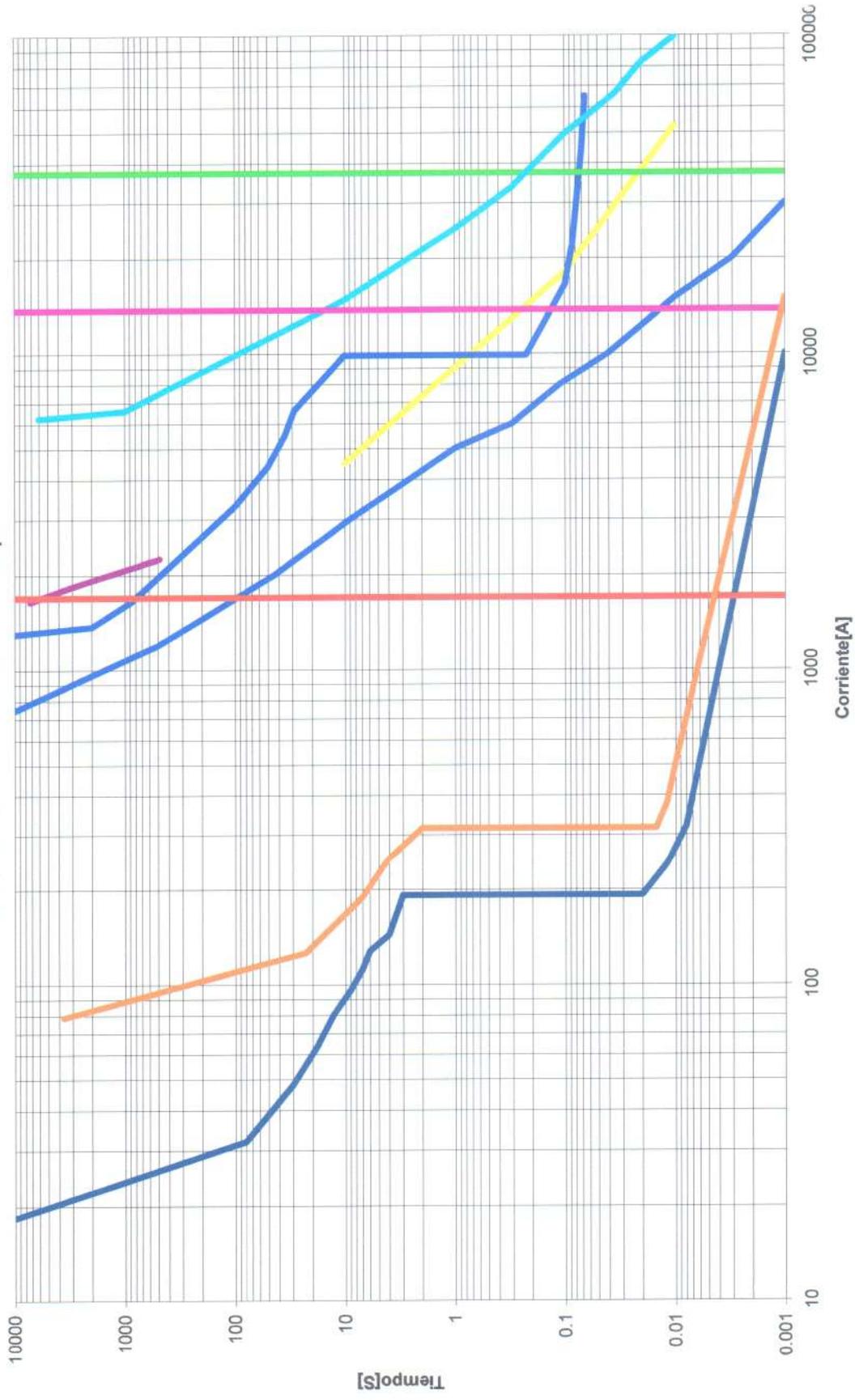


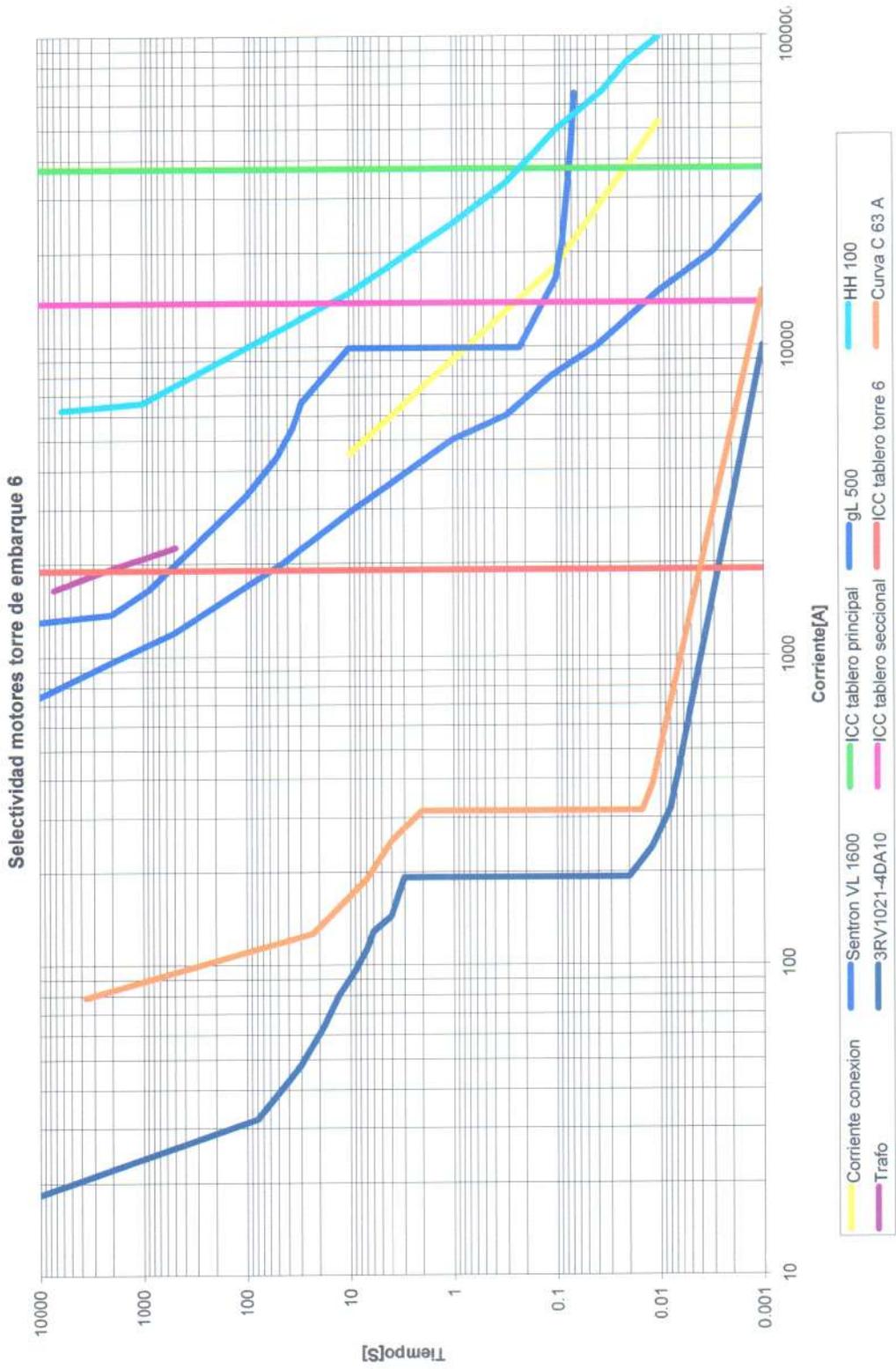


Selectividad motores torre de embarque 8

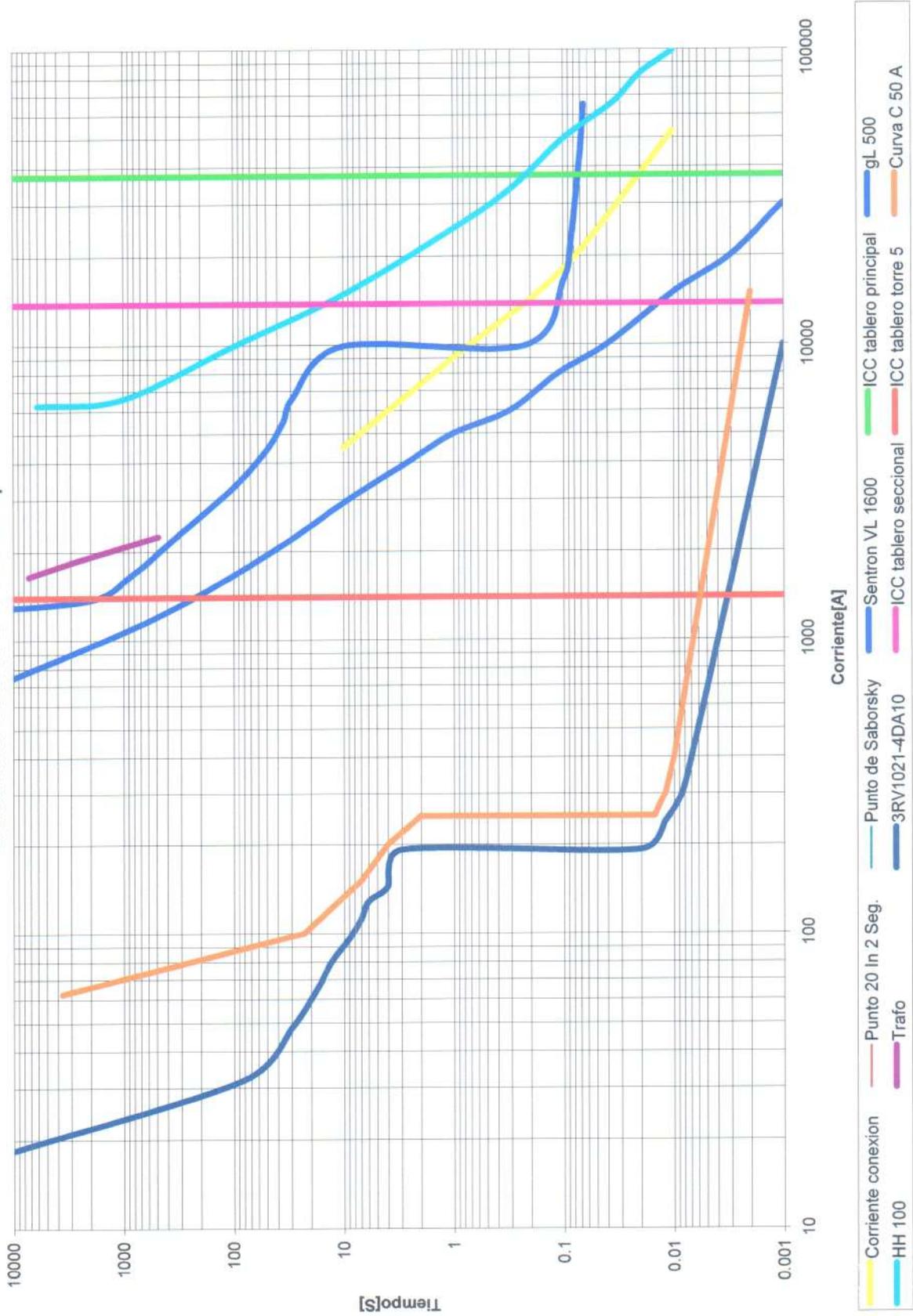


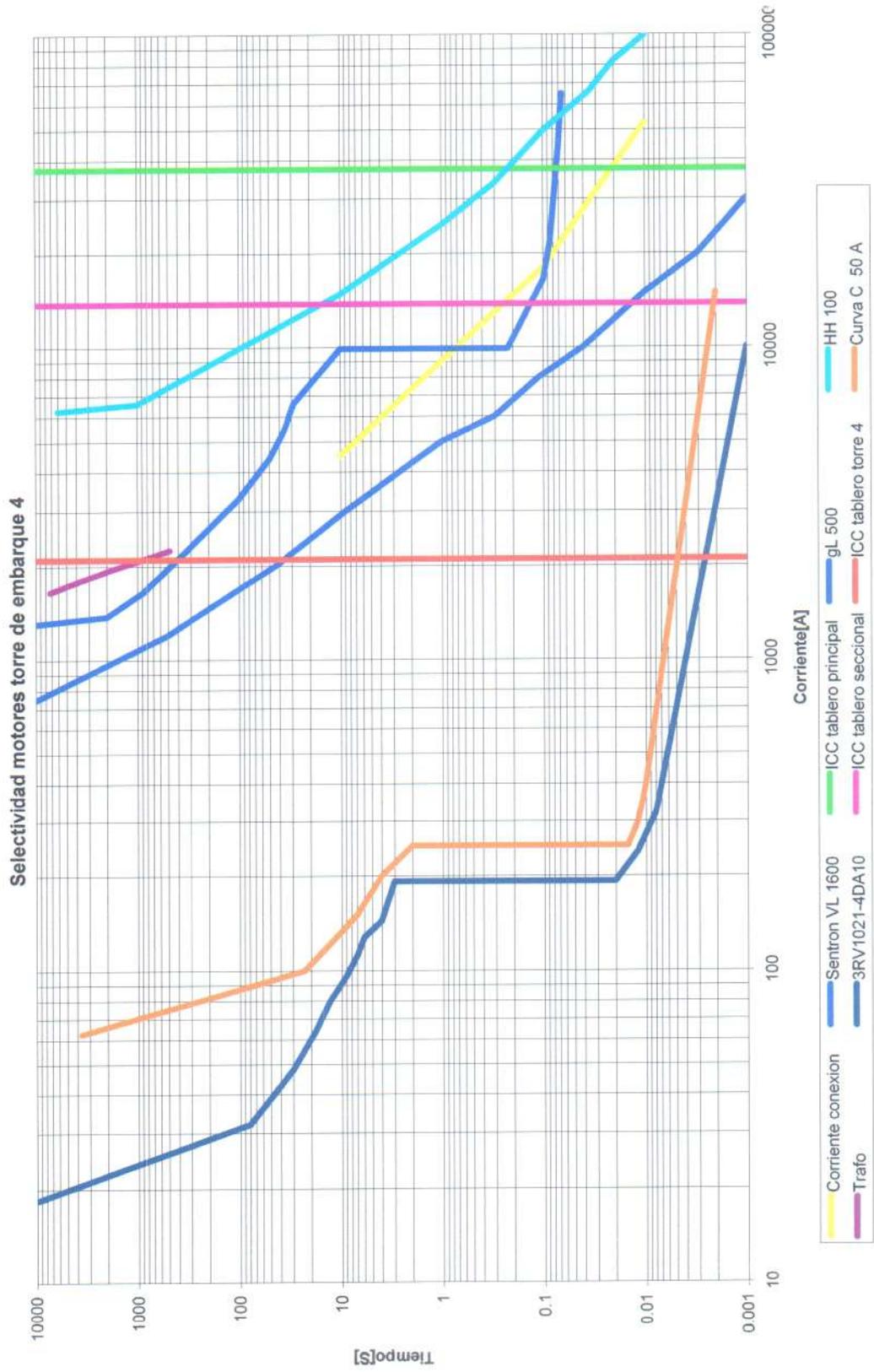
Selectividad motores torre de embarque 7



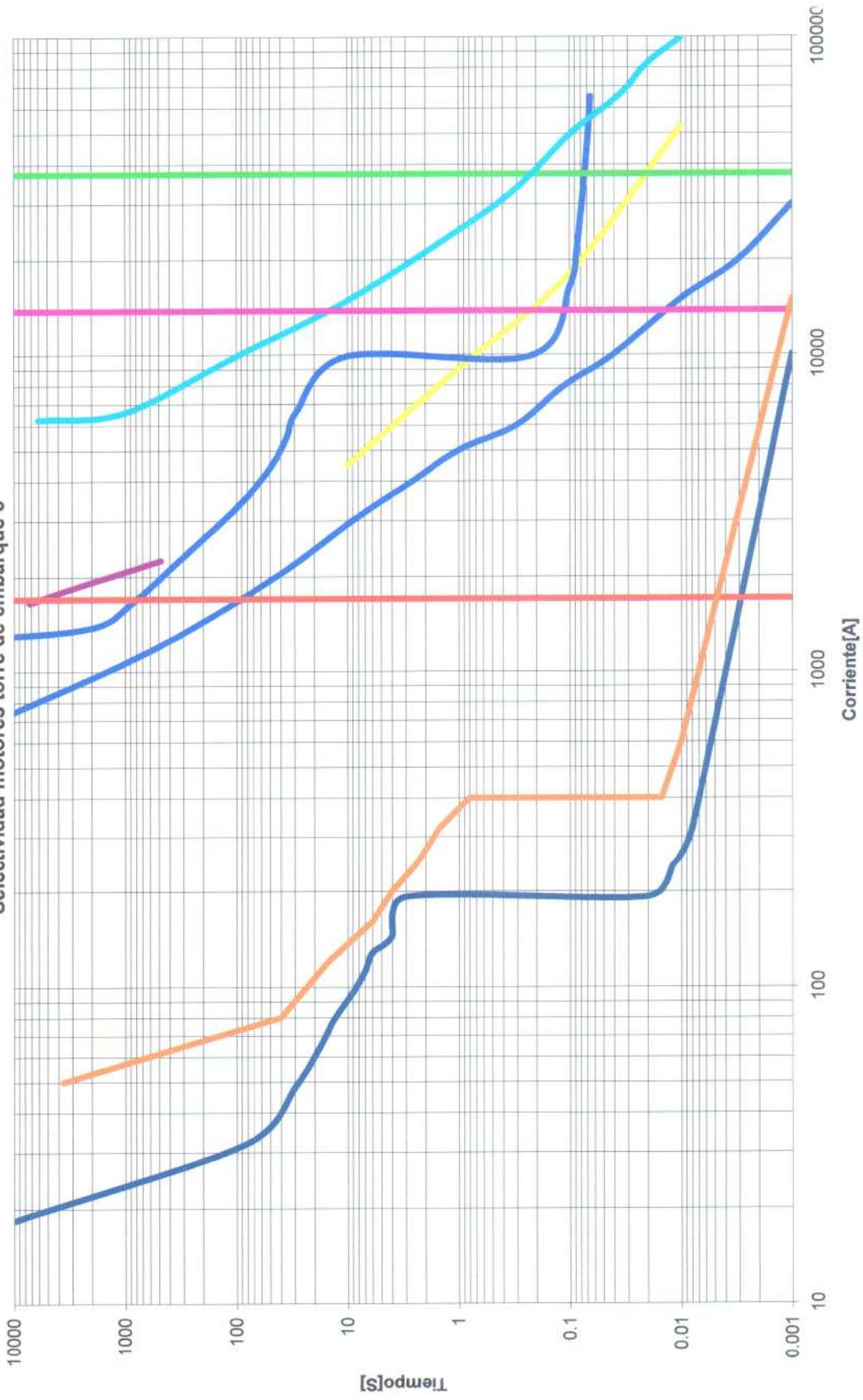


Selectividad motores torre de embarque 5



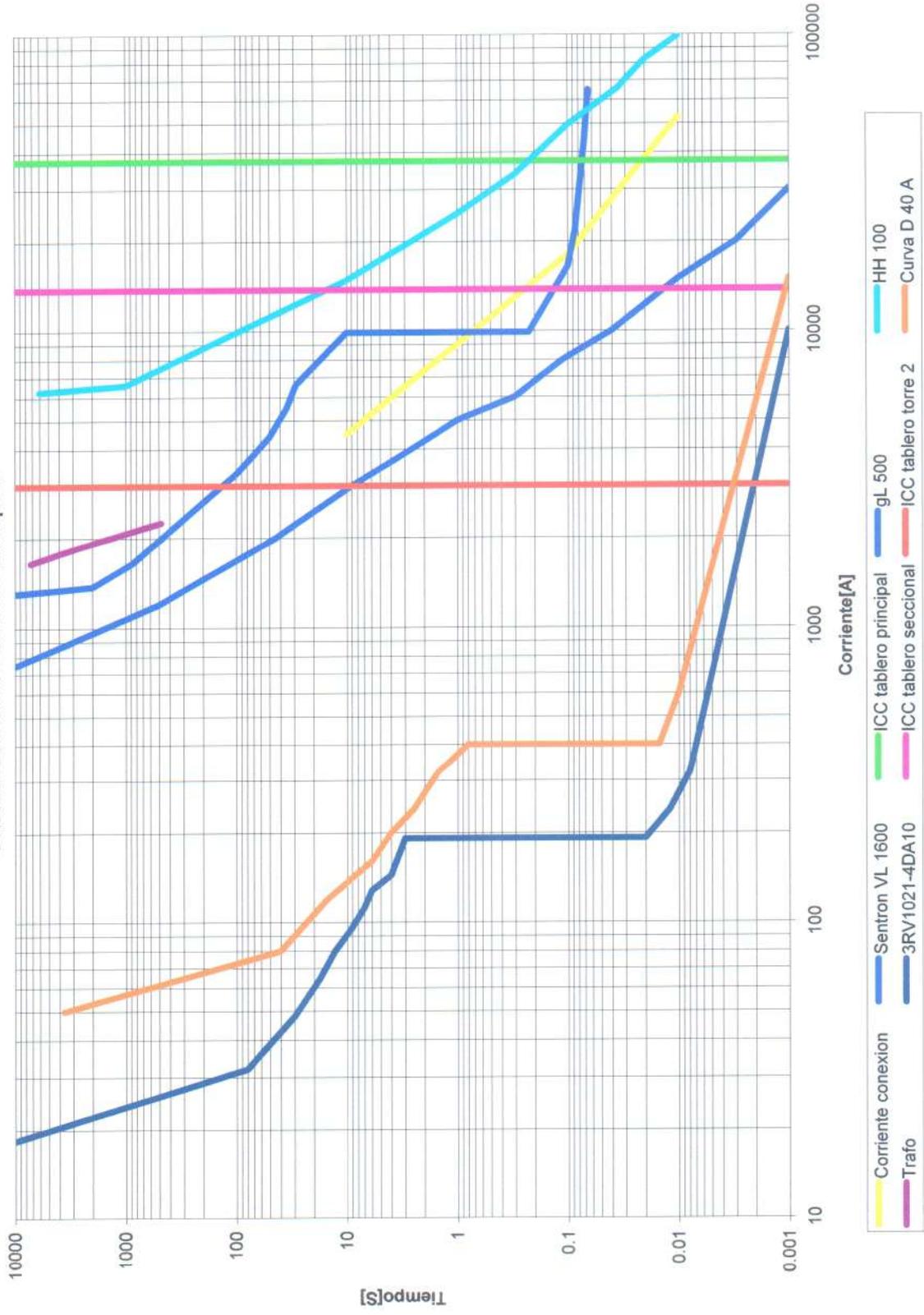


Selectividad motores torre de embarque 3

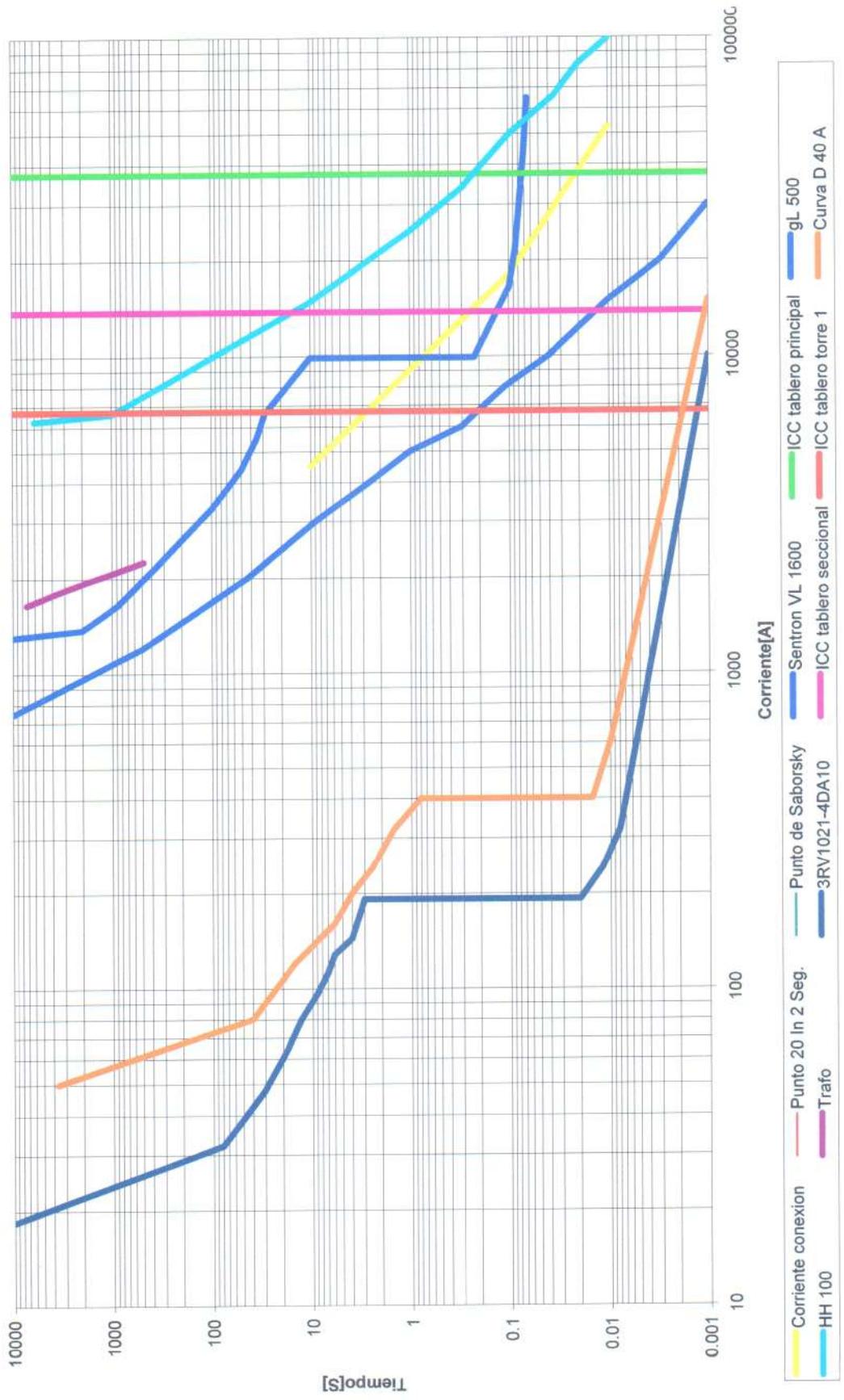


- Corriente conexion
- HH 100
- Punto 20 In 2 Seg.
- Trafo
- Punto de Saborsky
- 3RV1021-4DA10
- Sentron VL 1600
- ICL tablero seccional
- ICL tablero torres 3
- ICL tablero principal
- gL 500
- Curva D 40 A

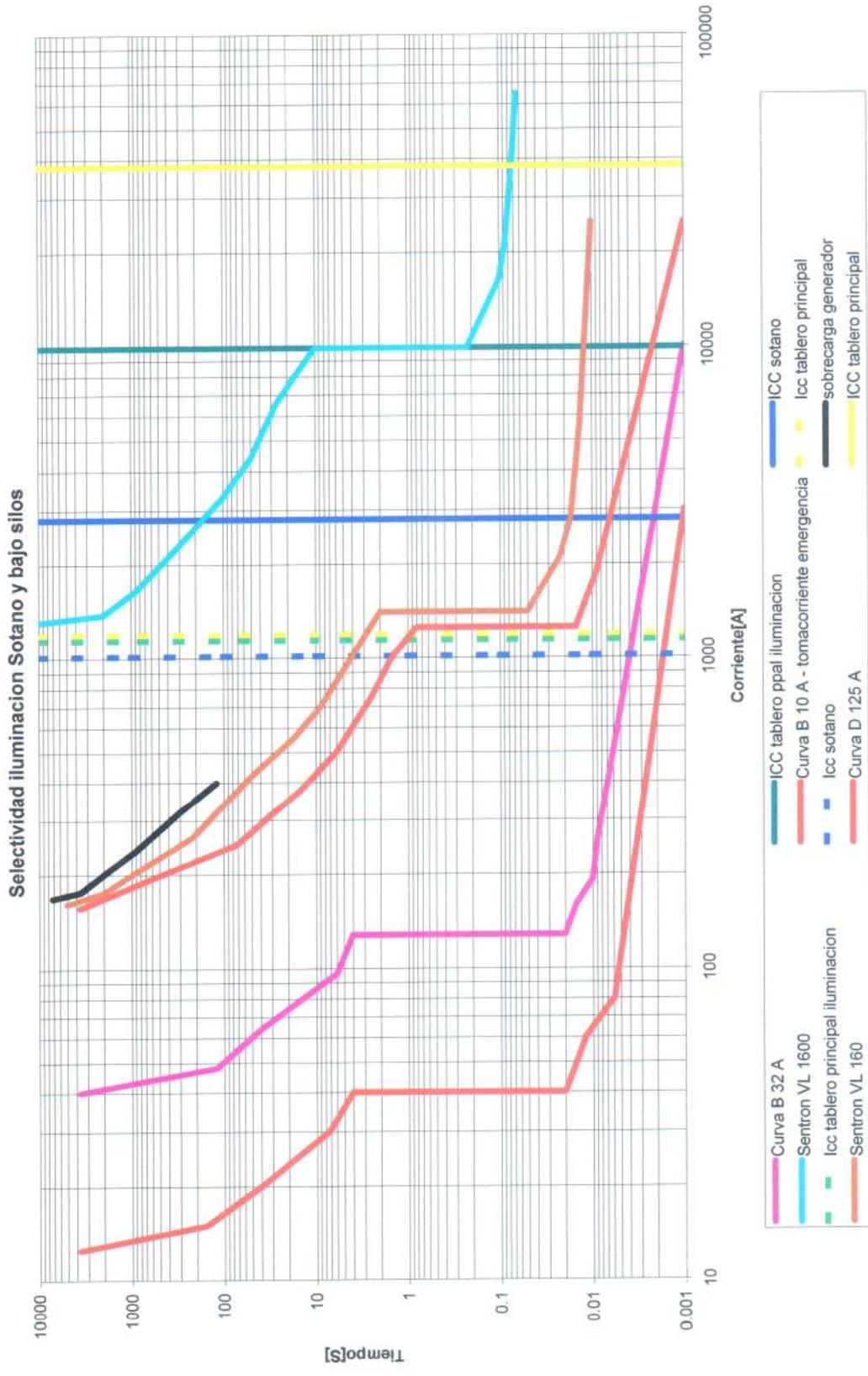
Selectividad motores torre de embarque 2

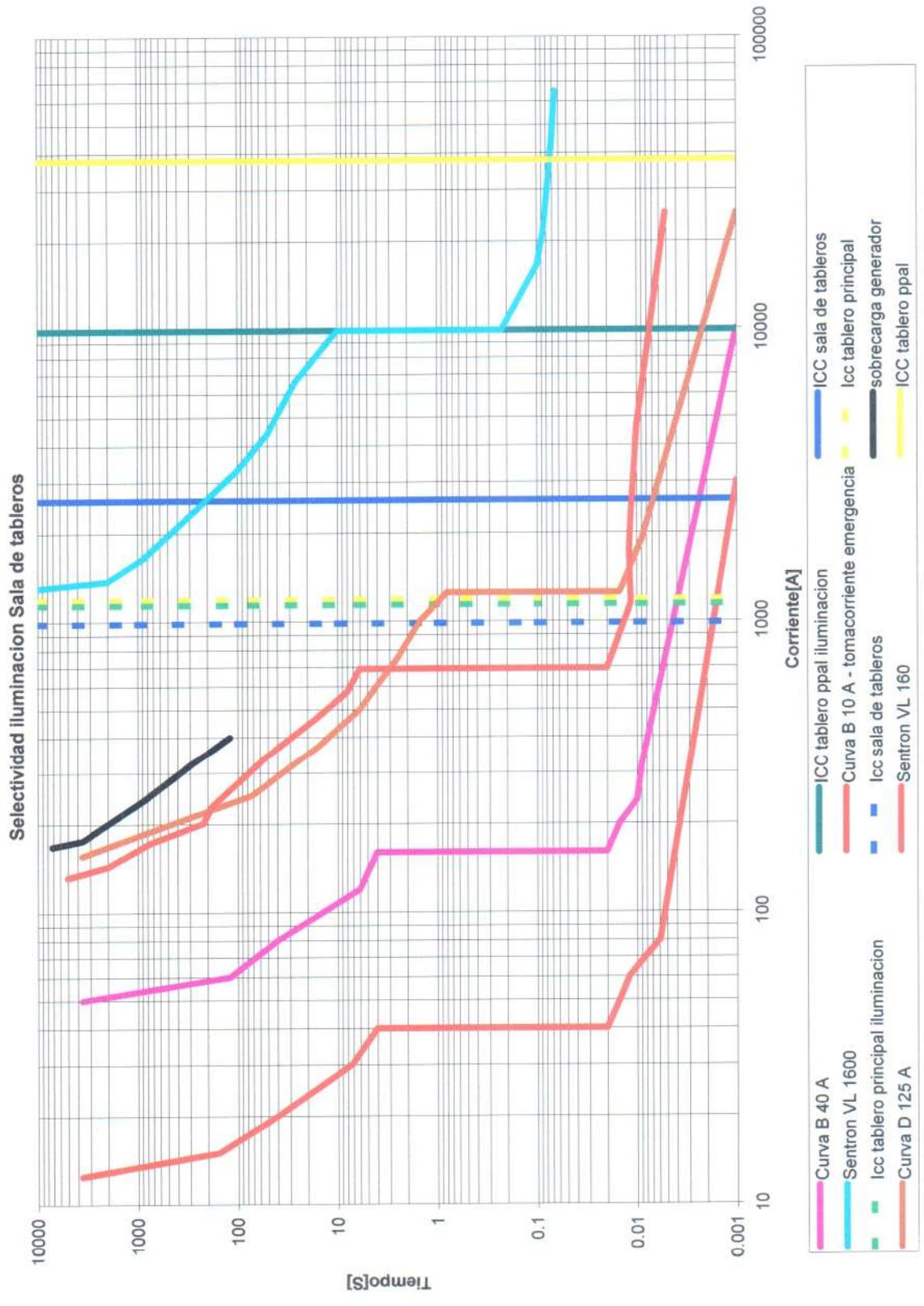


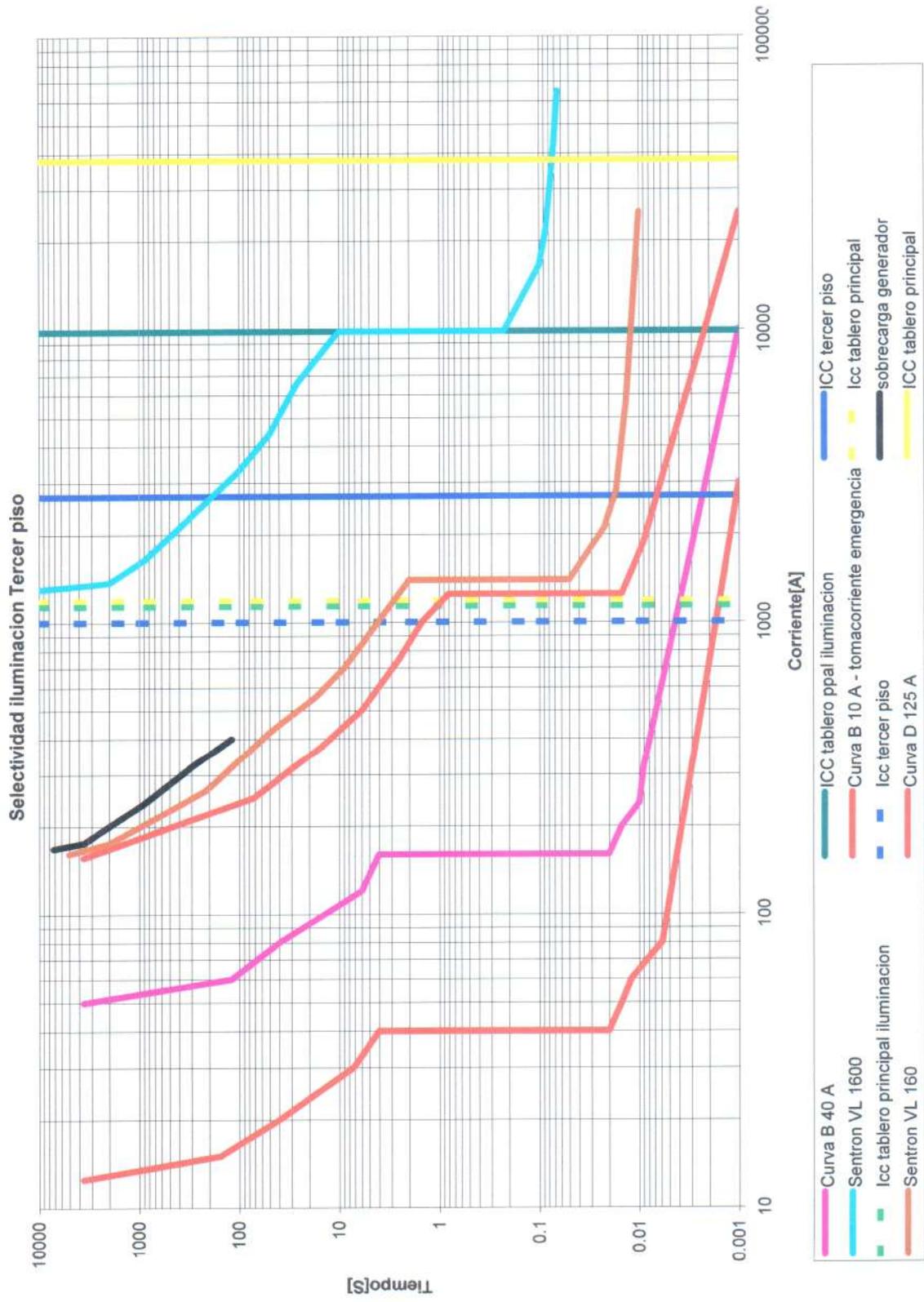
Selectividad motores torre de embarque 1

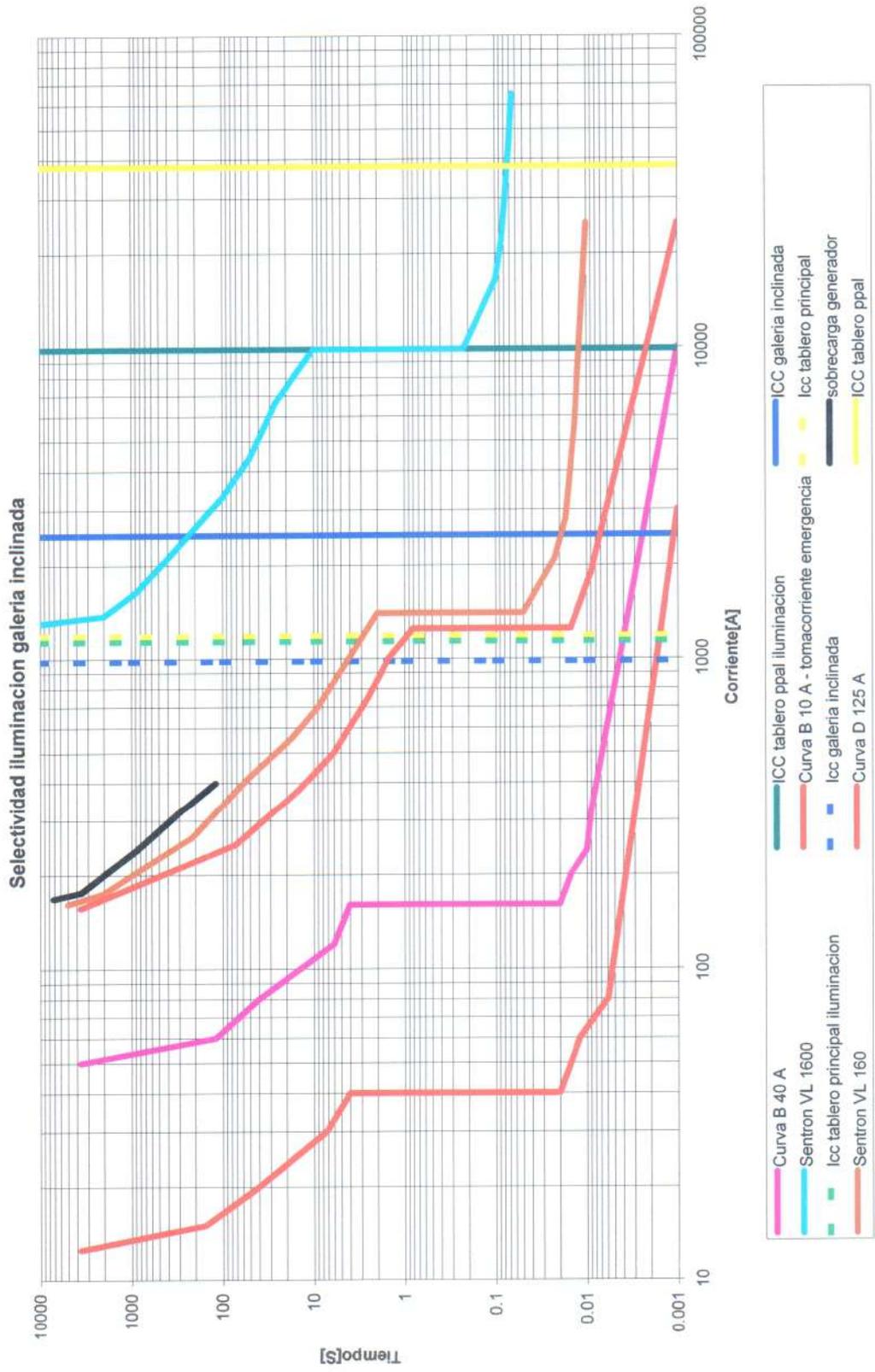


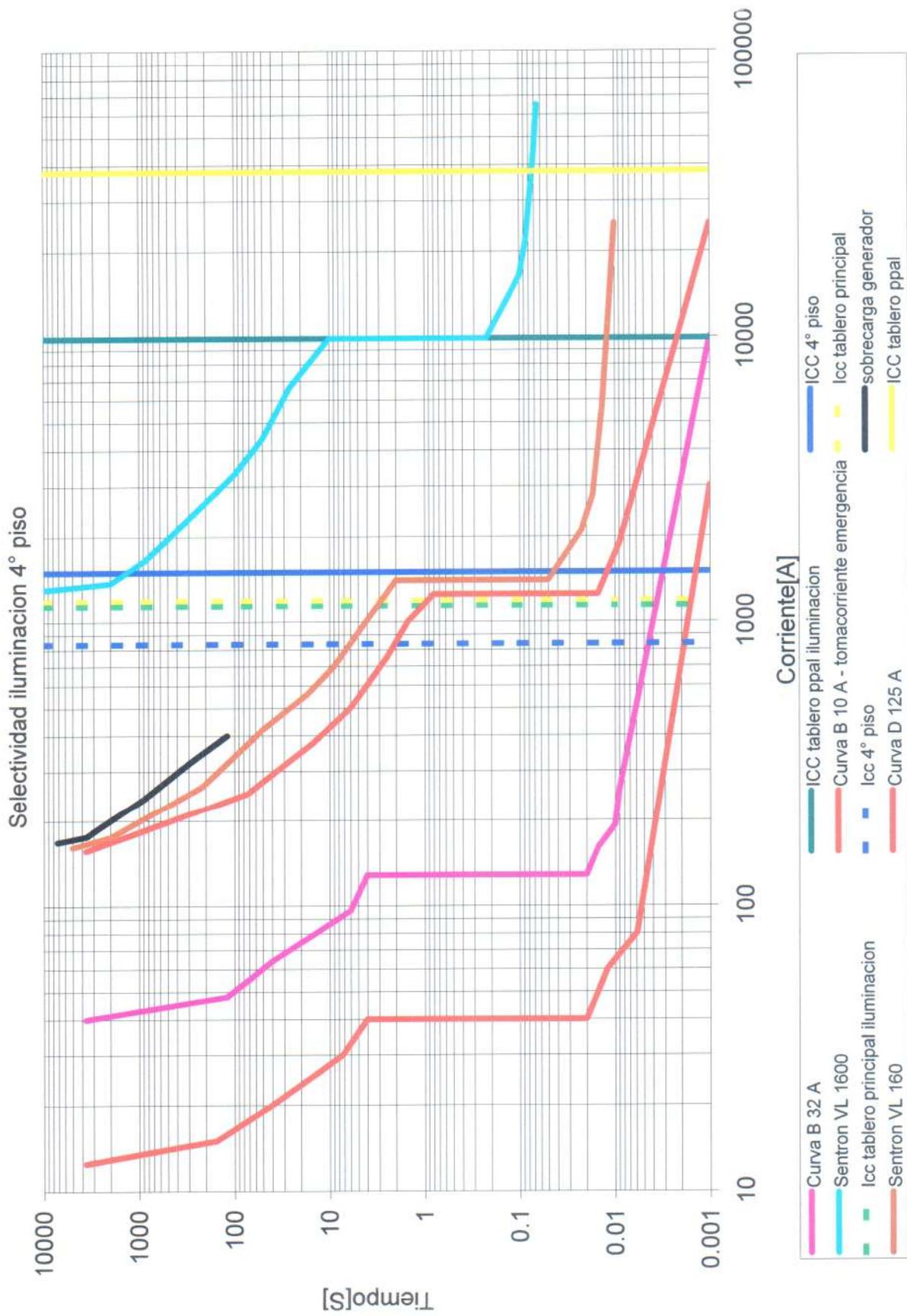
Anexo 3: Gráficos de selectividad de protecciones salidas a de iluminación

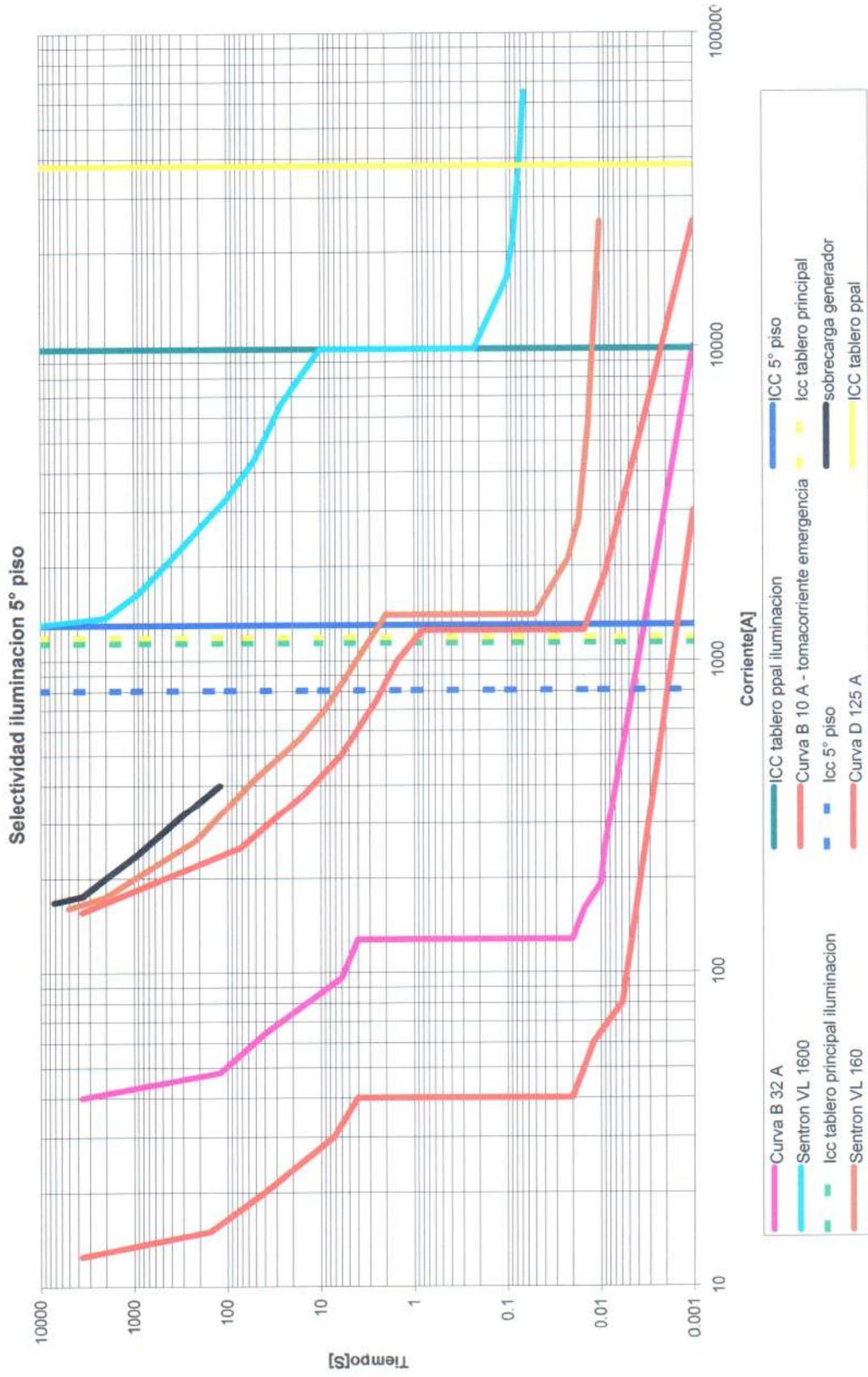


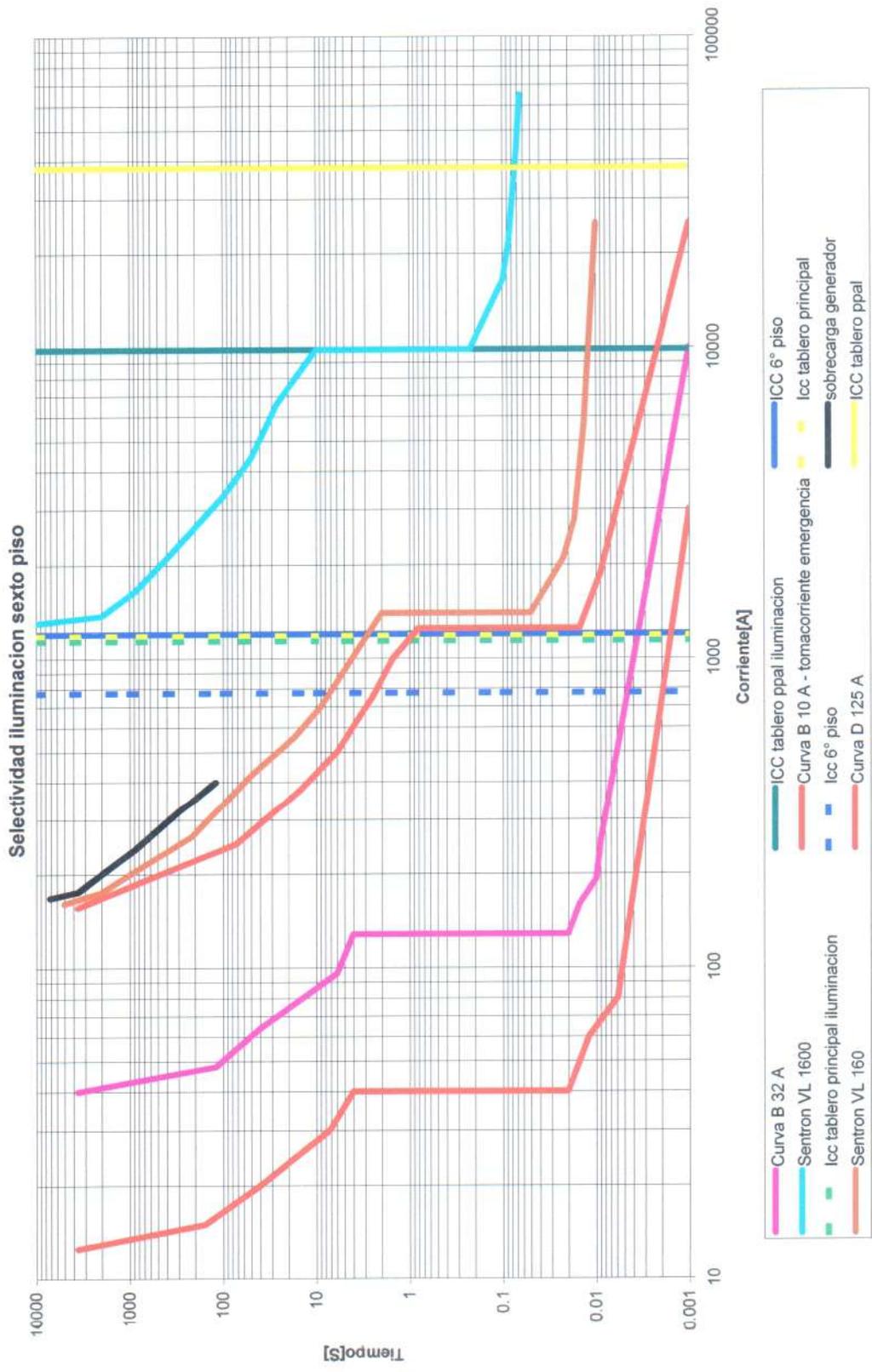


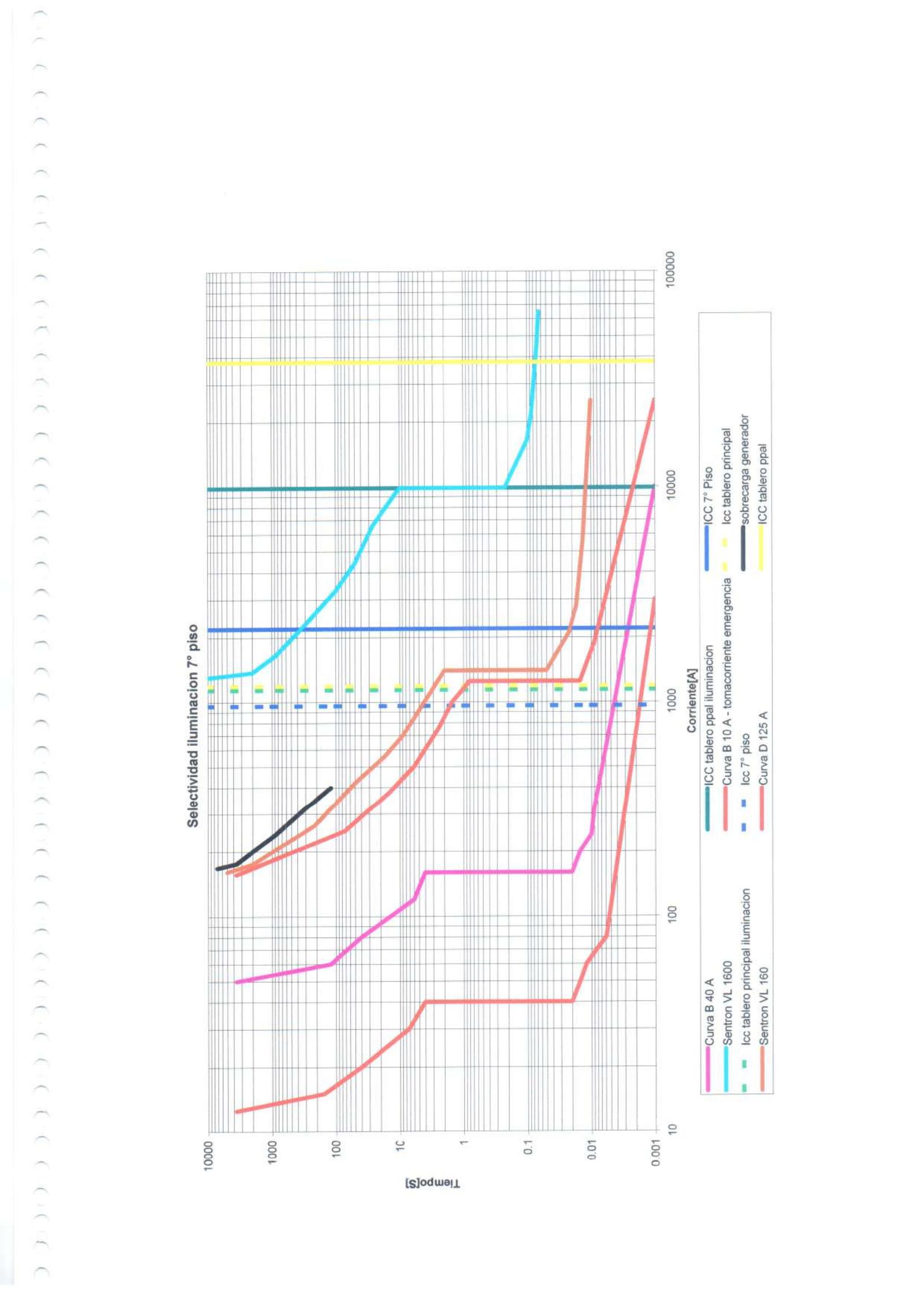
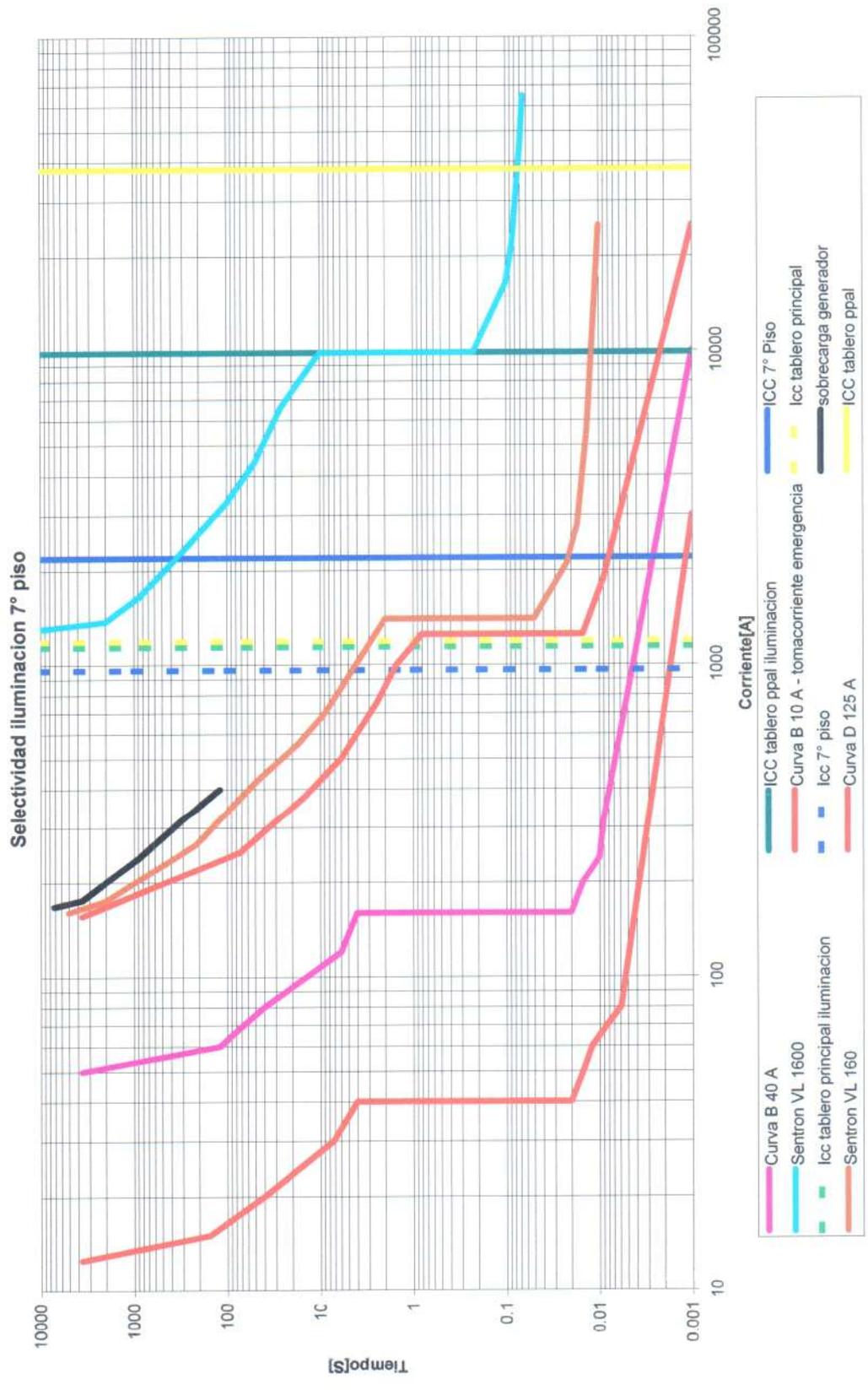


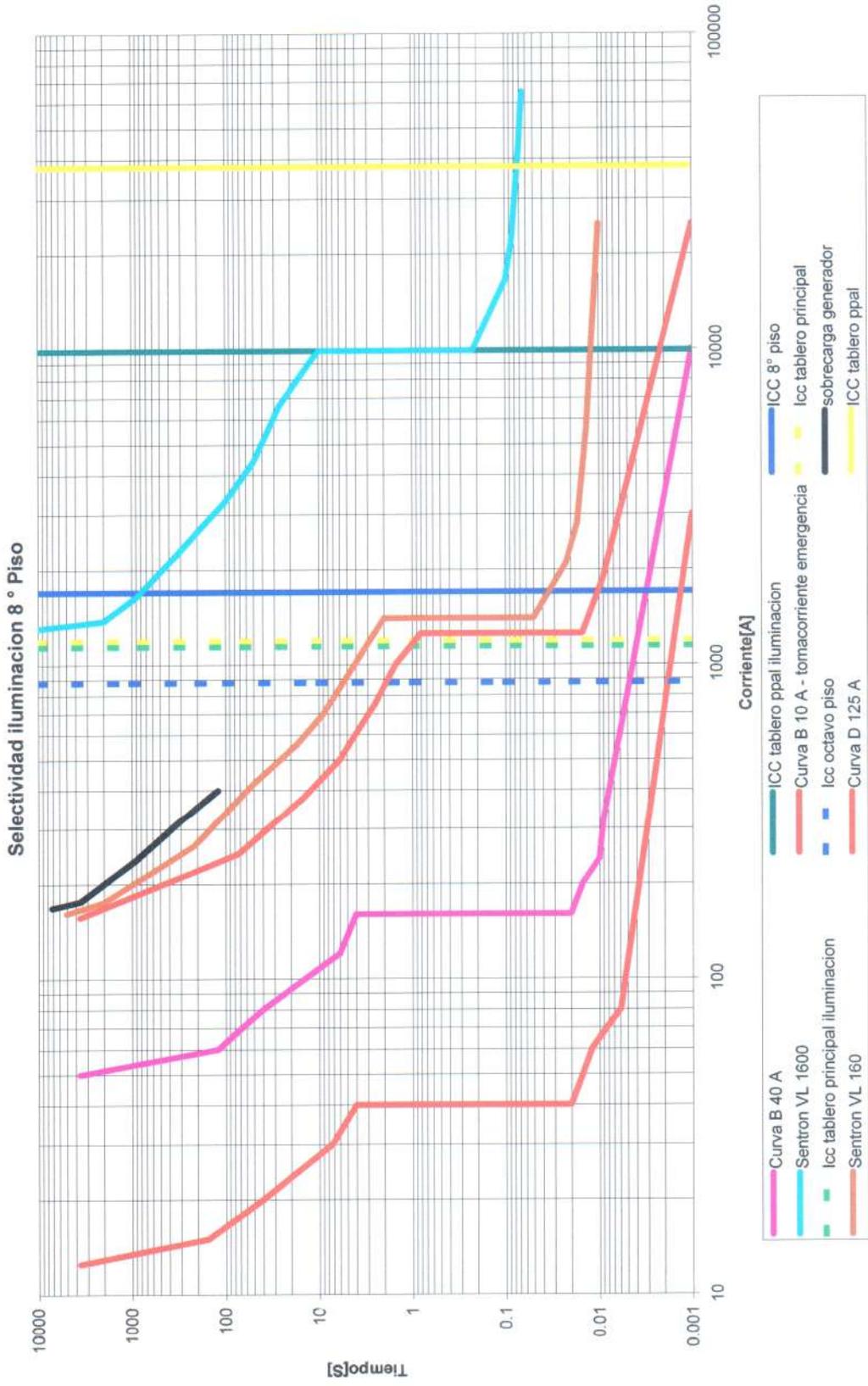




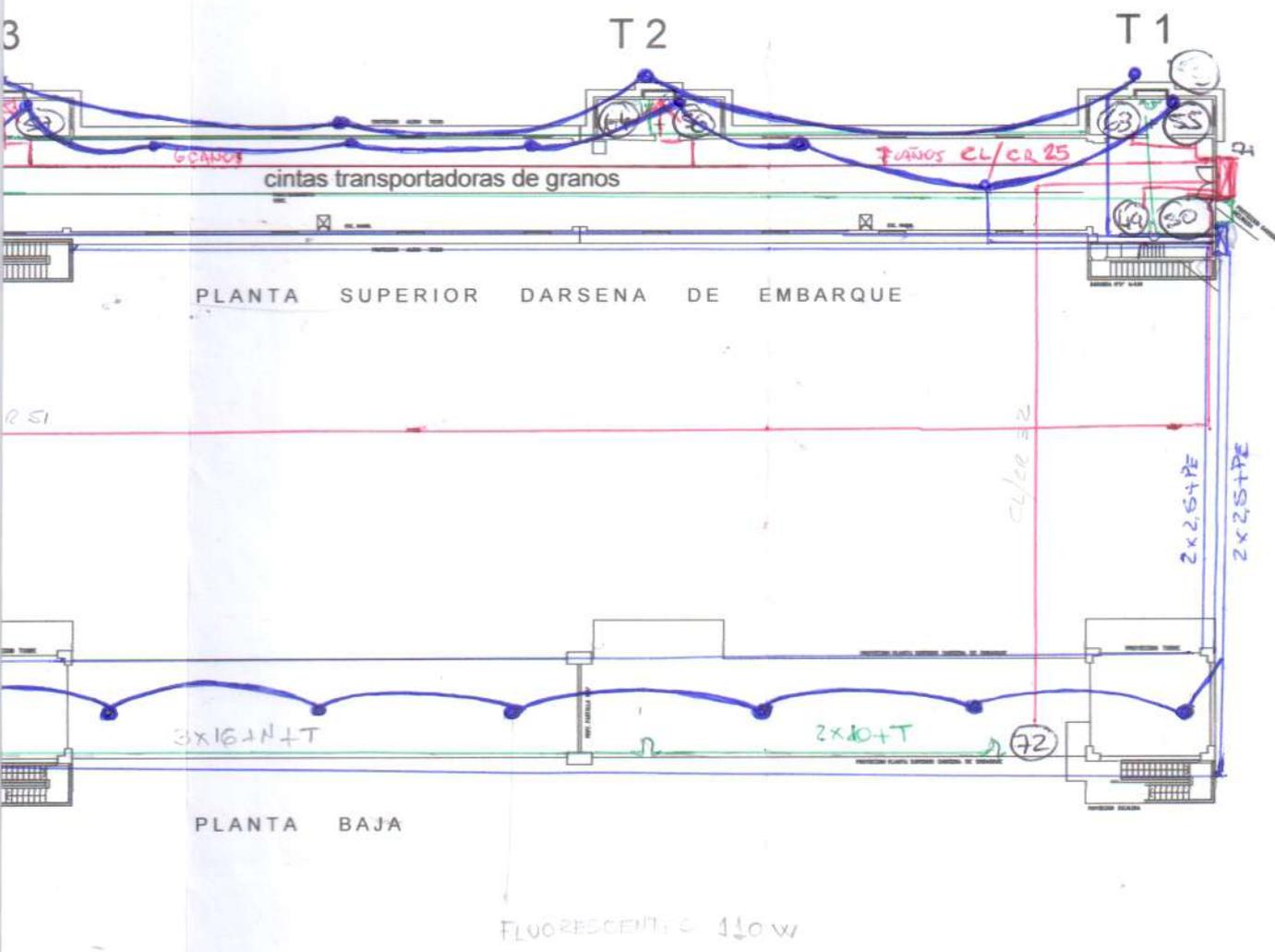






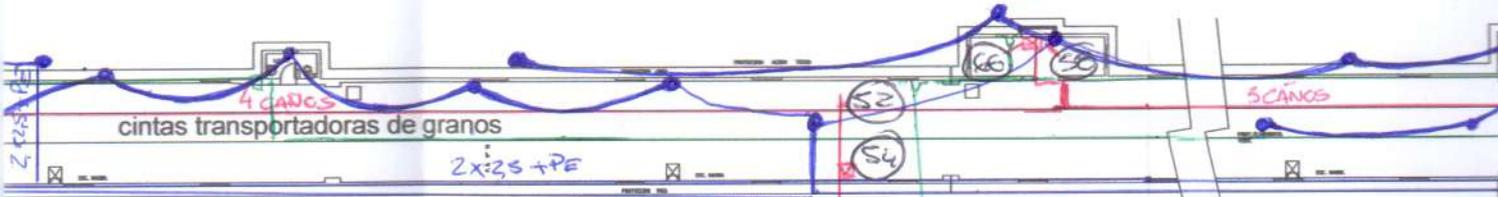


*Anexo 4: Tendidos seccionales, ubicación
de motores y distribución circuitos de
iluminación*

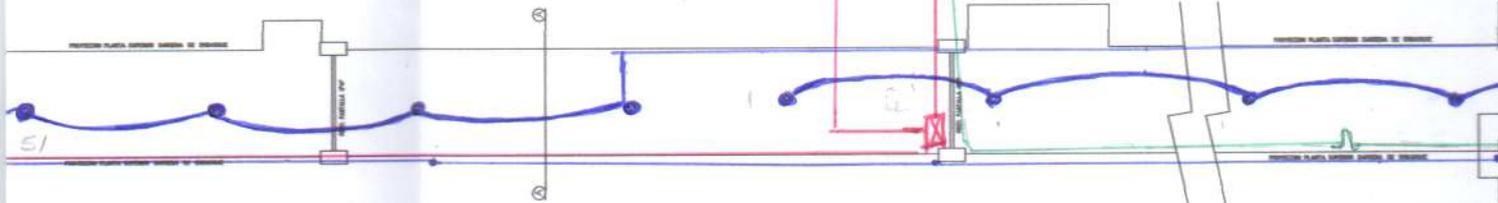


DARSENA DE EMBARQUE

T 4



PLANTA SUPERIOR DARSENA DE EMBARQUE

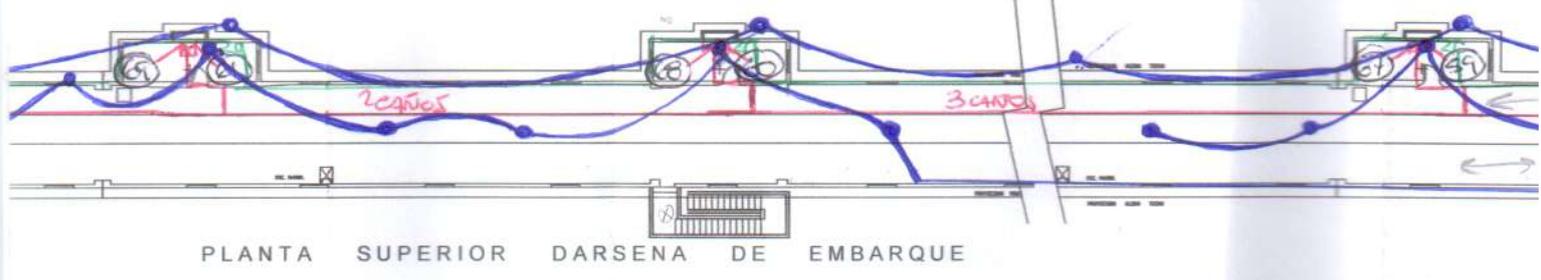


PLANTA BAJA

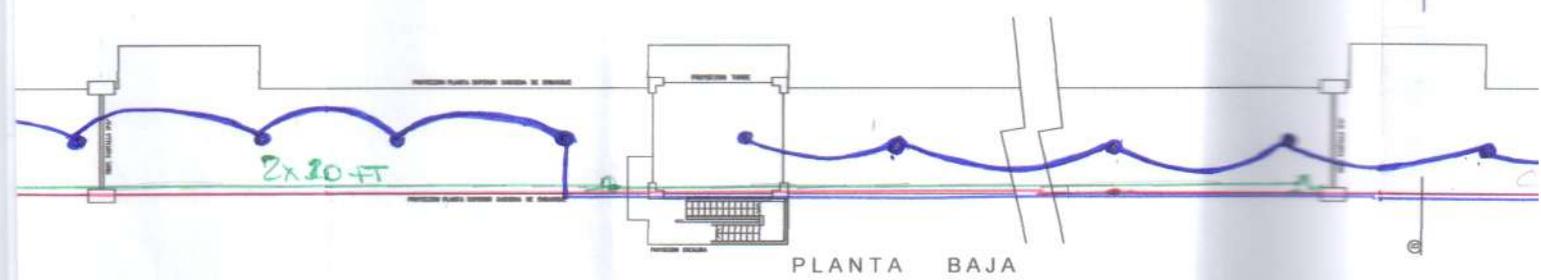
T7

T6

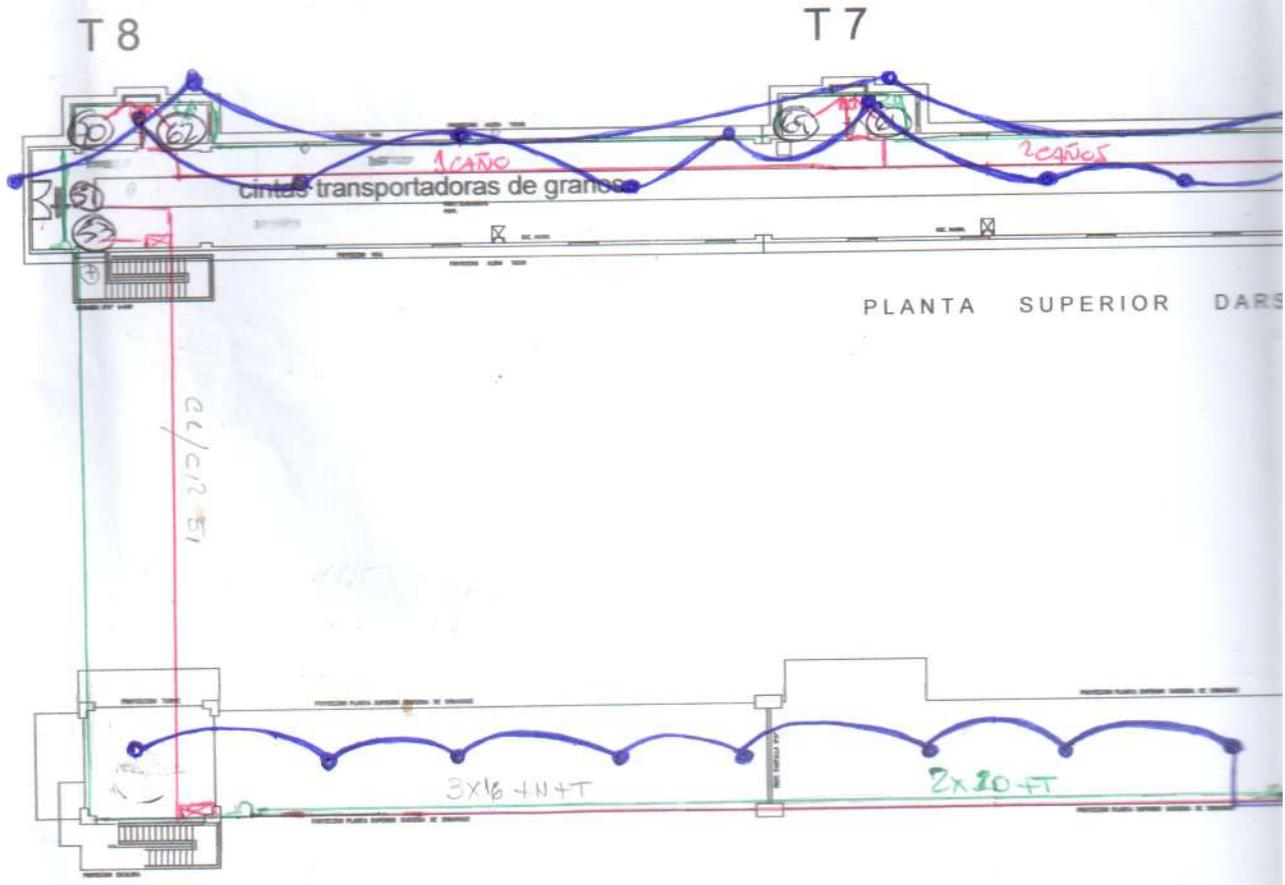
T5

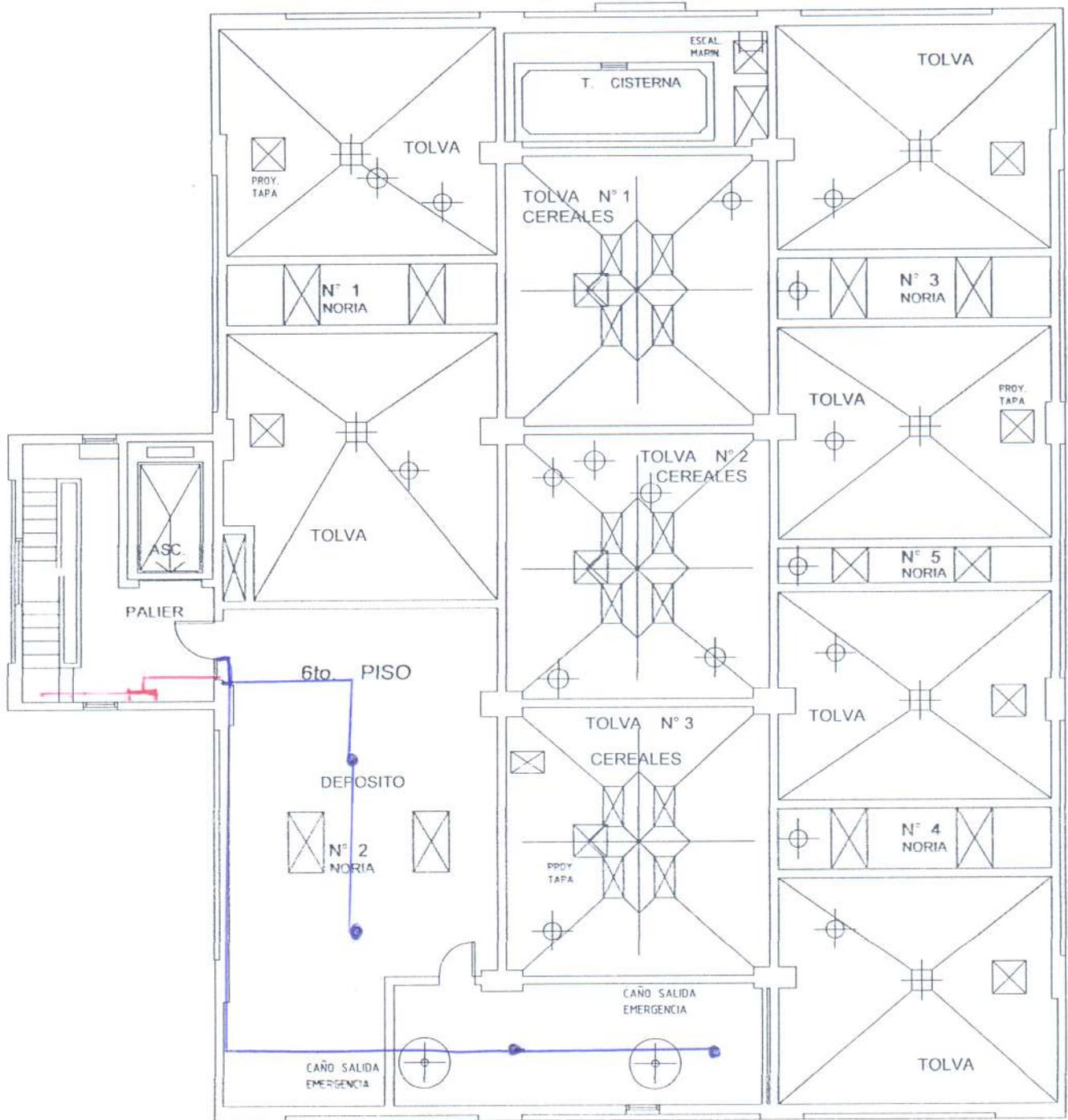


PLANTA SUPERIOR DARSENA DE EMBARQUE



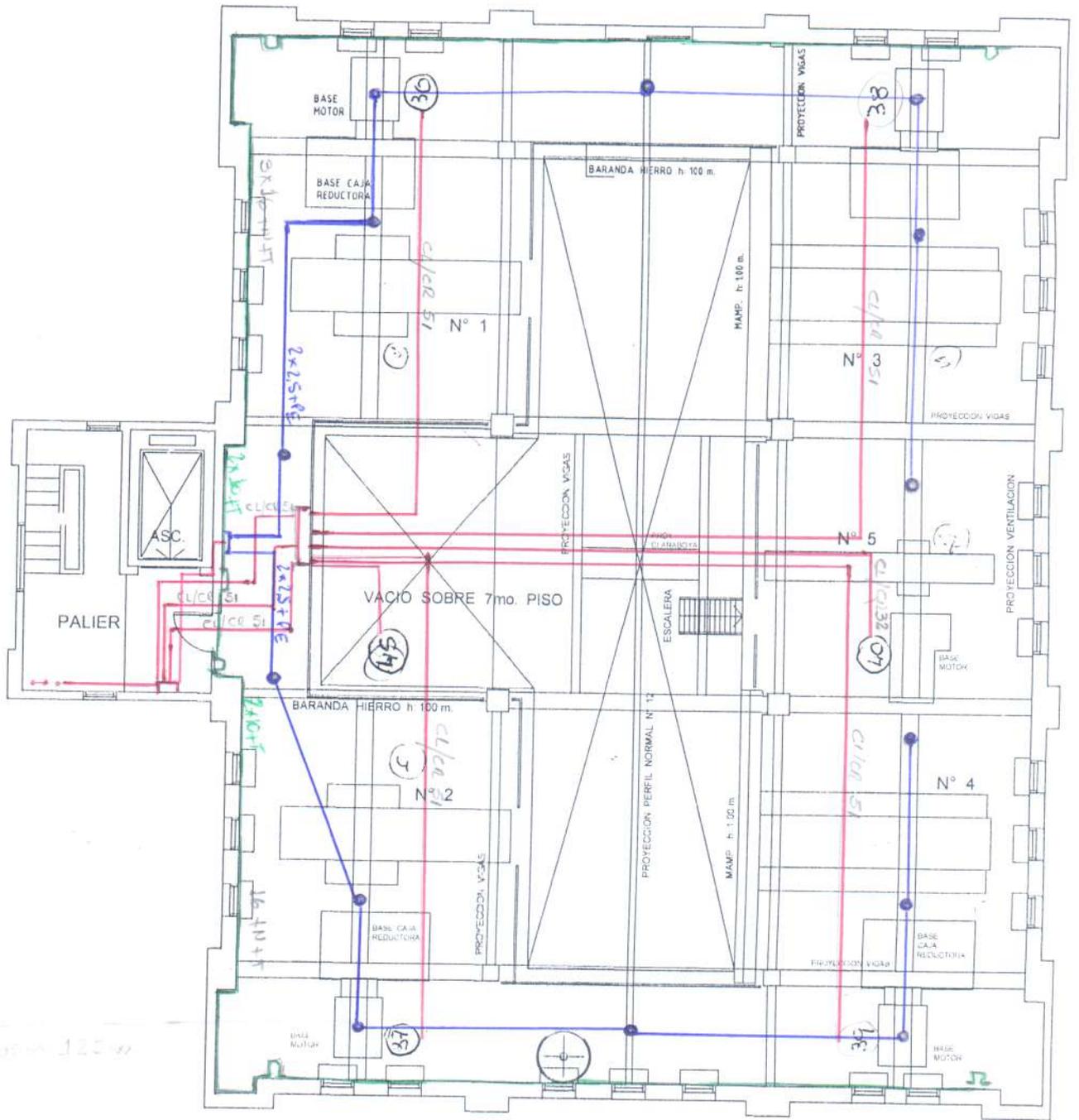
PLANTA BAJA





Esc.1:125

PLANTA 6º PISO - DEPOSITO



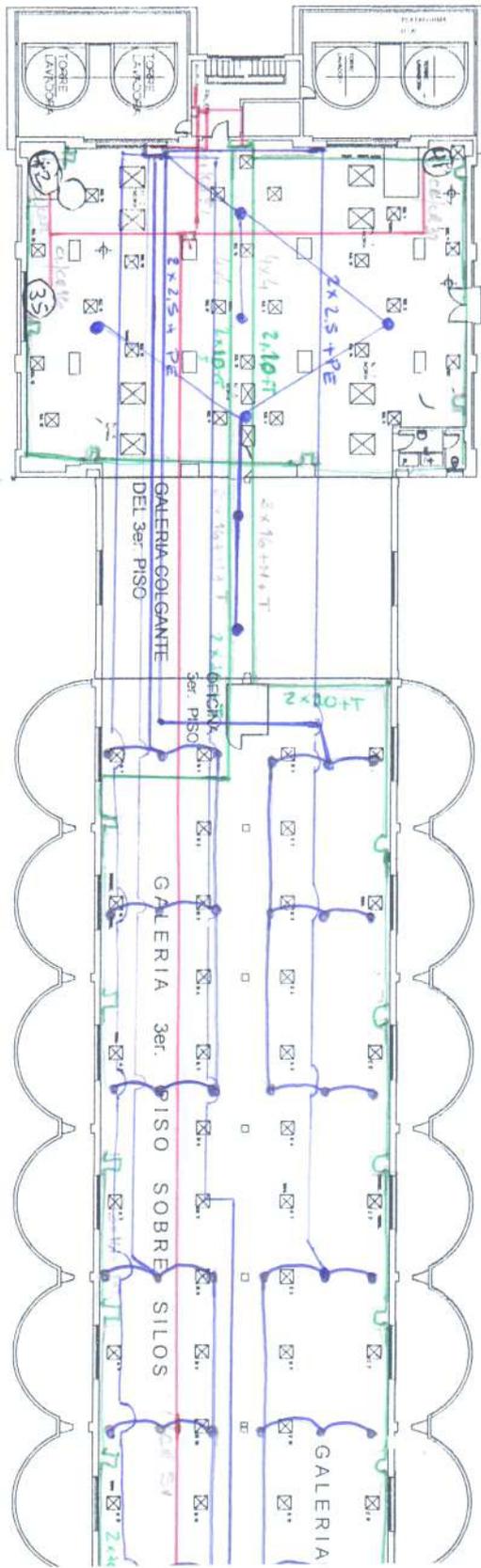
VACIO SOBRE 7mo. PISO

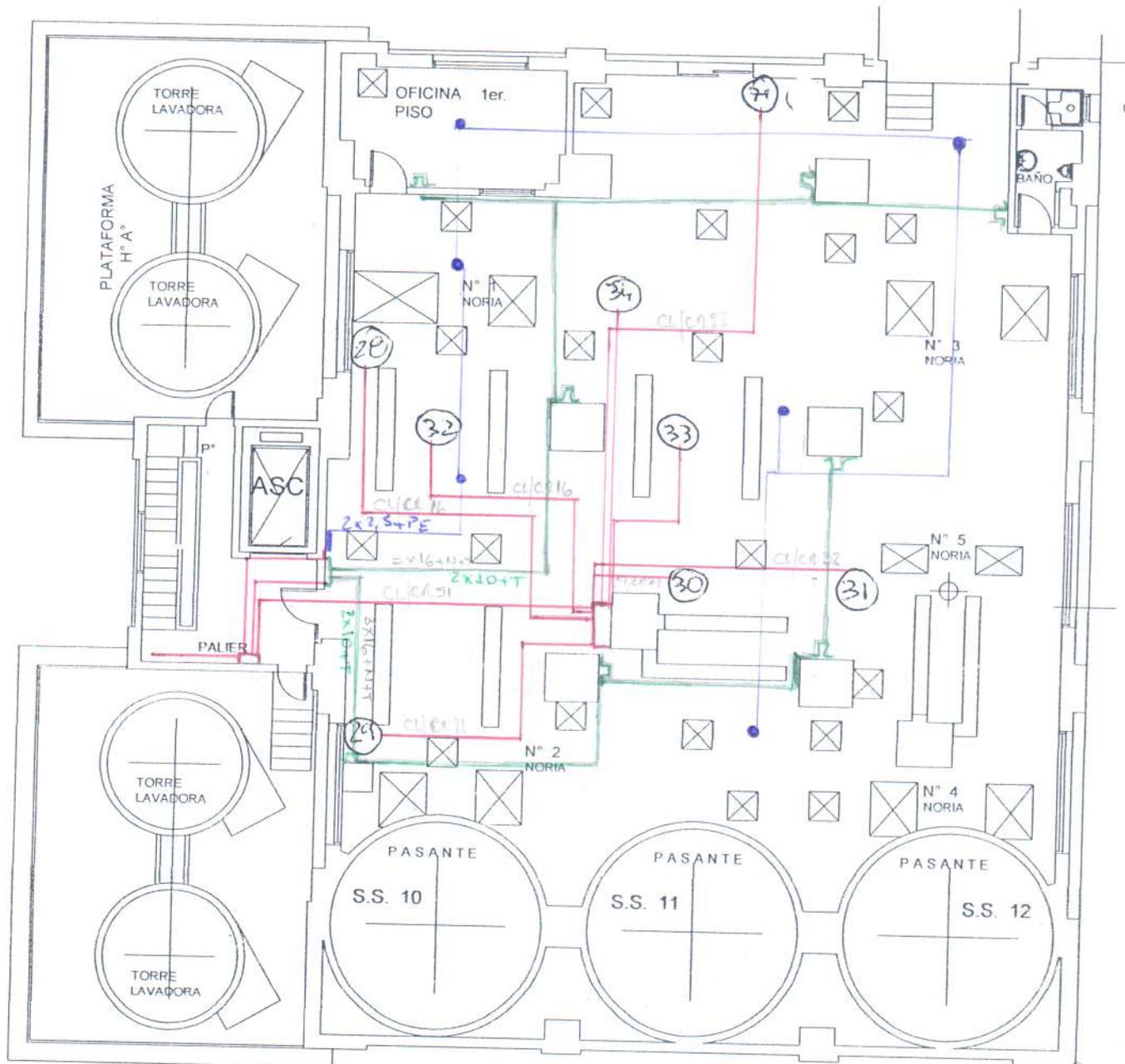
— tomacorriente trifasico
 — tomacorrientes monofasicos

Esc. 1:125

• luminarias

PLANTA 8° PISO - SALA MAQUINAS NORIA





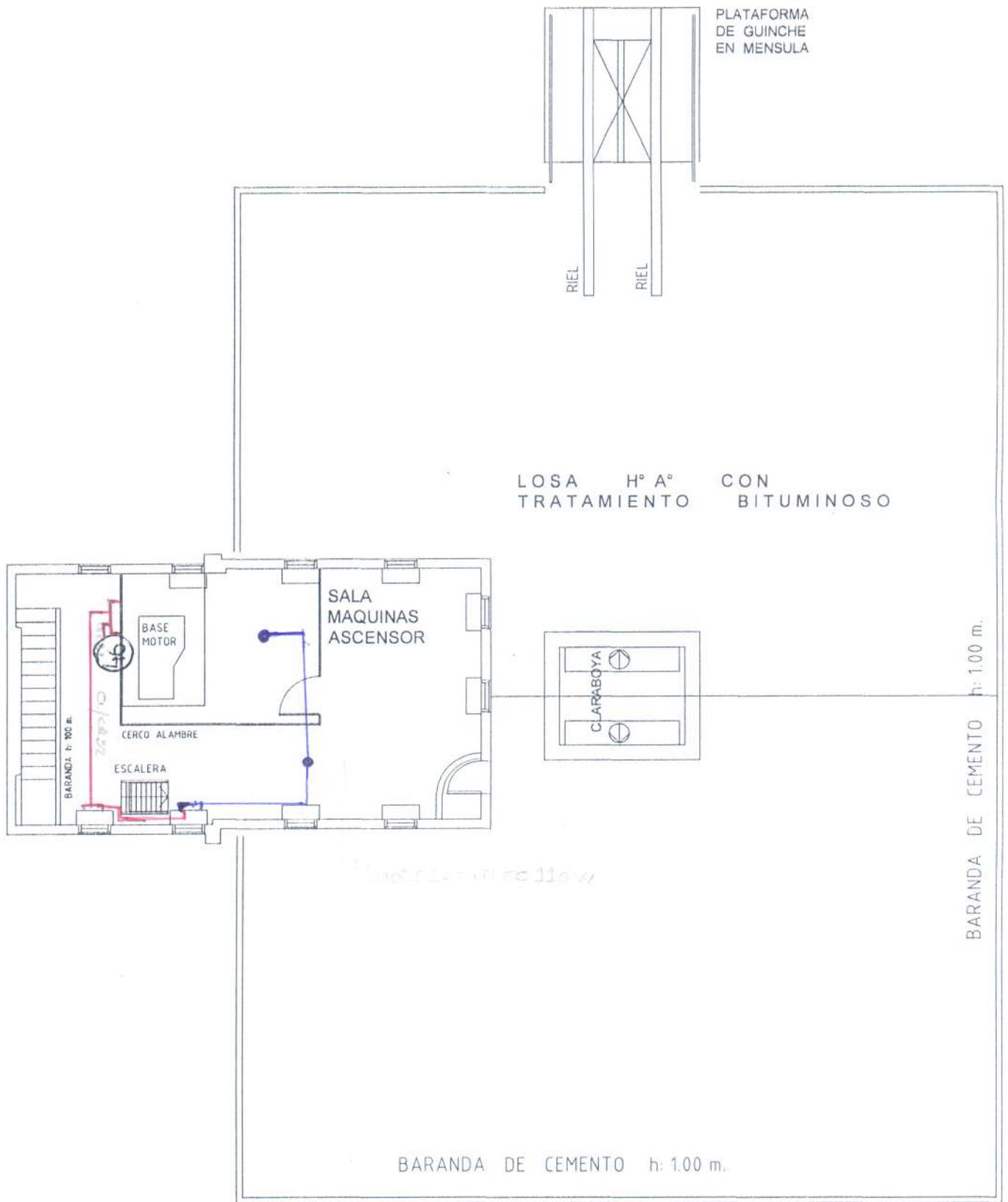
— do tomacorrientes trifasico.

— do tomacorrientes monofasicos

— luminarias

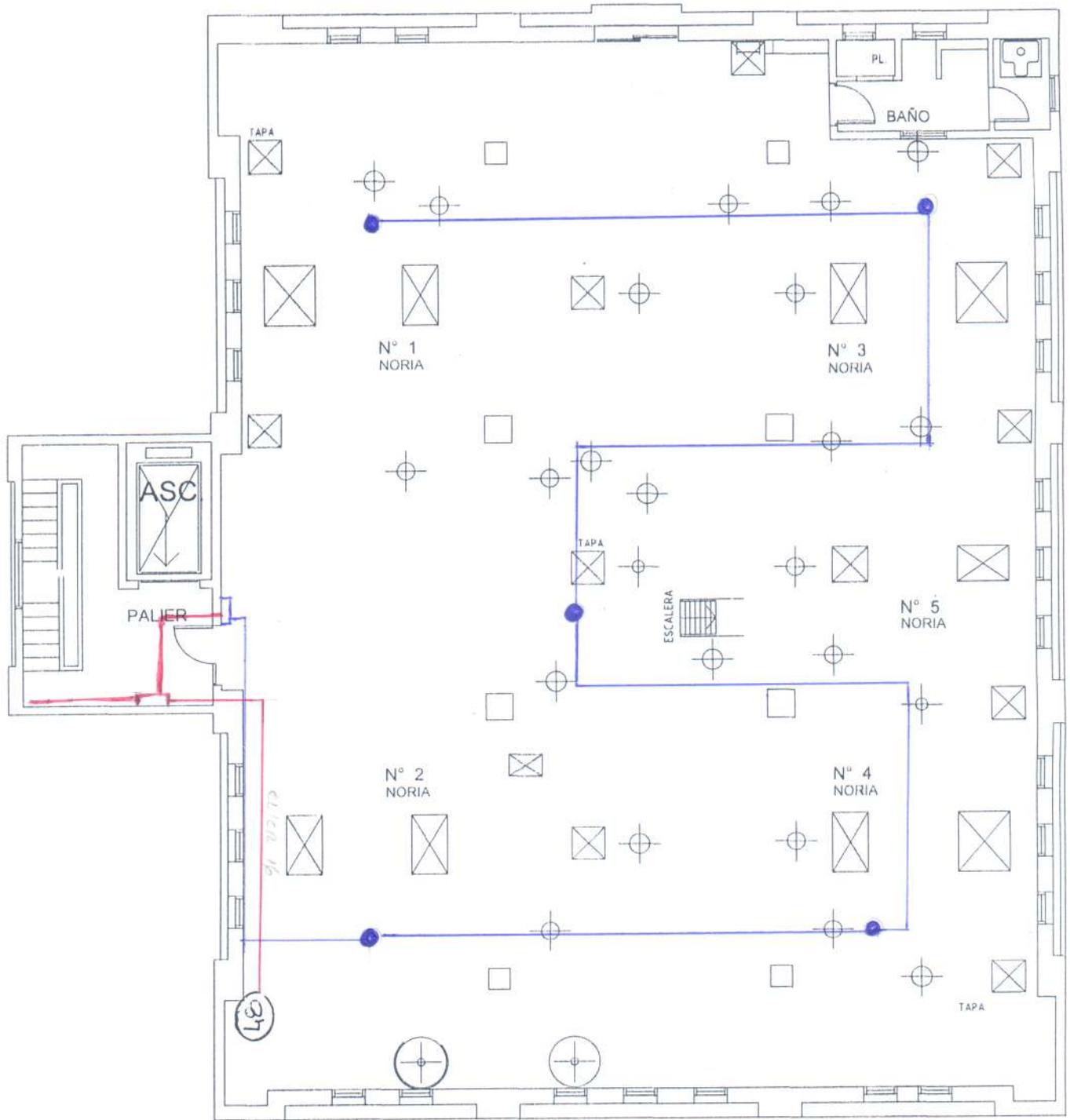
Esc. 1:150

PLANTA 1° PISO - ACCESO A GALERÍA EMBARQUE



Esc.1:125

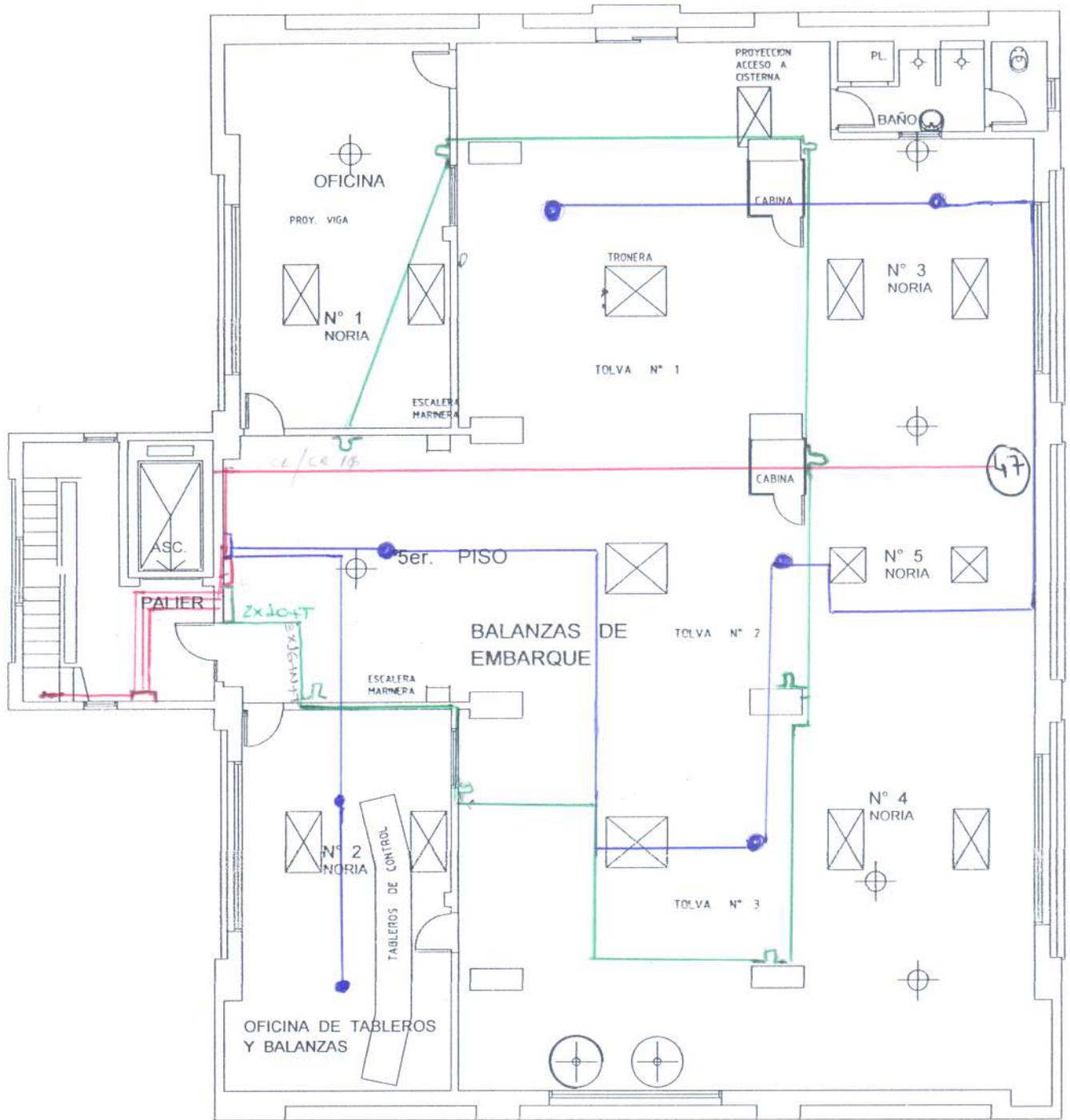
SALA MAQUINAS ASCENSOR - AZOTEA



WATER METER
150 W

Esc.1:125

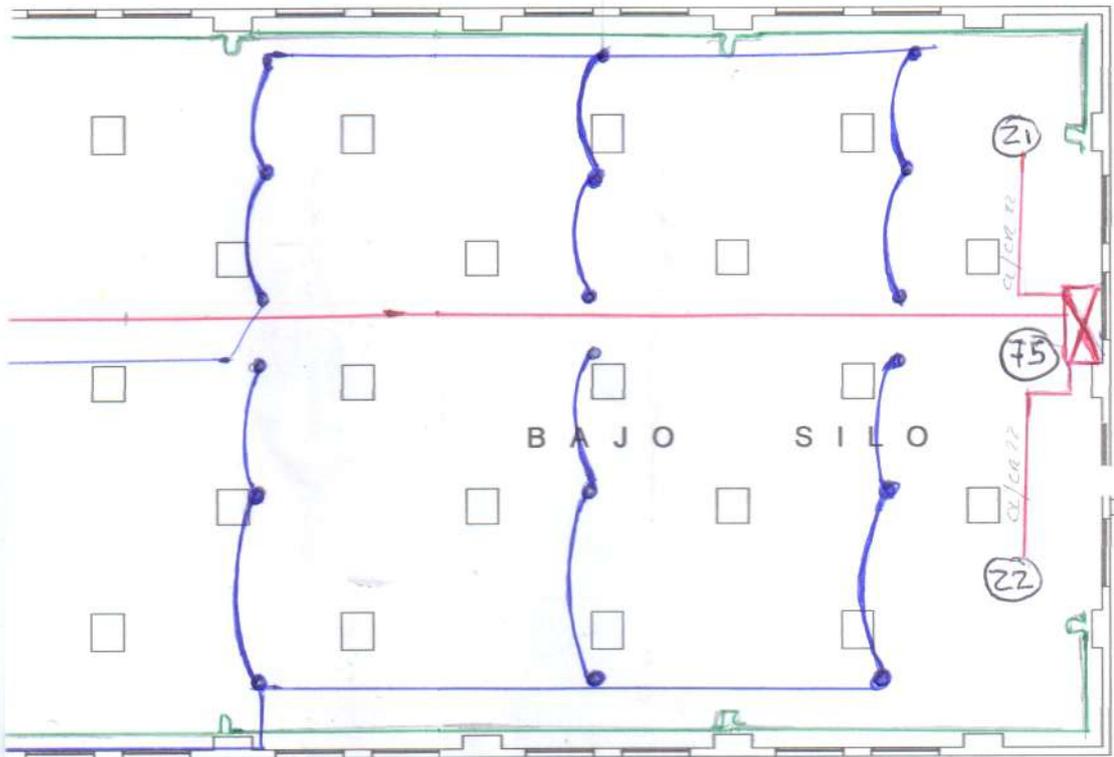
PLANTA 7° PISO - DISTRIBUCIÓN A BALANZAS



Esc.1:125

PLANTA 5º PISO - SALA DE CONTROL/COMANDO

FLUORESCENTES 110 W
TRIFOSFORO



PLANTAS SÓTANO - BAJO SILO

VEREDA

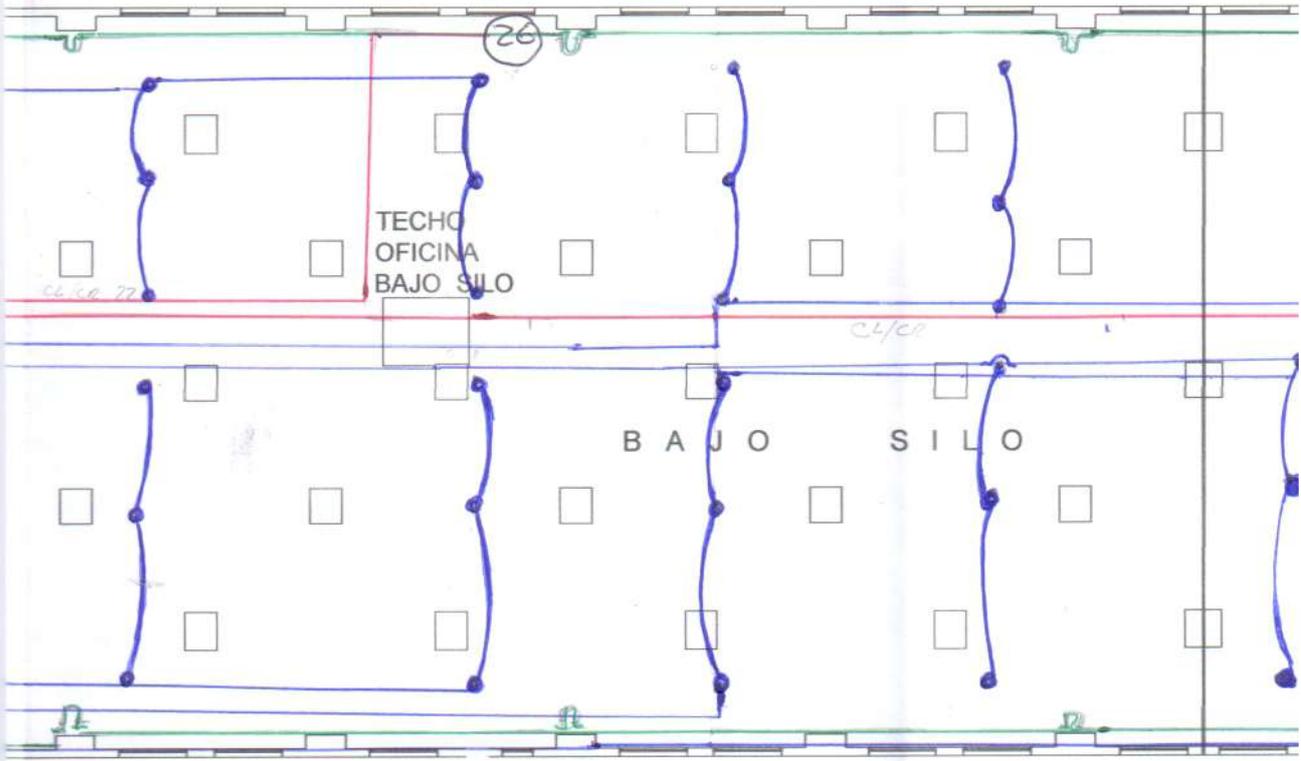
26

TECHO
OFICINA
BAJO SILO

CL/CP 77

CL/CP

B A J O S I L O



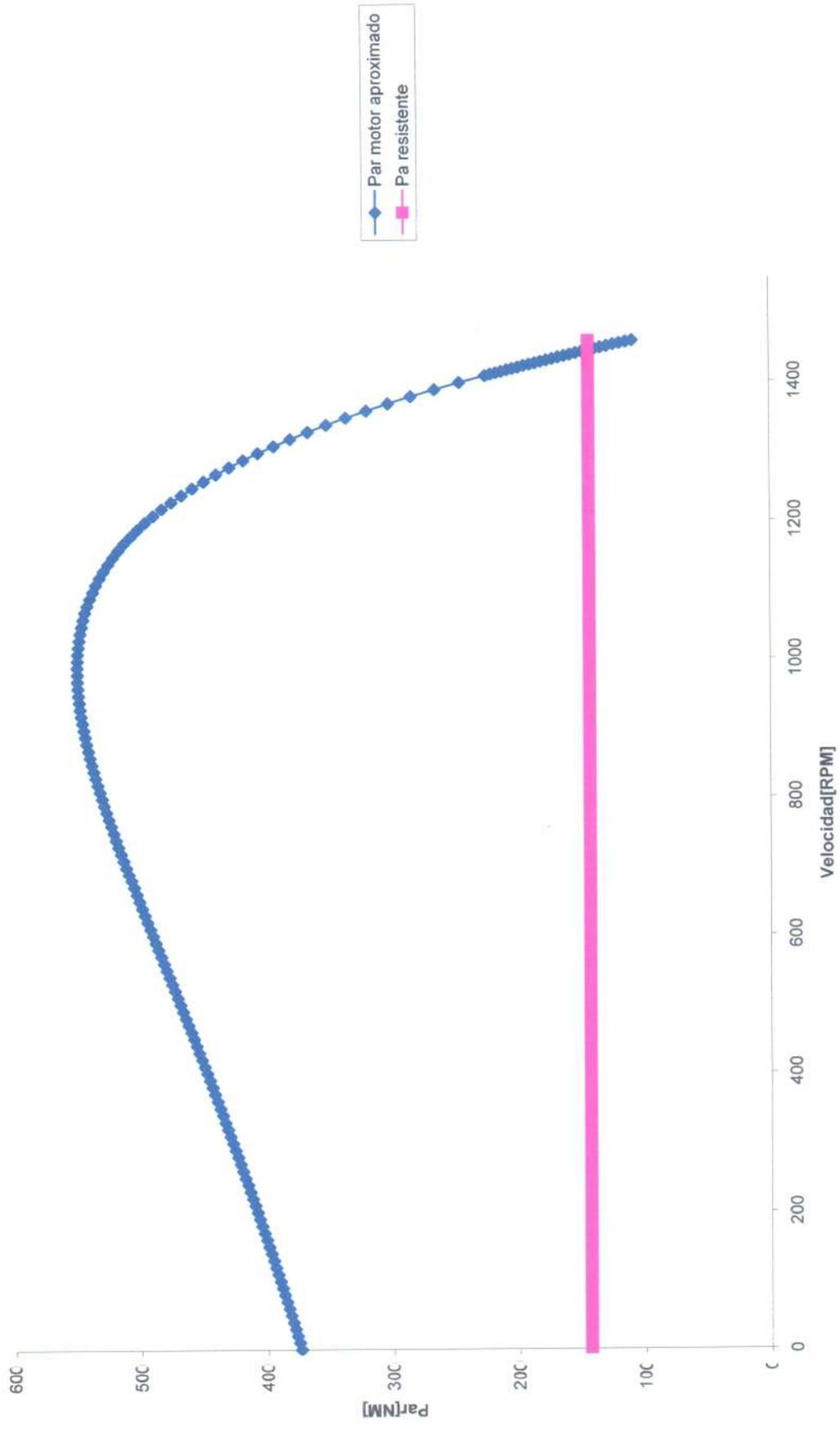
Anexo 5: Esquema topográfico del tablero principal

*Anexo 6 : Análisis de etapas de
compensación*

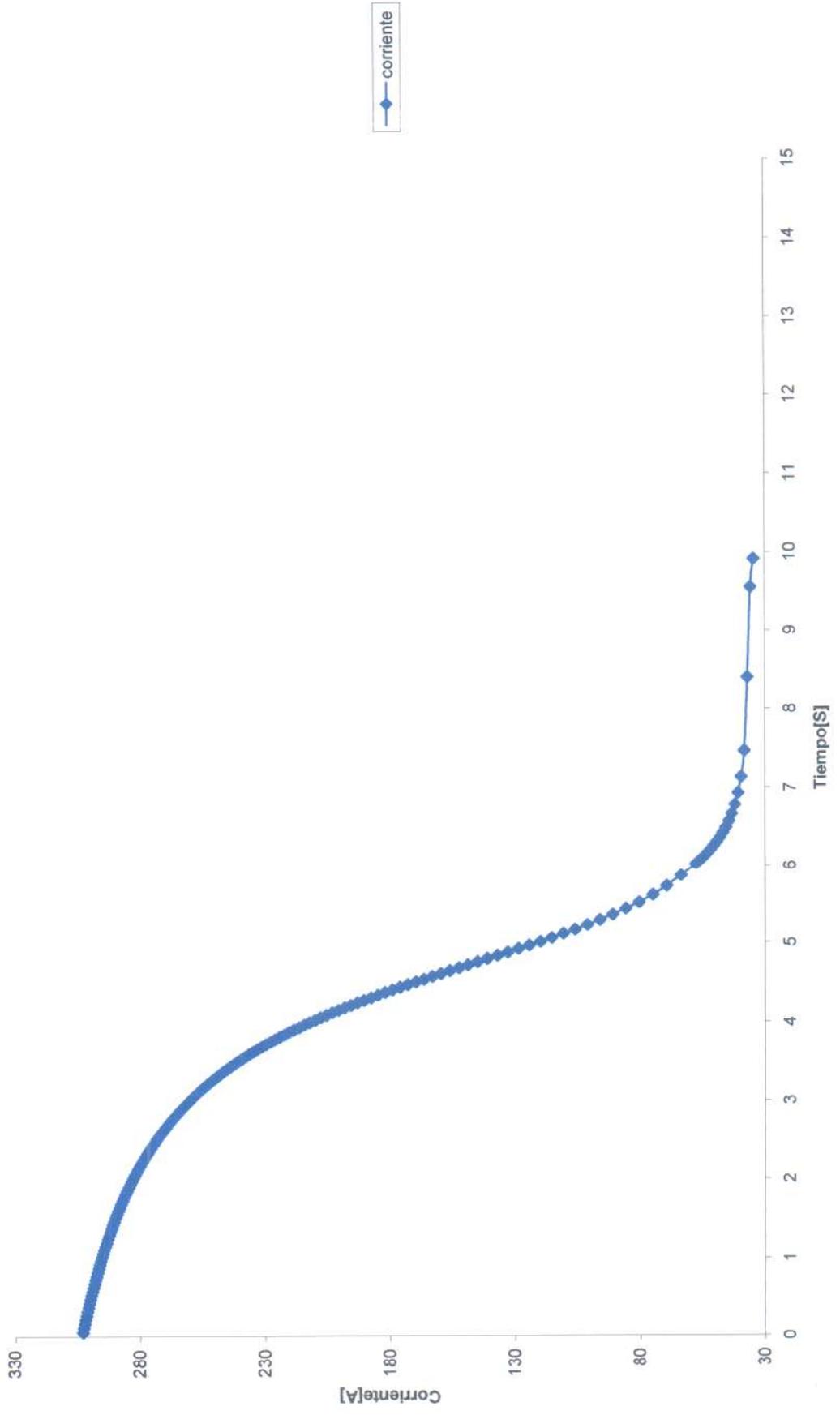
*Anexo 7: Diagramas de flujo del sistema
de automatismo*

Anexo 8: Gráficos de accionamiento

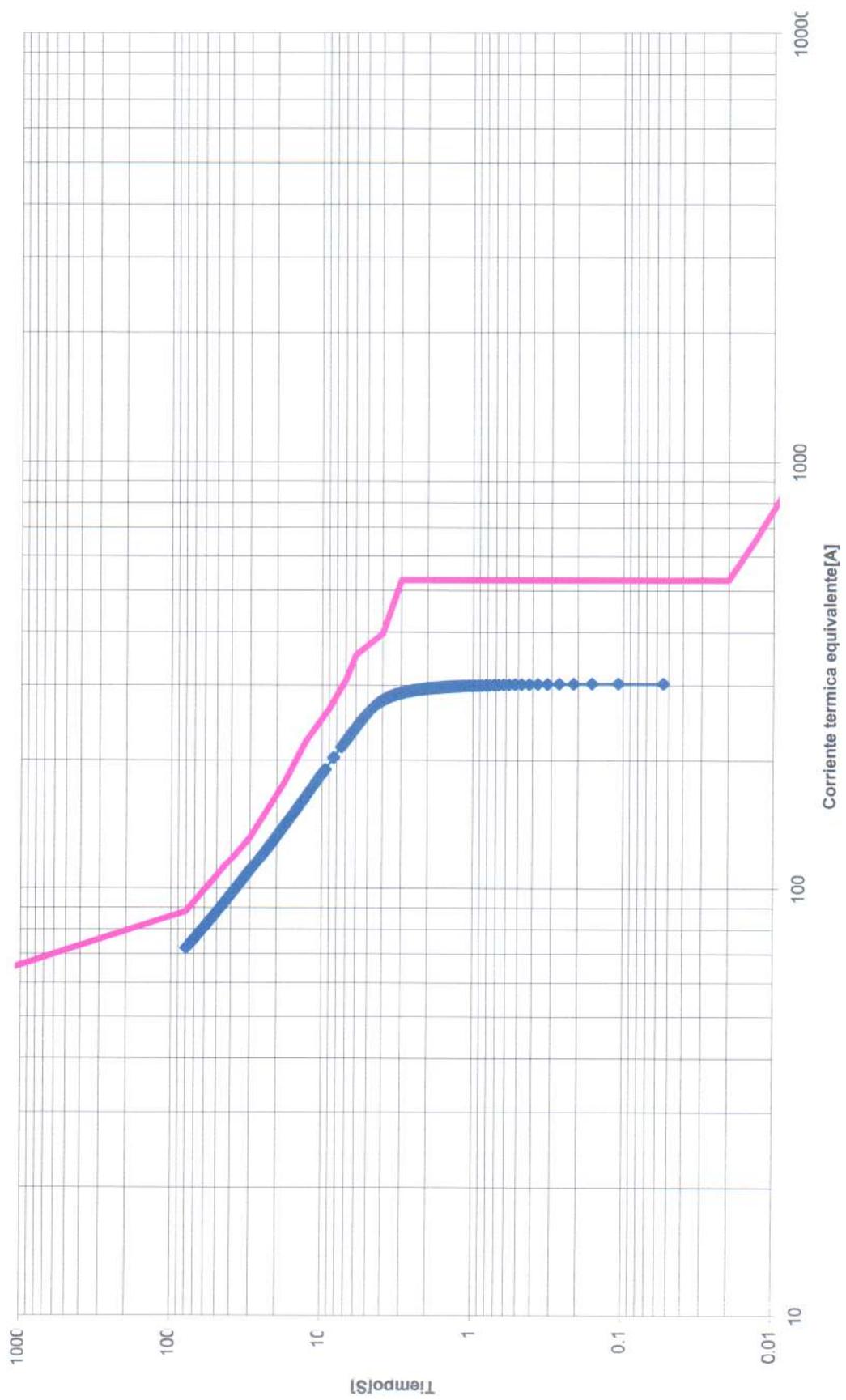
Par motor frente a par resistente



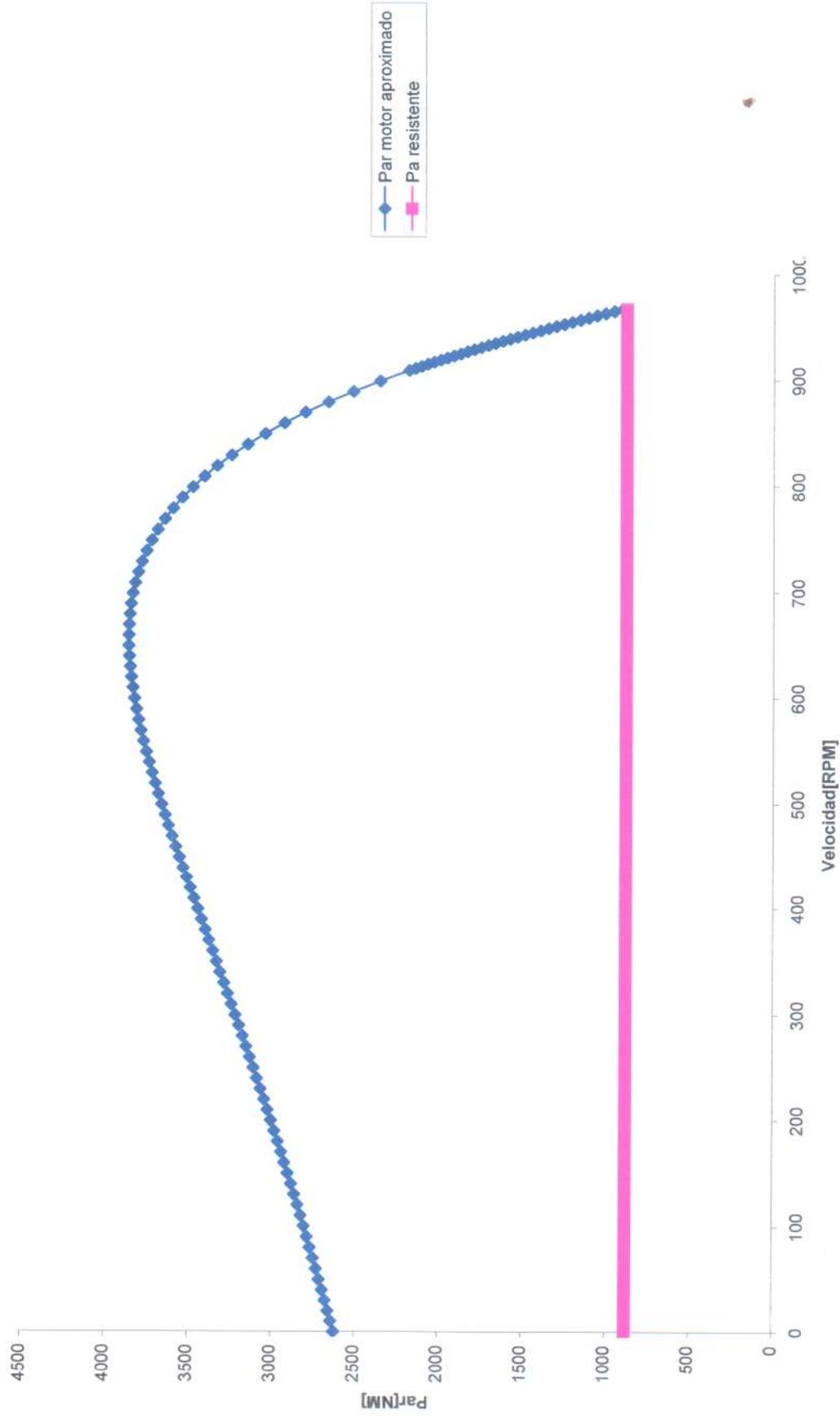
corriente funcion del tiempo



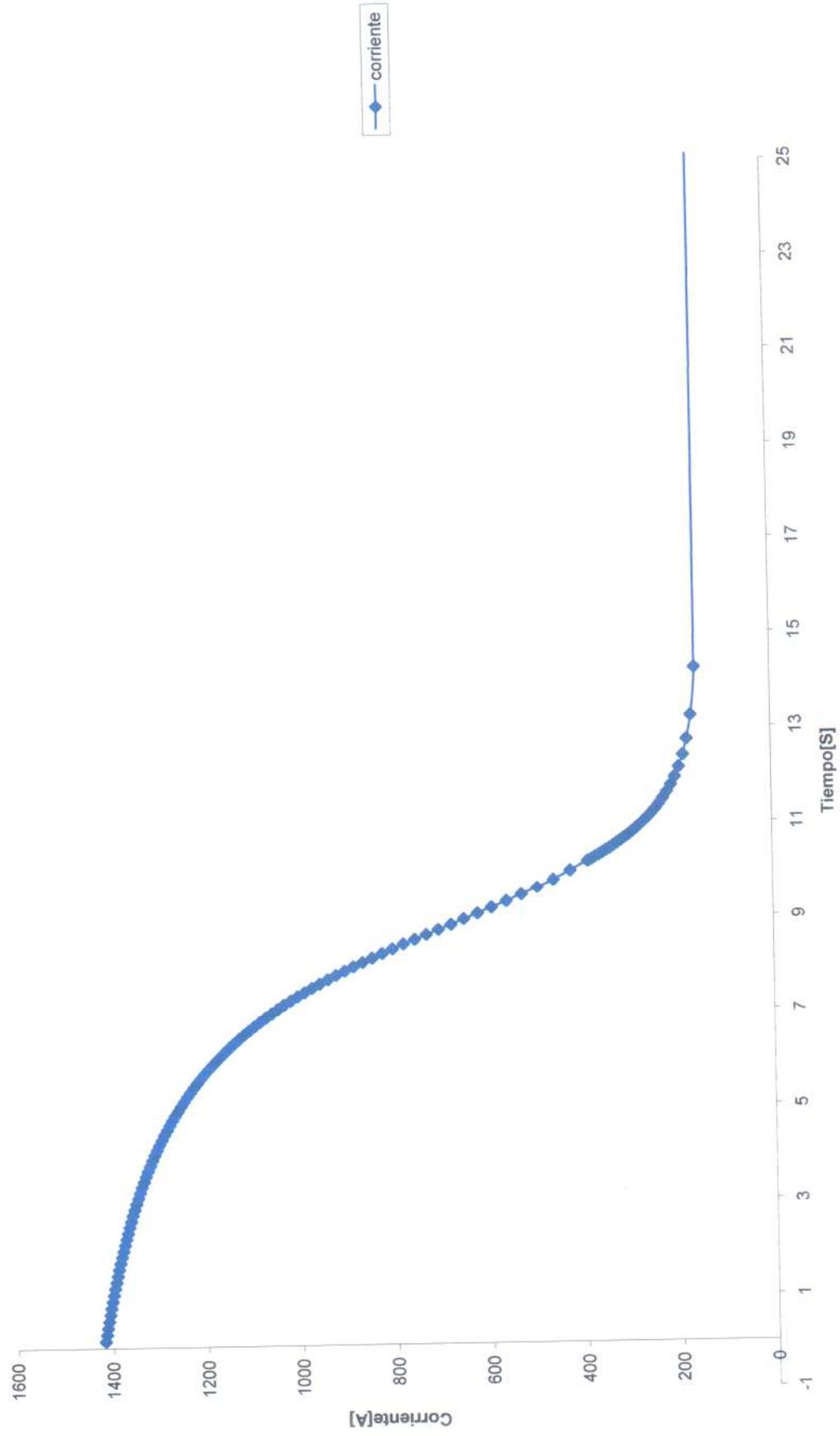
comparativa de corriente equivalente



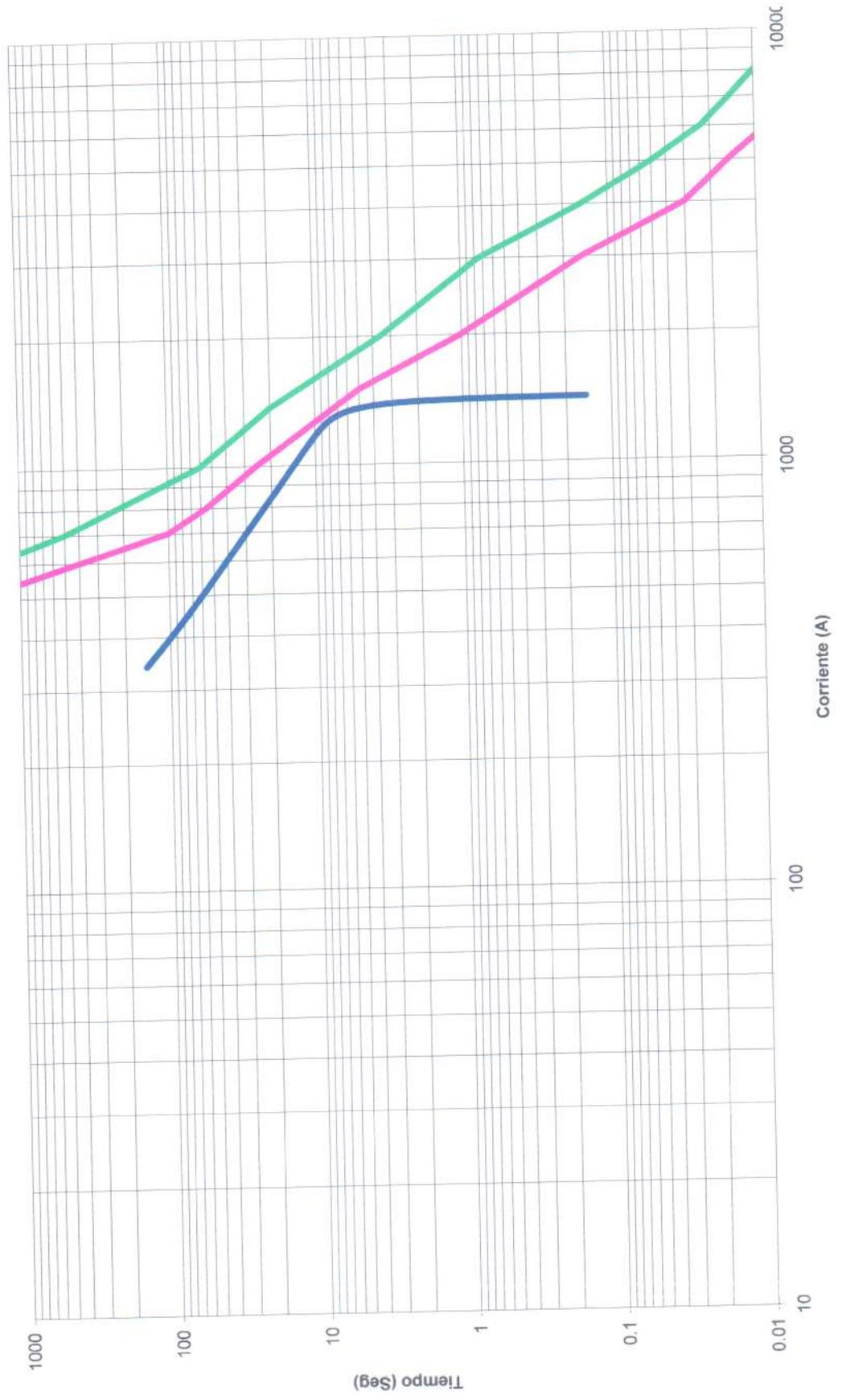
Par motor frente a par resistente



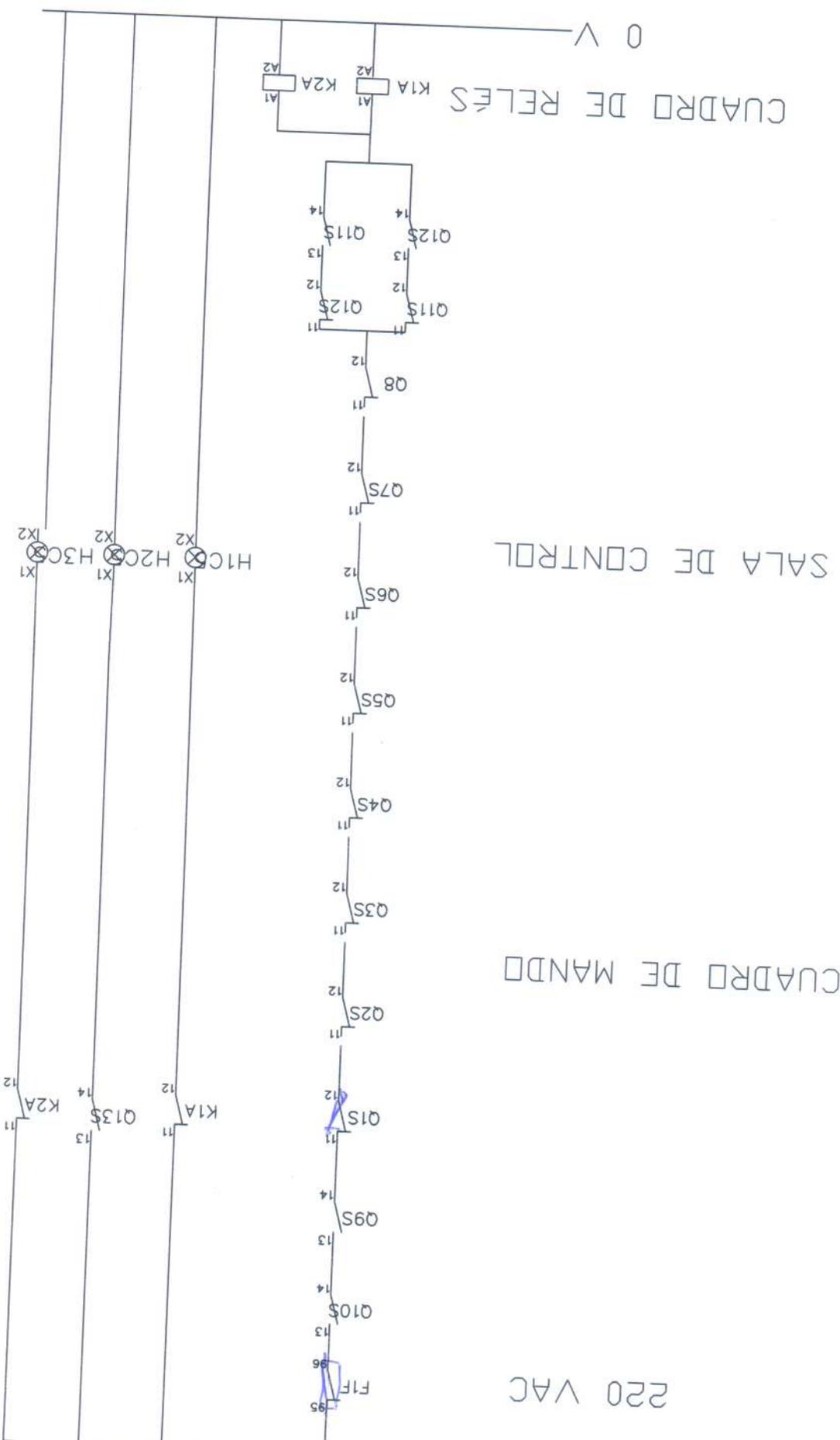
corriente funcion del tiempo



Selectividad en arranque



*Anexo 9: Esquema funcional acople de
barras*



SALA DE CONTROL

CUADRO DE MANDO

220 VAC

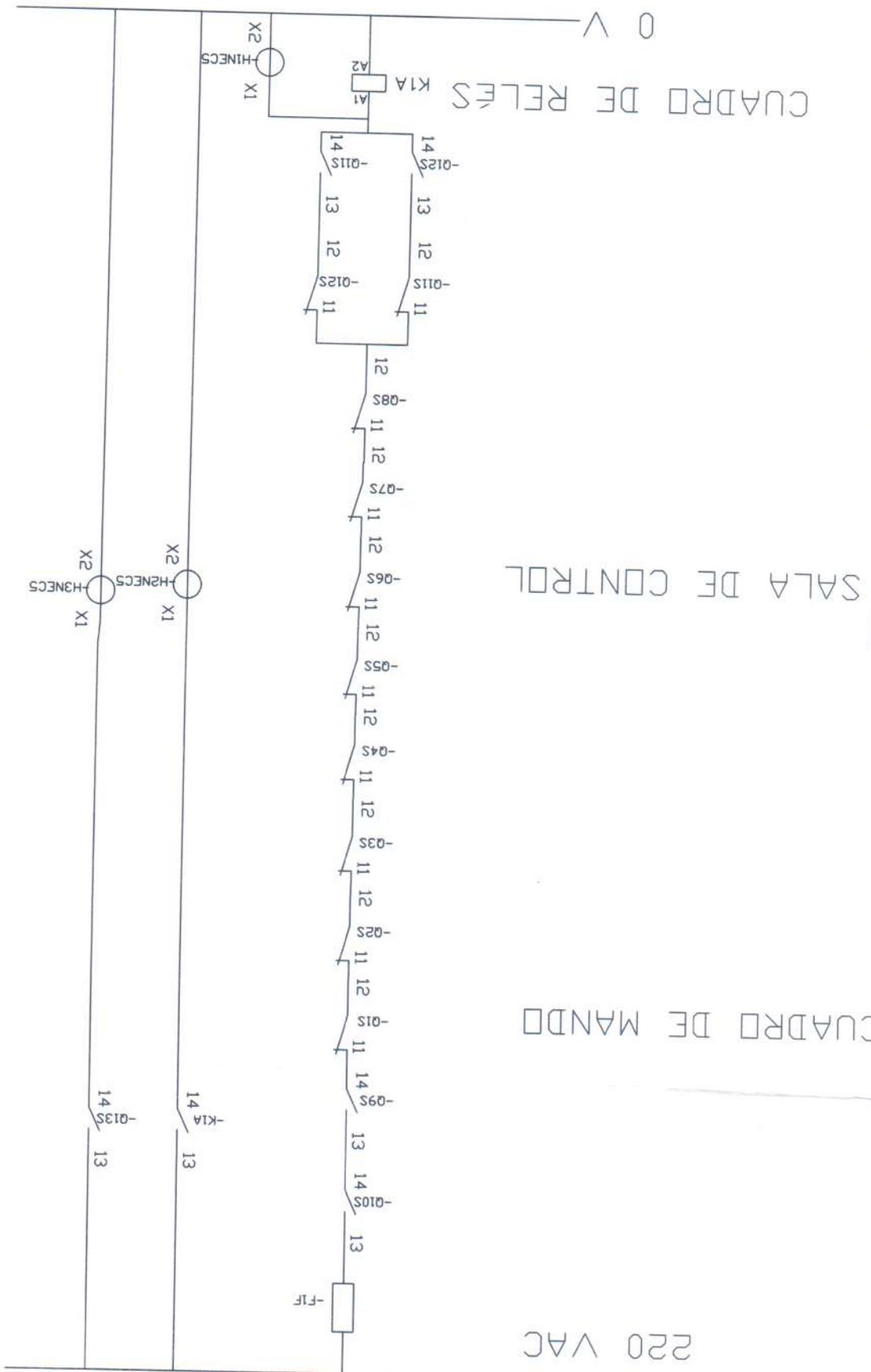
CUADRO DE RELES

0 V

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.	Nº de artículo/Referencia
Diseñado por CACERES RUIZ VESUBIO	Revisado por NOGUERA	Nombre de archivo XXX	Fecha 30/11/2006
Elevadores		ACOPLE BARRAS	
Elevadores		D-167	Lámina 1/1
		Edición 2006	Escala 1:1

MANDO SEÑALIZACIÓN

220 VAC



SALA DE CONTROL

CUADRO DE MANDO

CUADRO DE RELES

0 V

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.	Nº de artículo/Referencia
Diseñado por CRV		Revisado por ING. NOGUERA	Nombre de artículo MOTOR
		Aprobado por - fecha 18/10/2006	Fecha 18/10/2006
			Escala 1:1
		acople barras	
		Edición 2006	Lámina 1/1
		D.-34.2	

CACERES-RUIZ-VESUBIO

acople barras

Edición 2006

Lámina 1/1

D.-34.2

acople barras

SALA DE CONTROL

CUADRO DE MANDO

CUADRO DE RELES

0 V

220 VAC

MANDO SEÑALIZACIÓN

2

8

Anexo 10: Instalación de puesta a tierra.

Según este metodo tendríamos que poner 2 pararrayos en el medio de la torre.
altura de los pararrayos : 8 mt , por recomendacion de fabricante para nivel de proteccion 1

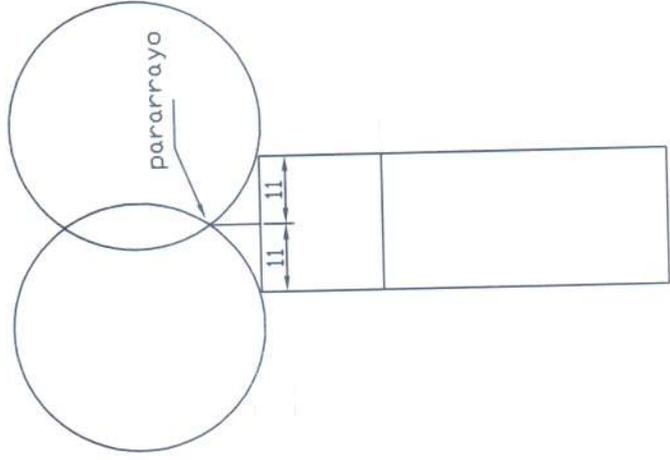
ruedas rodantes

pararrayos

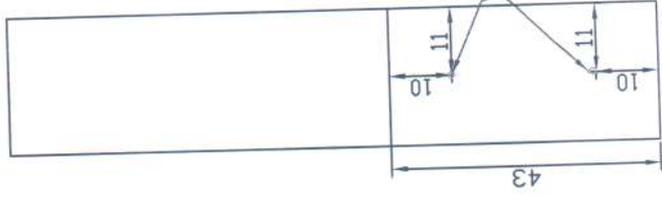
sobre este perimetro se colocaran flejes



vista. frente

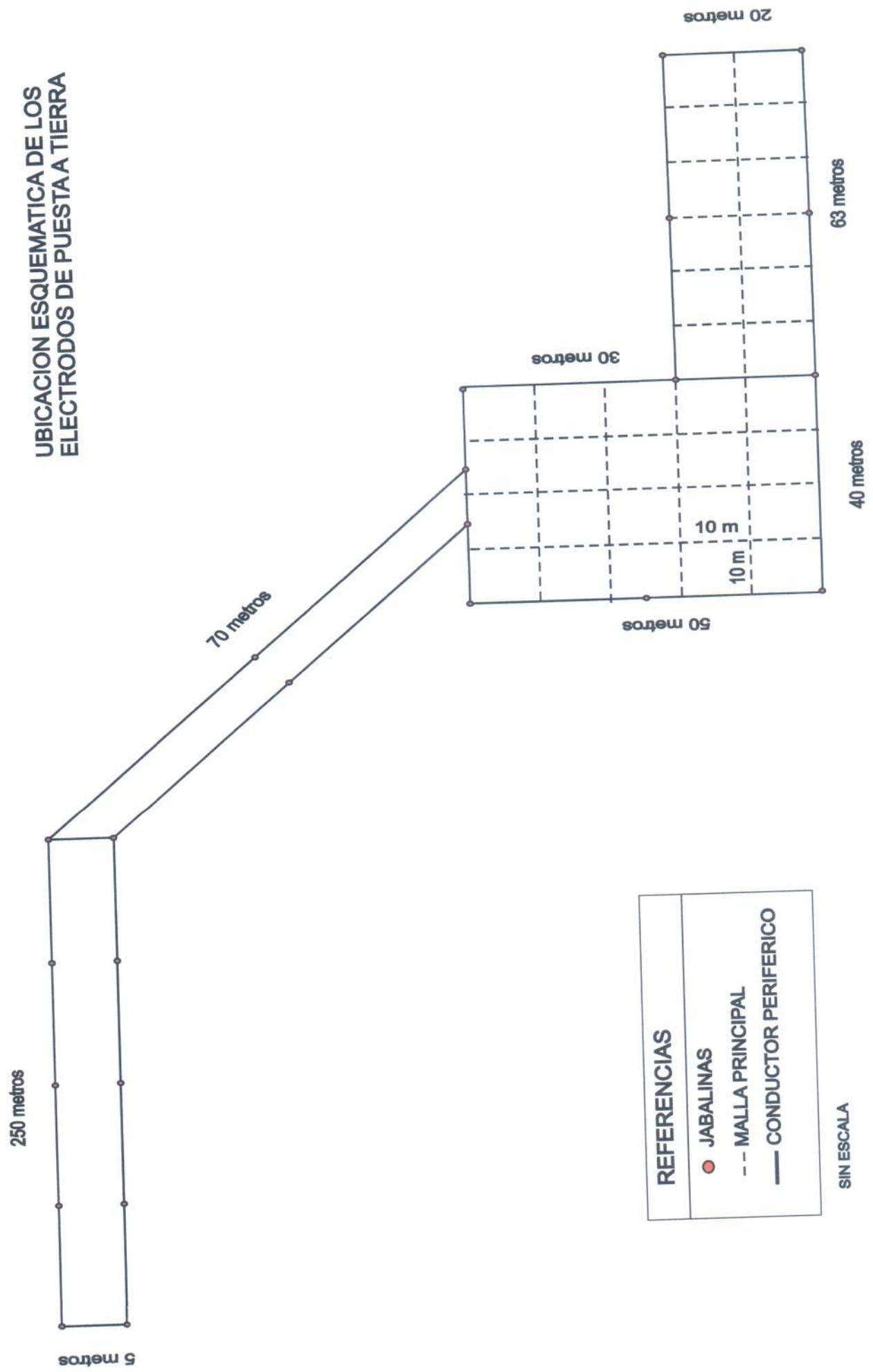


vista lateral



vista en planta de la azotea

UBICACION ESQUEMATICA DE LOS ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA



REFERENCIAS	
●	JABALINAS
- - -	MALLA PRINCIPAL
—	CONDUCTOR PERIFERICO

SIN ESCALA