



Universidad Nacional  
de Mar del Plata



*Facultad de Ingeniería*

Proyecto Final Ingeniería

**ANALISIS DE UNA INSTALACION PARA UNA  
MEJOR RACIONALIZACION DE LA ENERGIA  
ELECTRICA**

Autor del proyecto: Germán Bernabé Figallo  
Carrera Electromecánica  
Matrícula 7224

Tutor de proyecto: Ingeniero Ruben Ferreyra

Fecha:

Calificación:

**AÑO 2005**



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/).



## PROYECTO FINAL

### Análisis de una instalación para una mejor racionalización de la energía eléctrica



#### RESUMEN

El siguiente proyecto surge de la necesidad de cuantificar el estado de la instalación eléctrica del taller de rectificado TecnoPesca Argentina, sito en la calle Alvarado 3545 / 63 de la ciudad de Mar del Plata.

Esta basado en un análisis previó, que se realiza de cada punto específico, tratando de determinar efectivamente el grado de necesidad de adecuar la instalación actual o bien su nueva realización.

Cada tema es tratado a la luz de las Normas en vigencia, dando, con esto, el marco normativo de rigor.

Para cada capítulo se mencionan, en este proyecto, una introducción, situación actual y luego el desarrollo.

Los tópicos tratados son; verificación de conductores; coordinación de protecciones; factor de potencia; verificación del accionamiento del motor del compresor; estado de la iluminación; variaciones de tensión en la red; suministro energético; protección atmosférica e impacto ambiental y social.

Como primera medida se mantuvieron entrevistas con los ingenieros de planta y luego con el propietario de la empresa. Fue mencionado en varias ocasiones la necesidad de observar el estado de la instalación eléctrica del taller y de las condiciones de trabajo, dado que el mismo data de la década de 1930.

Luego a fin de determinar la potencia instalada se efectuó un censo de potencia, del cual no fue posible completar dado que muchas máquinas carecían a la vista del factor de potencia.

A medida que se iba detallando el estado de cada tema en particular; se podía vislumbrar una nueva instalación eléctrica. La falta total de mantenimiento y actualización en muchos aspectos, fue determinante al momento de decidir la concreción de una nueva instalación.

De varias visitas realizadas fue posible determinar cuales eran las

máquinas más utilizadas. Estas mismas eran determinantes al momento de fijar un valor de simultaneidad de los circuitos trazados.

Mediante aproximaciones sobre los factores de potencia, los tiempos de utilización y el detalle de las facturas de consumo eléctrico se logró acertar con cierta exactitud aquellos valores.

Dadas ciertas costumbres que fueron observadas a lo largo de las visitas realizadas, es que se decidió por una distribución de conductores acorde. No solo que, no se previa la posibilidad de la conexión de cierta máquina, sino que, se corrían otras para dar lugar a la nueva. Por esto entonces se optó por esta distribución, totalmente pareja, para dar lugar a aquellas costumbres.

En muchas ocasiones fue necesaria la consulta con personal de la Cooperativa de Electricidad Mar del Plata, a través de su Gerente Técnico, quienes muy amablemente, brindaron toda la información necesaria para el tratamiento de la coordinación de todas las protecciones con los elementos dispuestos por esa cooperativa.

Dentro del tema de coordinación de protecciones y juntamente con lo mencionado en el capítulo de puesta a tierra se recomienda la utilización, en ciertos circuitos, de interruptores diferenciales superinmunizados a fin de minimizar posibles disparos intempestivos o su bloqueo temporal.

En el capítulo coordinación de protecciones al momento de proteger el equipo rectificador, fue necesario recurrir a dos aspectos sobresalientes del mencionado equipo; el límite de sobrecarga en caliente del transformador y de la utilización de fusibles ultrarápidos (aR) con el objeto de proteger el elemento más sensible del rectificador; el diodo. Ambas curvas están trazadas en el diagrama de coordinación del mencionado circuito.

Dentro del capítulo de "energía



## PROYECTO FINAL

### Análisis de una instalación para una mejor racionalización de la energía eléctrica



reactiva" se desarrolla la corrección del factor de potencia, el cual era inminentemente necesario dado que se

venía pagando desde años atrás multas por excesos de consumo.

En cuanto al tratamiento sobre el accionamiento del motor del compresor, este fue necesario desde el momento en que se observó como el mismo, afectaba la iluminación; tanto en el momento del arranque como durante su funcionamiento normal. Las herramientas desarrolladas en la materia Accionamientos Eléctricos fueron de gran ayuda en la posibilidad de la elección de otro método de arranque. Para su desarrollo con cierto rigor fue necesario relevar las dimensiones de las distintas partes mecánicas que el mencionado motor accionaba; esto último con el objeto de obtener un valor de momento de inercia real; variable de la cual depende el tiempo de arranque.

Luego de realizar las aproximaciones necesarias para la simulación del arranque de logró llegar a un resultado positivo, en virtud de contar con la posibilidad de accionar al motor mediante una configuración de arranque estrella-triángulo.

Al momento de cumplir con lo establecido por la Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo, fue necesario verificar los valores de iluminación presentes en cada área de trabajo. Las mediciones se realizaron mediante la utilización un luxómetro, en dos momentos del día. Los valores que se obtuvieron para cierto horario, resultaron muy por debajo de lo requerido; llegando a un nuevo proyecto luminotécnico desarrollado en su capítulo.

En lo que respecta a protección atmosférica, inexistente, fue totalmente remitido a lo establecido por las Normas IRAM 2184 (1996), dado que según los parámetros que establece la

Reglamentación de Instalaciones Térmicas, Eléctricas y de Inflamables del Partido de General Pueyrredón no es necesaria. Este último tema va fuertemente unido con la puesta a tierra, la cual, en si, estaba dentro de los valores permisibles ( $6\Omega$ ), pero sin la

protección de respaldo necesaria para prevención de accidentes a personas, animales y/o incendios.

La medición de la resistencia de puesta a tierra fue realizada mediante un telurímetro, con el método de las dos electrodos; luego que todas las tareas habían cesado y no había más personal en el área de trabajo. Para ello fue levantado el borne de conexión más próximo y accesible a la tierra.

En lo que refiere a análisis económicos se mencionan las opciones sobre equipos de corrección de factor de potencia, mencionando las posibilidades de no compensar, compensar individual-grupal, compensar fijo y automático, a un plazo de diez años. Por otro lado se realizaron los cálculos necesarios a fin de mencionar los valores óptimos de contratación de potencia dentro de su tarifa para minimizar cualquier multa por exceso de potencia.

Finalmente se confeccionó el plano de instalación eléctrica, con; planta del taller detallando fuerza motriz y otra de iluminación y tomacorrientes; planta de puesta a tierra y diagrama unifilar.

## CONCLUSION

Este proyecto de instalación eléctrica llevado a cabo de acuerdo a lo Reglamentado, lleva al mejor desempeño de todas las tareas en función del desarrollo de un mejor ambiente y clima laboral. Esto redundo, por ende, en un mejor aprovechamiento de todos los recursos disponibles por la planta, aumentando la eficiencia y la eficacia de las tareas realizadas.

## INDICE

<b>TEMARIO</b>	<b>PAGINA</b>
Objetivos del proyecto final	I
Introducción	II – VII
Elección y verificación de conductores	1 – 23
Coordinación de protecciones	24 – 56
Corrección de factor de potencia (análisis económico)	57 – 68
Accionamiento del motor del compresor de aire	69 – 91
Cálculo de iluminación	92 – 105
Variaciones de tensión en la instalación	106 – 111
Suministro energético (análisis económico)	112 – 117
Protección atmosférica	118 – 123
Sistema de puesta a tierra	124 – 130
Costos de la instalación	131 - 133
Impacto ambiental y social	134 – 137
Bibliografía	138
Agradecimientos	139

## OBJETIVOS

Los objetivos dentro de este trabajo son:

- Darle a la instalación el marco legal que determinan las normas.
- Mejorar la calidad del servicio eléctrico.
- Proveer de una mayor versatilidad a la instalación en cuanto a la ampliación de potencia instalada.
- Brindar y asegurar las normas de prevención mínimas de seguridad para las personas y los animales.
- Obtener un confort visual y un nivel de iluminación acorde a las tareas que se realizan.
- Reducir los costos por multas por exceso de potencia reactiva, y de potencia demandada.
- Generar una conciencia colectiva en cuanto a la seguridad en el manejo, manipulación y operación de las distintas máquinas herramientas.
- Disminuir las fluctuaciones de tensión.

Se considera que la concreción efectiva de la instalación eléctrica conllevará al logro de los objetivos enunciados más arriba.

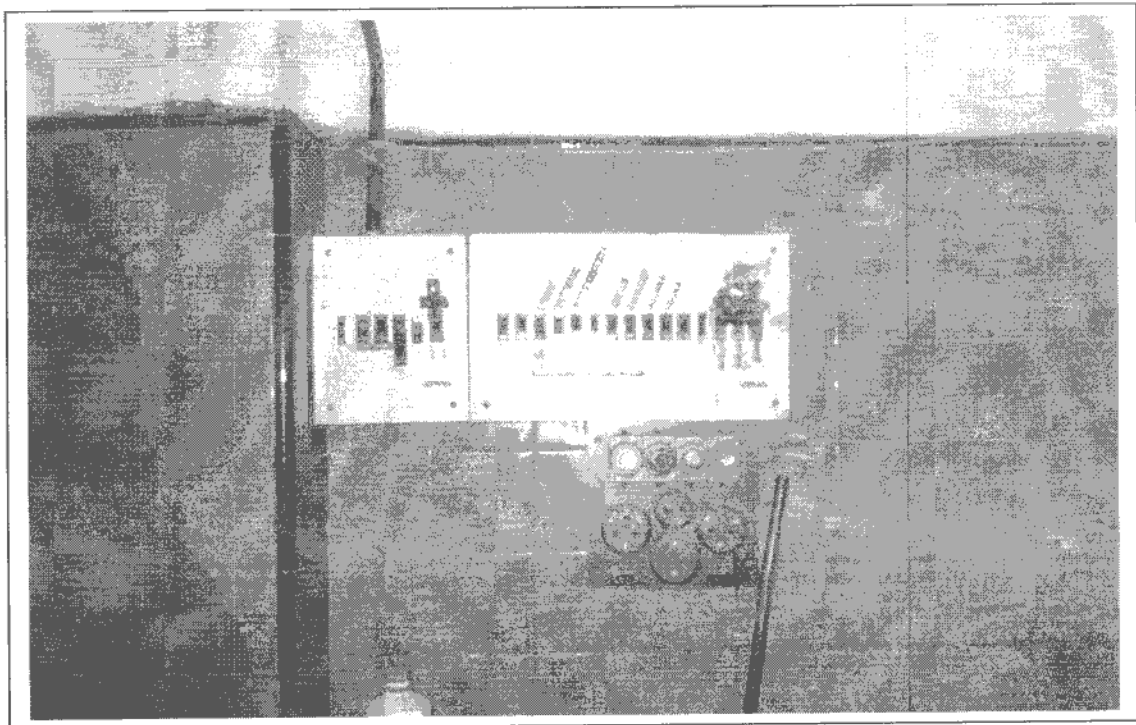
## Introducción

La realización de este proyecto de instalación eléctrica surge como una propuesta que se basa en la necesidad de mejorar el funcionamiento de un taller. Este mayormente realiza trabajos mecánicos, como rectificación, pulido, fabricación de cojinetes, soldaduras, centrado de piezas, etc.

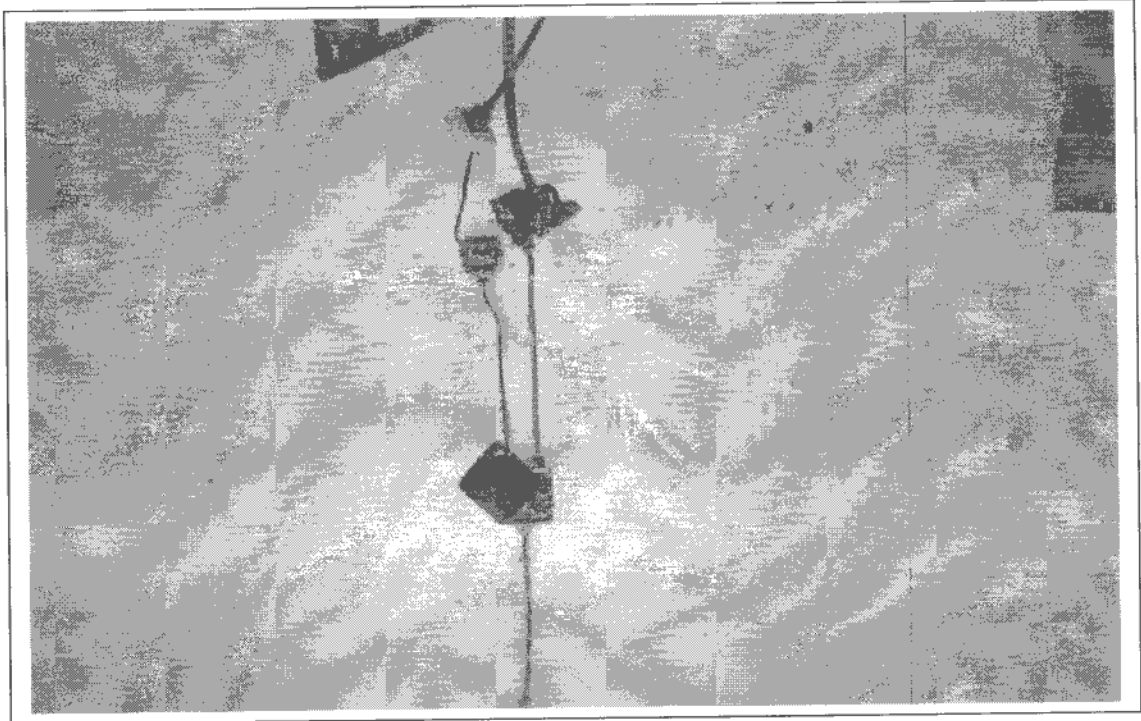
La instalación eléctrica del taller sufre de varias deficiencias, las cuales a lo largo del trabajo se mencionarán y se dará una respuesta.

Una simple inspección visual sobre todas las áreas de trabajo demuestra el estado en que se encuentran los aparatos de maniobra de la misma.

En la foto N° 1 se puede ver el tablero de comando que posee el taller. Teniendo en cuenta que la cantidad de máquinas dentro del mismo asciende a más de treinta y que la instalación tiene más de veinticinco años de realizada queda claro que no existe una aceptable operatividad. Como parámetro, del tamaño de la instalación, se ha llegado a demandar, en junio del año 2004 una potencia máxima de 40KW.

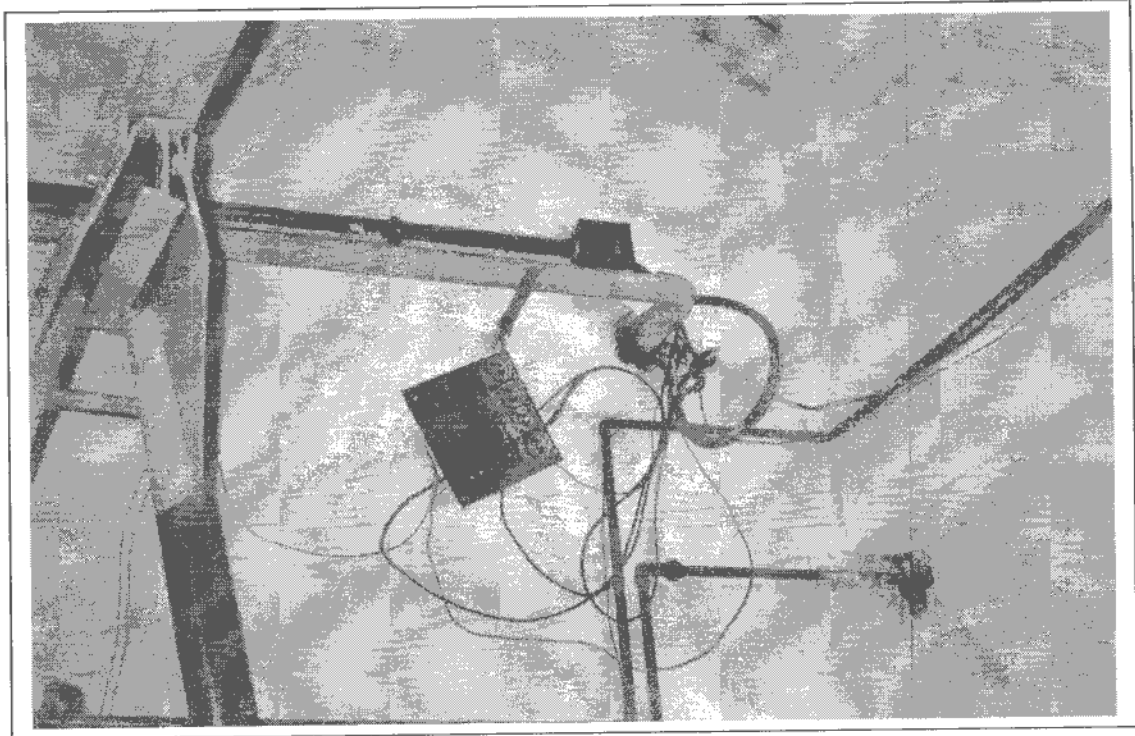


La foto N° 2 demuestra que dado el formato de la instalación, en la necesidad de ampliar la cantidad de bocas de tomacorrientes se procedió a efectuar conexiones precarias, que llevan a un nivel de inseguridad inaceptable para las personas o animales.

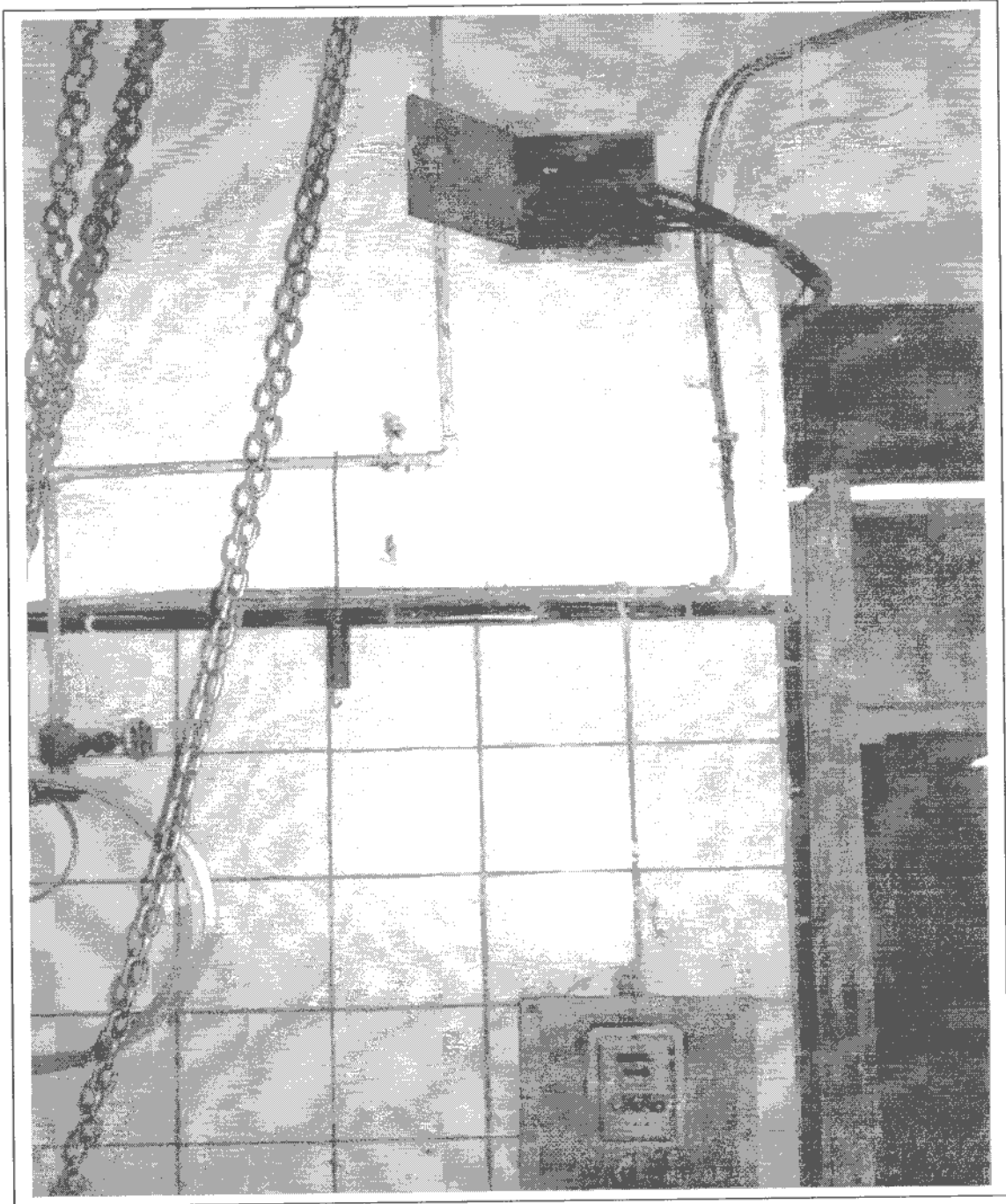




Por medio de la foto N° 3 se confirma lo mencionado anteriormente; la cuál determina que en la urgencia de dar continuidad a los procesos que son llevados a cabo en el taller, se realizaron empalmes de manera apresurada, sin mediar conciencia de a donde se podría llegar.

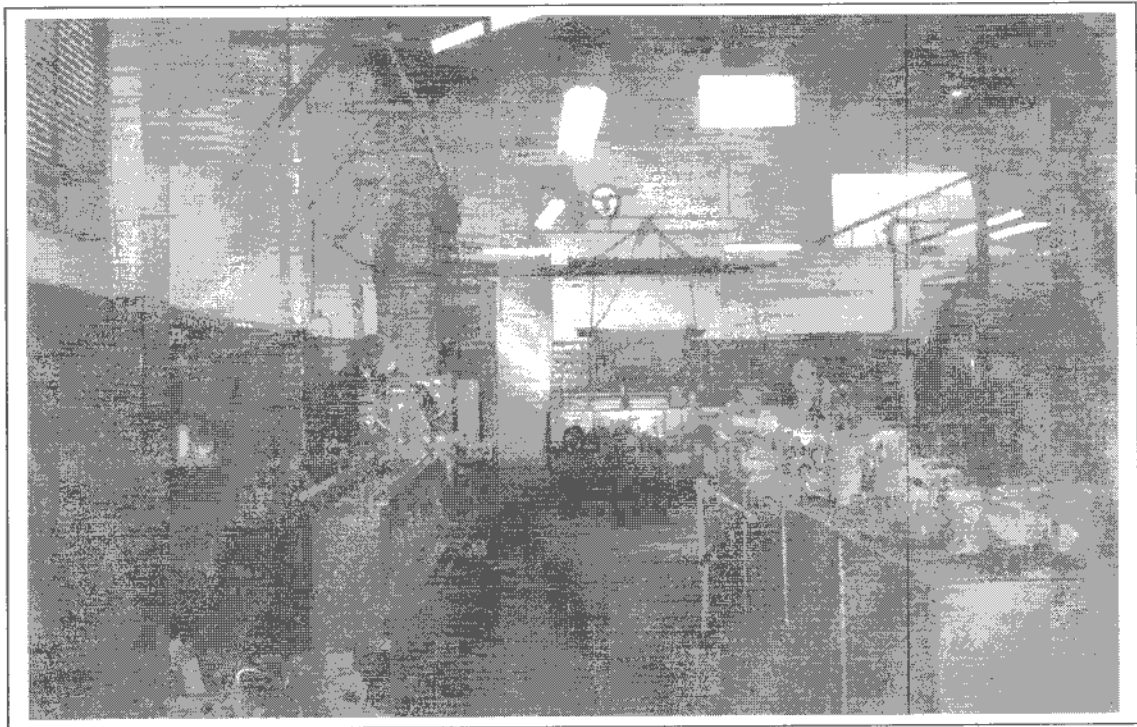


La foto N° 4 no es una prueba más, sino una confirmación sobre lo ya mencionado y deja expuesto el grado de inseguridad con que se manejan las tareas de mantenimiento de la instalación eléctrica.



En la foto N° 5 se logra ver, con bastante ayuda, el bajo nivel de iluminación que poseen las áreas de trabajo y da una idea de las dimensiones del inmueble.

Como se puede observar la iluminación esta provista por tan solo tubos fluorescentes de 110W; como se ampliará en el capítulo de iluminación.



## Desarrollo

El desarrollo de este proyecto se ha realizado mediante el tratado de los principales tópicos que son necesarios para el diseño de la misma.

El análisis de la instalación eléctrica a la fecha, se tratará dentro de cada tema, bajo el título de Situación Actual. En el se mencionan los puntos más destacados sobre los cuáles se ha de tomar la decisión de hacer a un lado con lo colocado para pasar al nuevo diseño.

Cabe aclarar que todos los puntos tratados fueron necesarios realizar nuevamente, bajo las nuevas concepciones de coordinación, seguridad y acorde a las normas establecidas al día de hoy.

Los tópicos tratados son:

- ✓ Elección de los conductores
- ✓ Protección Atmosférica
- ✓ Puesta a tierra
- ✓ Iluminación
- ✓ Coordinación
- ✓ Accionamiento del Compresor
- ✓ Análisis de fluctuaciones de tensión (Flicker)
- ✓ Energía reactiva (corrección de factor de potencia)
- ✓ Suministro energético (análisis económico)
- ✓ Impacto Social y Ambiental
- ✓ Trazado de plano eléctrico

## Introducción

La determinación de los conductores de la instalación es una tarea que se podría describir como iterativa. Esto se debe a que una vez elegido se deberá verificar con todos los demás elementos interactuantes en la misma.

El procedimiento se describe, en rasgos generales, como:

- Elección de la sección por corriente nominal de las cargas.
- Corregir la corriente admisible del conductor a las características de la instalación.
- Verificación con las protecciones de esa línea y de aguas arriba.
- Control de los efectos térmicos, mediante el cálculo de la corriente de cortocircuito.
- Comprobación de la caída de tensión en la línea del conductor.

El procedimiento detallado es:

- 1) Determinar la corriente de proyecto, o sea la corriente demandada por las cargas ( $I_p$ ).
- 2) Elección del dispositivo de protección de una determinada corriente ( $I_a$ ); donde  $I_a \geq I_p$
- 3) Determinar el conductor por corriente admisible; afectarlo a las condiciones de la instalación, factores de corrección, ( $I_e$ ) donde  $I_e = I_{adm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$
- 4) Verificación de la protección por sobrecarga, o sea:  $1,45 \cdot I_e \geq I_f$  ( $I_f$  representa la corriente de actuación del fusible o sobrecarga a una o dos horas)
- 5) Cálculo de la corriente de cortocircuito  $I_{k_3} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{total \text{ hasta la falla}}}$ .  $c = 1$  para obtener la máxima corriente de cortocircuito ( IEC 60909; 60781 )
- 6) Comprobación de la sección por el máximo esfuerzo térmico  $S[mm^2] = \frac{I_{k_3} \cdot \sqrt{t}}{K}$
- 7) Control de los valores máximos permisibles de la caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L[Km] \cdot (R[\Omega/Km] \cdot \cos\phi + X[\Omega/Km] \cdot \sen\phi)}{U_n} \cdot 100\%$$

### Situación actual

El taller muestra grandes deficiencias, una de ellas es la falta de control, mantenimiento e inspección sobre las líneas que alimentan las cargas.

La instalación data del año 1930, según se pudo investigar, aparentemente el mantenimiento fue nulo, y a la fecha resulta evidente dado que se han tenido que recurrir a soluciones desesperadas con el fin de dar continuidad a las tareas que se realizan en el taller.

Se pudo observar la precariedad de las conexiones realizadas, y su inseguridad en la manipulación.

Debido a sobrecalentamientos<sup>1</sup> producidos en secciones de conductores de alambre (no permitidos por la Norma) fue necesario restablecer la energía eléctrica mediante puentes colocados exteriormente, provisorios, los cuales no fueron protegidos ni coordinados, ni debidamente tendidos.

Estas cuestiones pueden observarse claramente en las fotos adjuntadas.

Se llegó al conocimiento, también, que debido a una sobrecarga producida por un motor de ¼ HP (piedra), se produjo un corte de energía eléctrica, procediendo la Cooperativa de electricidad Mar del Plata al reemplazo de los fusibles dispuestos a dos cuadras y media en la salida del transformador de distribución. Esto llega a denotar la falta de coordinación de protecciones y la falta de las mismas, dado que en el tablero principal solo se han dispuesto fusibles para la protección de todo el taller.

Dada la mala disposición de los conductores resulta imposible llegar a coordinar, en esta instancia, cualquier elemento de protección que se quiera disponer en cualquier línea seccional. Por otro lado se desconocen el estado de los caños interiores en toda la instalación, que en virtud de la edad de la instalación no sería extraño encontrar agua cualquier día que lloviera.

En general cada máquina no está protegida, simplemente está conectada a la red y la protección es la del tablero principal (un ruptofusible de 125A).

---

<sup>1</sup> Se pudieron observar partes de conductores de alambre fundidos entre sí.

La puesta a tierra es de un valor de  $6\Omega$ , como se verá en su capítulo, y no existen interruptores de disparo por corriente diferencial.

En consecuencia y, debido a los reiterados cortes de energía eléctrica; el estado de la instalación; la falta total de coordinación; la alta peligrosidad hacia las personas y animales; es que se concluyó en el rediseño de la instalación eléctrica, dejando a un lado la existente.

Cabe aclarar, en este resumen, que las condiciones de iluminación están totalmente fuera de cualquier Norma, estableciendo una total incomodidad en el trabajo. Este tema se tratará, eventualmente, en el capítulo de Iluminación.

## Desarrollo

Como se describió anteriormente, la determinación de los conductores se llevará a cabo de aquella forma; adjuntando al planilla de Excel realizada.

Siendo la cantidad de cargas mayor a treinta y con el fin de lograr cierta distribución genérica se dividieron las mismas en varias líneas o circuitos.

En la siguiente tabla se pueden observar, estas cargas con su potencia y factor de potencia, como así también a que circuito pertenece:

Equipos	Línea	Circuito	P [HP]	P[W]	Tipo	FP	Q [VAR]
Rectificadora cigüeñales	A	2	6	4470	Trifásica	0,82	3120
Rectificadora cigüeñales	A	2	7	5215	Trifásica	0,82	3640
Agujereadora	A	2	0,5	372,5	Monofásica	0,88	201
Piedra	A	2	0,5	372,5	Monofásica	0,88	201
Torno Wechecco	A	2	3	2235	Trifásica	0,83	1502
Torno Sideral	A	2	6	4470	Trifásica	0,83	3004
Torno Sideral	A	2	4	2980	Trifásica	0,83	2003
Rectificadora Volantes	A	2	3	2235	Trifásica	0,83	1502
Torno Sideral	A	2	6	4470	Trifásica	0,83	3004
Calefacción	A	2	4	2980	Trifásica	0,88	1608
Limadora	A	2	3	2235	Trifásica	0,88	1206
Balanceadora	B	3	2	1490	Trifásica	0,88	804
Montacargas	B	3	4	2980	Trifásica	0,85	1847
Detector de fisuras	B	3	7	5215	Trifásica	0,86	3094
Cilindradora	C	4	8	5960	Trifásica	0,85	3694
Prensa	C	4	2	1490	Trifásica	0,85	923
Rectificadora plana	C	4	7	5215	Trifásica	0,83	3505
Piedra	C	4	0,5	372,5	Monofásica	0,88	201
Bruñidora	C	4	3,5	2607,5	Trifásica	0,87	1478
Agujereadora Radial	C	4	1,5	1117,5	Monofásica	0,89	573
Asiento Neumático	C	4	3	2235	Trifásica	0,89	1145
Rectificadora de válvulas	C	4	2,5	1862,5	Trifásica	0,83	1252
Asientos	C	4	2	1490	Trifásica	0,86	884
Alesadora	C	4	0,5	372,5	Monofásica	0,90	180
Alesadora	C	4	0,5	372,5	Monofásica	0,89	191
Alesadora de biela	D	5	0,5	372,5	Trifásica	0,85	231
Rectificadora de biela	D	5	1	745	Trifásica	0,87	422
Asiento	D	5	0,5	372,5	Trifásica	0,88	201
Prensa	D	5	2	1490	Trifásica	0,85	923
Alesadora de biela	D	5	2	1490	Trifásica	0,85	923
Torno 25HP	E	6	25	18625	Trifásica	0,85	11543
Soldadora 1	F	7	15	11050	Trifásica	0,85	6848
Soldadora 2	G	8	9	6800	Trifásica	0,85	4214
Rectificador	H	9	12	8940	Trifásica	0,80	6705
Soldadora TIG	J	10	27	20000	Bifásica	0,80	15000
Compresor	K	11	20	14900	Trifásica	0,84	9624

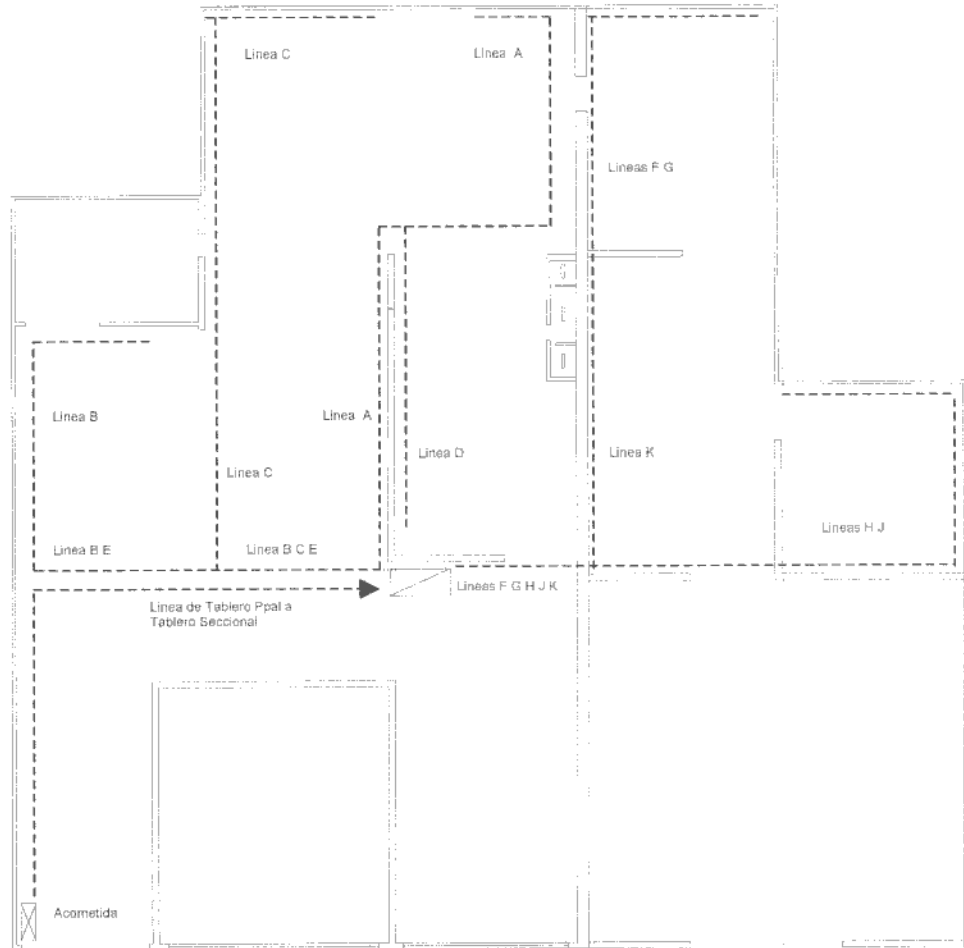


### Circuitos de Potencia

A continuación se muestra la disposición de **las líneas de alimentación de las distintas cargas** del taller. Las mismas se encuentran repartidas y se decidió realizar el tendido que se muestra en el dibujo que sigue a continuación. Se establece un tablero principal en la entrada y un tablero seccional o de comando. En el se colocarán la mayoría de las protecciones tanto de líneas como la de las cargas mismas.

Cada línea punteada representa un circuito de alimentación que se encuentra denotado mediante una letra del alfabeto. Para determinar fehacientemente que cargas se encuentran en cada línea se debe consultar el cuadro de la página anterior donde muestra que máquinas están en cada línea de circuito. De esta forma se encontrará también que, hay líneas de circuitos que tan solo alimentan cargas únicas, como ser las líneas F; G; H; J y K.

Los elementos colocados para proteger las máquinas y los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos se enumerarán más adelante; pero como regla general se ha dispuesto para cada carga, en su lugar de emplazamiento, una protección al igual que en el tablero seccional (de donde sale la línea) para cada línea de circuito.



El factor de corrección aplicado en el diseño de los conductores es tan solo por agrupamiento de circuitos en bandeja perforada.; ya que por otro factores no es necesario corregir.

En el siguiente cuadro se detallan los cálculos realizados para la verificación de los distintos conductores.

Cuadro de elección de los conductores de las cargas de potencia.

Los conductores que se utilizaron en el diseño de las líneas de alimentación son:

Marca **Pirelli Afumex 1000** de tensión nominal 0,6 / 1KV;

Norma **IRAM 62266**; Tmax Servicio 90°C

Conductor: cobre electrolítico recocido

Aislante: Polietileno reticulado silanizado

Protecciones y blindajes: armadura metálica de cintas de acero cincado y protección electromagnética mediante blindaje de alambres o cintas de cobre.

Circuitos	Líneas	Ip [A]	S[mm <sup>2</sup> ]	Iadm[A]	fc	Ie[A]	If[A]
Circuito 1	Tablero Secc	204	70	254	1,0	254	204
Circuito 2	A	20,5	4	38	0,77	29,26	80
Circuito 3	B	15,5	4	38	0,77	29,26	100
Circuito 4	C	14,8	4	38	0,77	29,26	100
Circuito 5	D	5,7	4	38	1,00	38	80
Circuito 6	E	29,4	10	68	0,77	52,36	31
Circuito 7	F	19,8	4	38	0,77	29,26	21
Circuito 8	G	12,2	4	38	0,77	29,26	14,5
Circuito 9	H	22,8	4	38	0,77	29,26	24
Circuito 10	J	38,0	10	78	0,77	52,36	40
Circuito 11	K	27,4	10	68	0,77	52,36	28,4

Circuitos	1,45Ie > If	IK [A]	Tpo act[s]	Scal[mm <sup>2</sup> ]	Delta U[%]	Delta Uar[%]
Circuito 1	verifica	4143	0,002	1,30	1,04	-
Circuito 2	no verifica	709	0,005	0,35	2,9	-
Circuito 3	no verifica	1070	0,005	0,53	1,1	-
Circuito 4	no verifica	783	0,005	0,39	1,1	-
Circuito 5	no verifica	637	0,005	0,31	1,1	-
Circuito 6	verifica	1463	0,005	0,72	1,9	7,15
Circuito 7	verifica	723	0,005	0,36	3,3	-
Circuito 8	verifica	799	0,005	0,40	2,0	-
Circuito 9	verifica	812	0,001	0,18	2,4	6,58
Circuito 10	verifica	1508	0,005	0,75	2,6	-
Circuito 11	verifica	1369	0,001	0,30	1,8	-

Las Corrientes de cortocircuito son al final de cada circuito

En los circuitos que muestra que “no verifica”, se debe a que son circuitos distribución de varias cargas. Es decir cada carga ha sido protegida por un interruptor con protección contra sobrecarga y cortocircuito en las líneas de circuito 2; 3; 4 y 5 y al inicio de la línea se ha dispuesto un fusible de protección de esta misma.

Los demás circuitos verifican dado que son de alimentación de carga única (ACU) los cuáles están protegidos individualmente, como así también la línea, como se mencionó más arriba.

Seguidamente se adjuntan los cálculos realizados en planillas de Excel para determinar y verificar, corrientes de cortocircuito, secciones de los conductores y caídas de tensión. Se detallan también la forma de tendido y el tipo de conductor.

Se pondera el efecto de los motores en caso de existir una falla. Para todo los casos se llegó a comprobar que el aporte de los mismos se debía tener en cuenta.

En el próximo capítulo se tendrán las curvas de coordinación, describiendo cuáles han sido los elementos de protección y maniobra colocados para cada circuito.

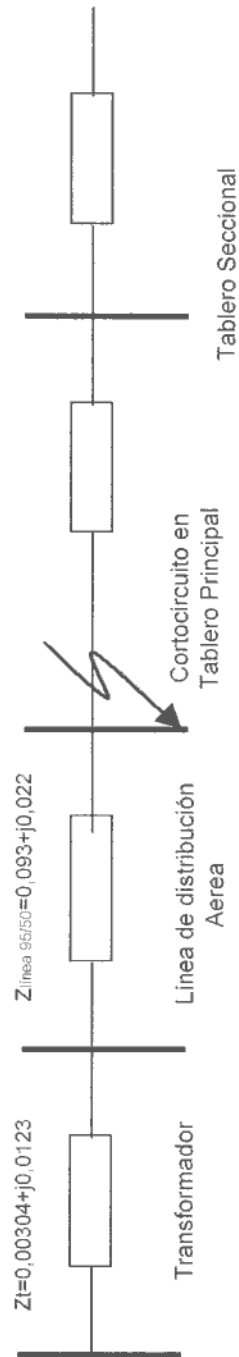
### Datos de la Red

Transformador	P[KVA] 630	ukn% 5	urn% 1,2	Un[v] 400	Zt= 0,012698	Rt= 0,003048	Xt= 0,012327
Conductor de distribución	Preensamblado 3 x 95/50 mm <sup>2</sup>			L[Km]= 0,25	R= 0,0930	X= 0,0223	

### Acometida

Cortocircuito en Acometida	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S	Delta U%	Ik3[A]
	190	0,25	0,0960	0,0346	0,102	0,35	2,78	1,02	8,86		3292

Aporte de los motores durante el cortocircuito **Si** se debe tener en cuenta **Ik total= 4125**



**Ik sin aporte de motores [A] = 3292**

**Ik con aporte de motores [A] = 4125**

### Circuito 1

Conductor desde el tablero principal hasta el tablero Seccional

Marca Pirelli Afumex 1000

Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
1 1

Corriente proyecto = 190

Corriente modificada = 190

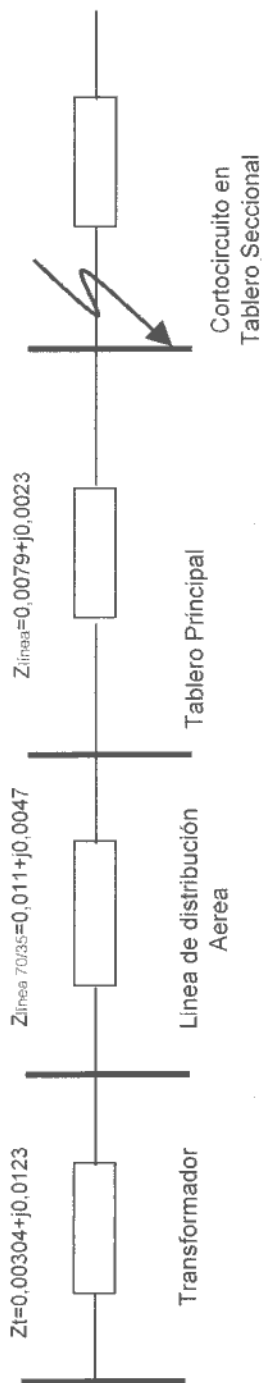
Sección elegida = 70 Afumex Iadm = 254

Resistencia = 0,341 ohm/Km R[ohm] = 0,0109

Inductancia = 0,148 ohm/Km X[ohm] = 0,0047

Cortocircuito en tablero Secc	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	190	0,032	0,1070	0,0393	0,114	0,41	2,72	1,02	2,98	1925

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total = 2759



Ik sin aporte de motores [A] = 1925

Ik con aporte de motores [A] = 2759

## Circuito 2

Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea A

Marca Pirelli Afumex 1000

Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
0,8 1

Corriente proyecto = 21

Corriente modificada= 27

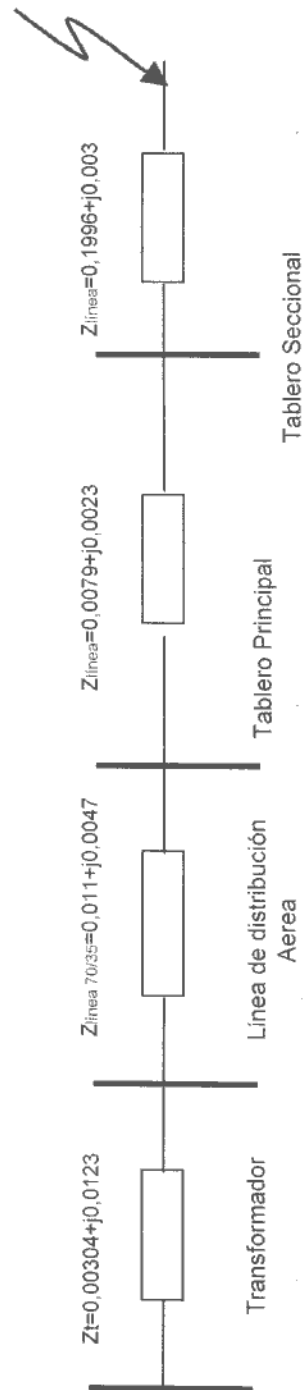
Sección elegida= 4 Afumex ladm = 38

Resistencia= 5,870 ohm/Km R[ohm]= 0,1996

Inductancia= 0,089 ohm/Km X[ohm]= 0,0030

Cortocircuito final de línea A	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	21,4	0,034	0,30654	0,04238	0,309	0,0152	7,23348	1,022	1,94697	709

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total= 837



Ik sin aporte de motores [A] = 709

Ik con aporte de motores [A] = 837

### Circuito 3

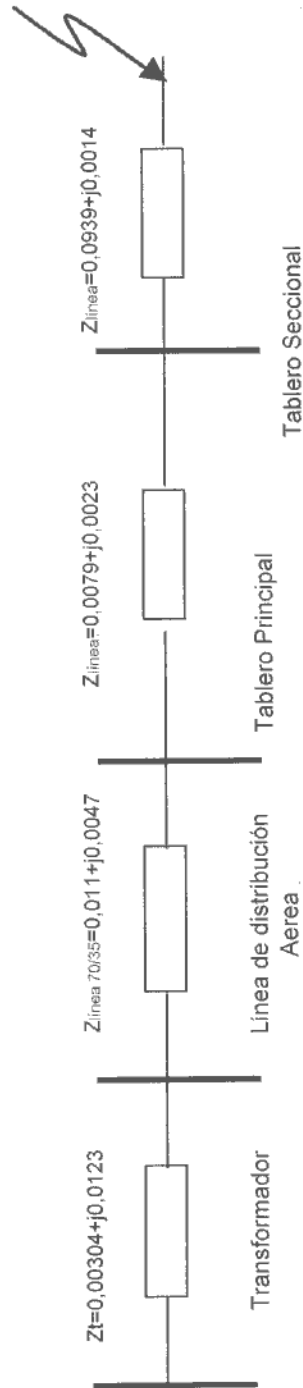
Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea B

Marca Pirelli Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 15  
 Corriente modificada = 19  
 Sección elegida = 4 Afumex ladim = 38  
 Resistencia = 5,870 ohm/Km R[ohm]= 0,0939  
 Inductancia = 0,089 ohm/Km X[ohm]= 0,0014

Cortocircuito en Línea B	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	15,5	0,016	0,2009	0,0408	0,205	0,015	4,9	1,02	1,04	1070

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total= 1163



Ik sin aporte de motores [A] = 1070

Ik con aporte de motores [A]= 1163



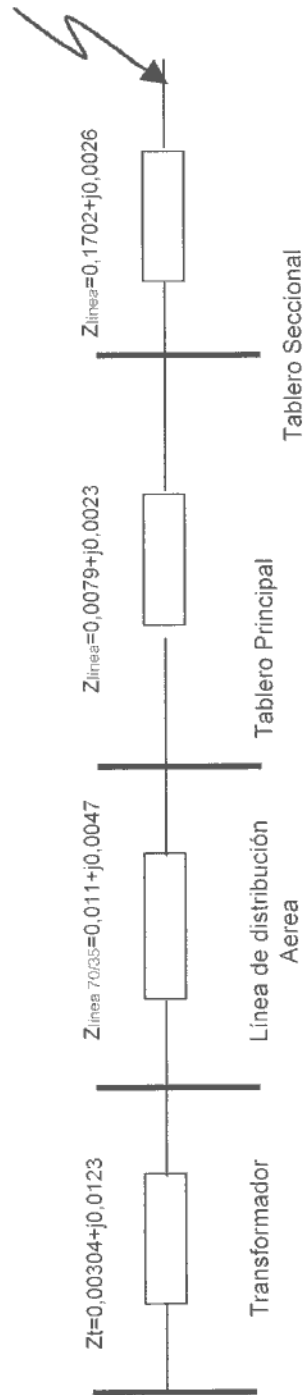
### Circuito 4

Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea C

Marca Pirelli Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 16,2  
 Corriente modificada = 20,3  
 Sección elegida = 4 Afumex ladm = 38  
 Resistencia = 5,87 ohm/Km R[ohm]= 0,1702  
 Inductancia = 0,089 ohm/Km X[ohm]= 0,0026

Cortocircuito en Línea C	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	16,2	0,029	0,277	0,042	0,280	0,015	6,611	1,0	1,07	783
Aporte de los motores durante el cortocircuito							Si	se debe tener en cuenta		Ik total = 880



Ik sin aporte de motores [A] = 783

Ik con aporte de motores [A] = 880

### Circuito 5

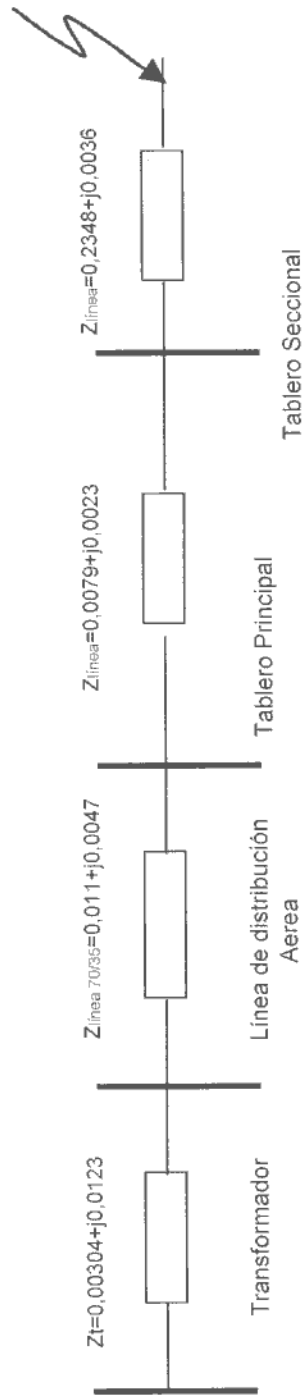
Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea D

Marca Pirelli Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 6  
 Corriente modificada = 7  
 Sección elegida = 4 Afumex Iadm = 38  
 Resistencia = 5,870 ohm/Km R[ohm]= 0,2348  
 Inductancia = 0,089 ohm/Km X[ohm]= 0,0036

Cortocircuito en línea D									
I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
5,7	0,04	0,342	0,043	0,344	0,015	7,964	1,022	1,06	637

Aporte de los motores durante el cortocircuito **No** se debe tener en cuenta **Ik total= 637**



**Ik sin aporte de motores [A] = 637**

**Ik con aporte de motores [A] = 637**

### Circuito 6

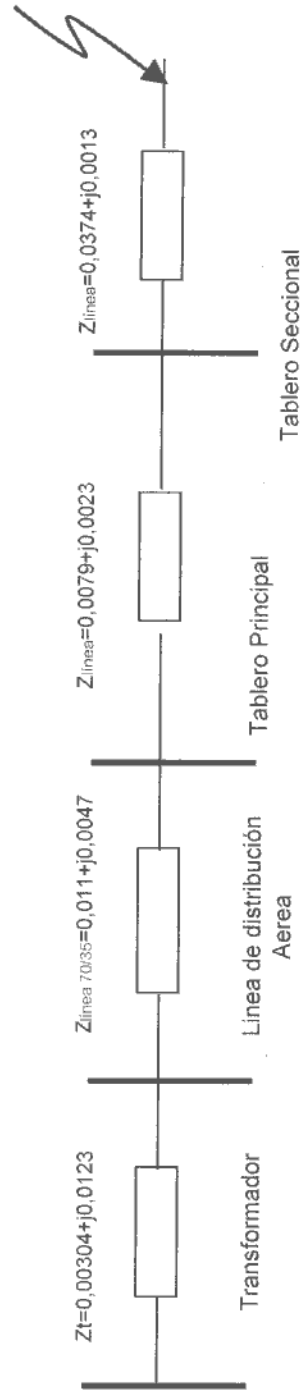
Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea E

Marca Pirelli: Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 29  
 Corriente modificada= 36,7  
 Corriente de arranque= 205  
 Sección elegida= 10 Afumex ladm = 68  
 Resistencia= 2,340 ohm/Km R[ohm]= 0,0374  
 Inductancia= 0,080 ohm/Km X[ohm]= 0,0013

Cortocircuito en línea E	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S	Delta U%	Ik3[A]
	36,7	0,016	0,144	0,041	0,150	0,12	3,56	1,02	1,85	1462,6	

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total= 2786



Ik sin aporte de motores [A] = 1463

Ik con aporte de motores [A] = 2786

### Circuito 7

Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea F

Marca Pirelli Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 20

Corriente modificada = 25

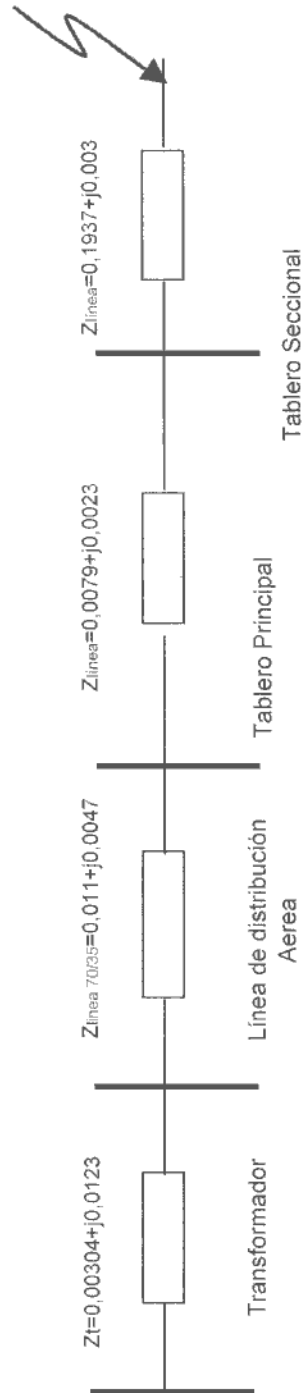
Sección elegida = 4 Afumex ladm = 38

Resistencia = 5,870 ohm/Km R[ohm] = 0,1937

Inductancia = 0,089 ohm/Km X[ohm] = 0,0030

Cortocircuito en línea F		I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
		24,7	0,033	0,301	0,042	0,304	0,038	7,110	1,02	3,3	723

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total = 2046



Ik sin aporte de motores [A] = 723

Ik con aporte de motores [A] = 2046

### Circuito 8

Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea G

Marca Pirelli Afumex 1000

Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
0,8 1

Corriente proyecto = 12

Corriente modificada= 15

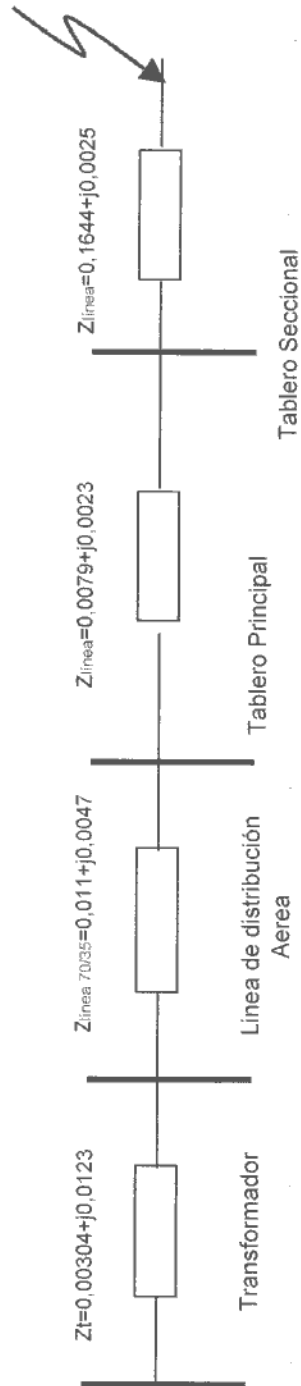
Sección elegida= 4 Afumex Iadm = 38

Resistencia= 5,870 ohm/Km R[ohm]= 0,1644

Inductancia= 0,089 ohm/Km X[ohm]= 0,0025

Cortocircuito en línea G	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S	Delta U%	Ik3[A]
	12,2	0,028	0,271	0,042	0,275	0,041	6,484	1,022	2,004	2,004	799

Aporte de los motores durante el cortocircuito **SI se debe tener en cuenta Ik total= 2122**



**Ik sin aporte de motores [A] = 799**

**Ik con aporte de motores [A] = 2122**

### Circuito 9

Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea H

Marca Pirelli Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 23

Corriente modificada= 28

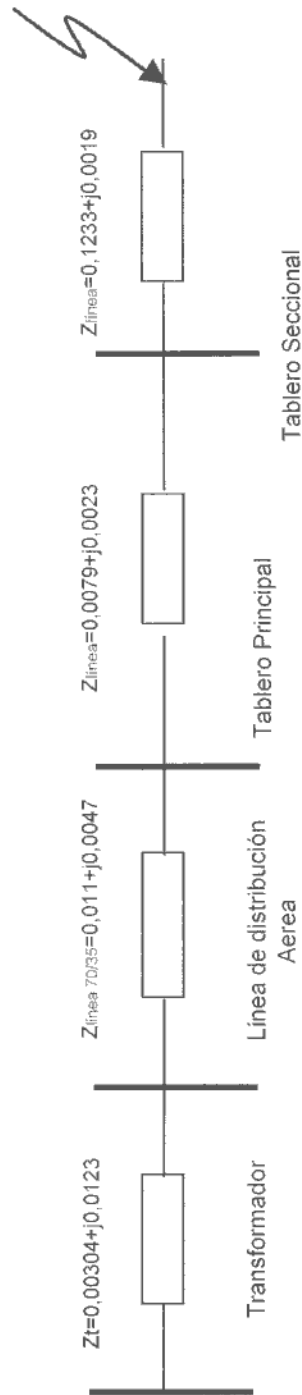
Sección elegida= 4 Afumex ladm = 38

Resistencia= 5,870 ohm/Km R[ohm]= 0,1233

Inductancia= 0,089 ohm/Km X[ohm]= 0,0019

Cortocircuito en línea H	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	22,8	0,021	0,230	0,041	0,234	0,049	5,586	1,022	2,43	812

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total= 2136



Ik sin aporte de motores [A] = 812

Ik con aporte de motores [A]= 2136

### Circuito 10

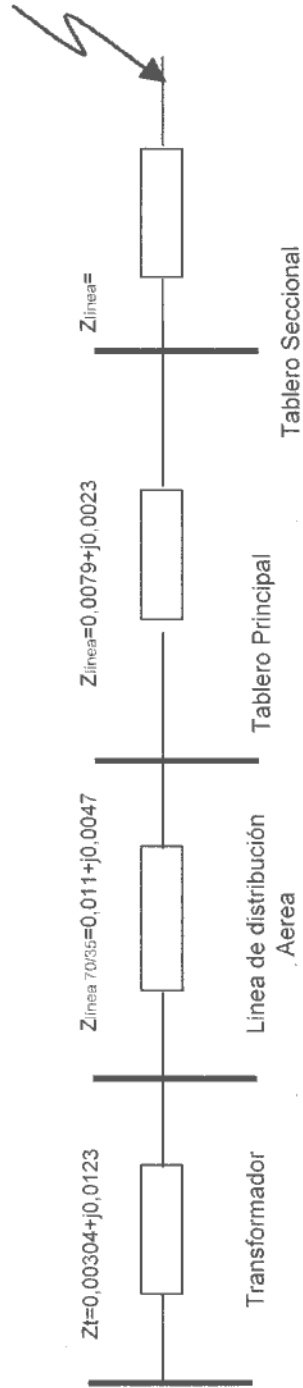
Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea J

Marca Pirelli Afumex 1000  
 Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
 0,8 1

Corriente proyecto = 38  
 Corriente modificada = 47  
 Sección elegida = 10 Afumex Iadm = 78  
 Resistencia = 2,340 ohm/Km R[ohm]= 0,0328  
 Inductancia = 0,080 ohm/Km X[ohm]= 0,0011

Cortocircuito en línea J	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	38	0,014	0,140	0,040	0,145	0,133	3,453	1,022	2,558	1508

Aporte de los motores durante el cortocircuito Si se debe tener en cuenta Ik total= 2832



Ik sin aporte de motores [A] = 1508

Ik con aporte de motores [A] = 2832

### Circuito 11

Conductor del Tablero Seccional que distribuye a las cargas que componen la línea K

Marca Pirelli Afumex 1000

Factores de corrección por agrupamiento F5 F6  
0,8 1

Corriente proyecto = 27

Corriente modificada= 34

Corriente de arranque= 205

Sección elegida= 10 Afumex Iadm = 68

Resistencia= 2,340 ohm/Km R[ohm]= 0,0480

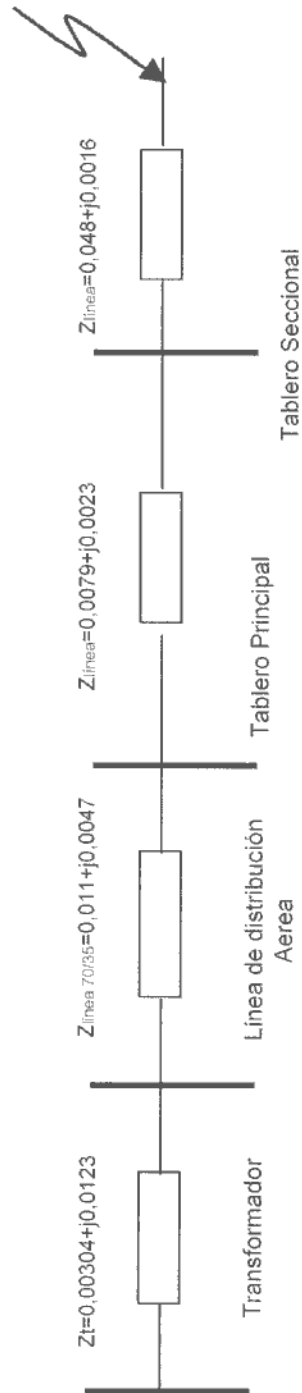
Inductancia= 0,080 ohm/Km X[ohm]= 0,0016

Cortocircuito en línea K	I[A]	L[km]	R[ohm]	X[ohm]	Zt	Ang	R/X	capa	S Delta U%	Ik3[A]
	27,4	0,021	0,155	0,041	0,160	0,108	3,781	1,022	1,772	1369

Aporte de los motores durante el cortocircuito

Si se debe tener en cuenta

Ik total= 2692



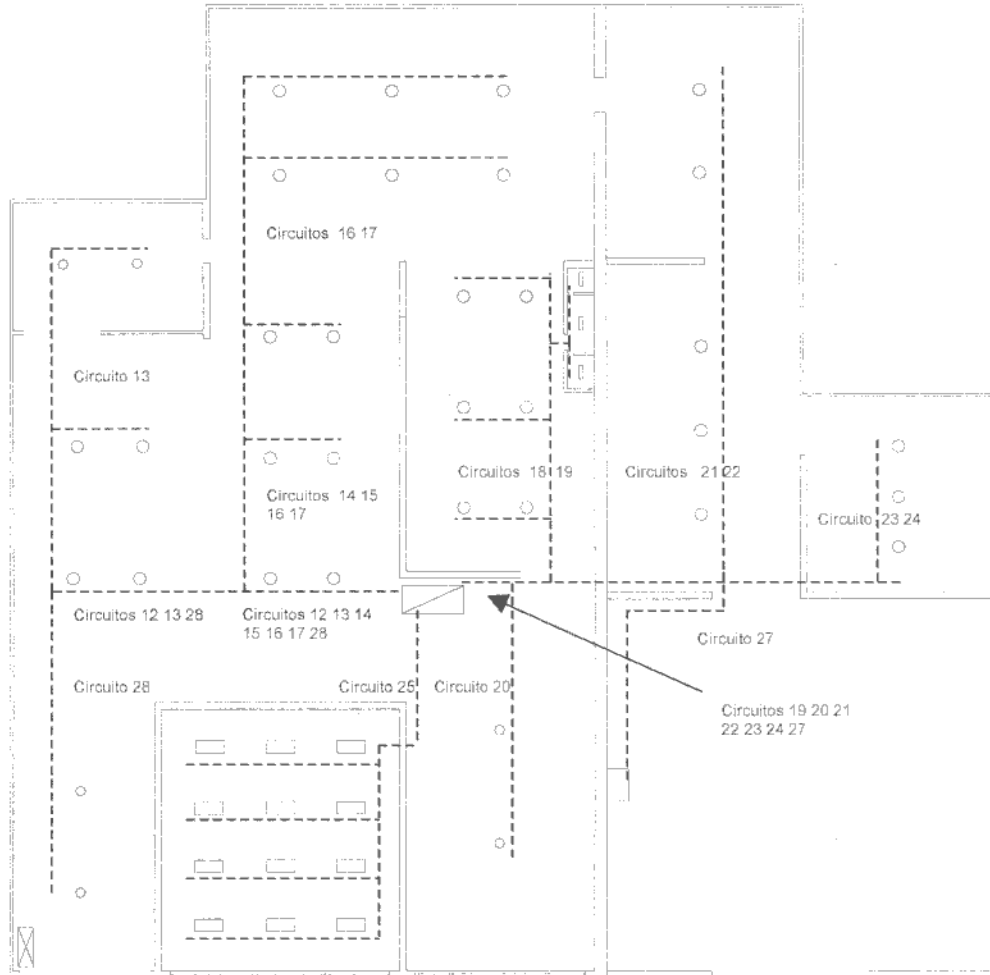
Ik sin aporte de motores [A] = 1369

Ik con aporte de motores [A] = 2692



### Circuitos de Iluminación

El trazado de las líneas de **circuitos de iluminación** se muestra a continuación.



Cuadro de elección de los conductores de iluminación.

Circuitos	Líneas	Ip [A]	S[mm <sup>2</sup> ]	Iadm[A]	fc	Ie[A]
Circuito 12	2 y 3 fase 1	9	2,5	27	0,75	20,25
Circuito 13	2 y 3 fase 2	9	2,5	27	0,75	20,25
Circuito 14	4 fase 1	10	2,5	27	0,75	20,25
Circuito 15	4 fase 2	10	2,5	27	0,75	20,25
Circuito 16	5 fase 1	10	2,5	27	0,75	20,25
Circuito 17	5 fase 2	10	2,5	27	0,75	20,25
Circuito 18	6 fase 1	11	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 19	6 fase 2	11	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 20	7 fase 3	7	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 21	8 y 9 fase 1	9	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 22	8 y 9 fase 2	9	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 23	10 fase 1	4	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 24	10 fase 2	6	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 25	11 fase 3	17	2,5	27	1,00	27,00
Circuito 26	12 fase 3	2	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 27	Patio fase 3	4	2,5	27	0,73	19,71
Circuito 28	1 fase 3	5	2,5	27	0,75	20,25

Circuitos	If[A]	1,45 Ie > If	IK [A]	Tpo act[s]	Scal[mm <sup>2</sup> ]	Delta U[%]
Circuito 12	25	verifica	281	0,01	0,20	0,93
Circuito 13	25	verifica	313	0,01	0,22	0,93
Circuito 14	25	verifica	195	0,01	0,14	0,95
Circuito 15	25	verifica	221	0,01	0,15	0,94
Circuito 16	25	verifica	221	0,01	0,15	0,94
Circuito 17	25	verifica	221	0,01	0,15	0,94
Circuito 18	25	verifica	345	0,01	0,24	0,93
Circuito 19	25	verifica	313	0,01	0,22	0,93
Circuito 20	25	verifica	407	0,01	0,28	0,92
Circuito 21	25	verifica	237	0,01	0,17	0,93
Circuito 22	25	verifica	254	0,01	0,18	0,93
Circuito 23	25	verifica	306	0,01	0,21	0,92
Circuito 24	25	verifica	306	0,01	0,21	0,92
Circuito 25	32	verifica	299	0,01	0,21	0,94
Circuito 26	25	verifica	313	0,01	0,22	0,92
Circuito 27	25	verifica	407	0,01	0,28	0,92
Circuito 28	25	verifica	328	0,01	0,23	0,92

Se han verificado las secciones de los conductores de iluminación. Las disposiciones según distintas fases para cada zona fueron elegidas con el fin de disminuir el efecto estroboscópico y prevenir falta total de iluminación en cualquier zona por falla eventual de alguna fase.

### Líneas de tomacorrientes

Para el desarrollo de estos circuitos no hay parámetros bien definidos, y se decidió por una disposición acorde a la instalación y sus usos.

De acuerdo a lo establecido por la Reglamentación de instalaciones eléctricas y térmicas del Partido de General Pueyrredón se colocan tomacorrientes de uso general y especial mediante conductores de una sección de 2,5mm<sup>2</sup> con un máximo de 15 bocas por circuito.

De esta forma para cada línea de circuito del 29 al 37 inclusive se dispondrá un conductor bipolar destinado a la línea de tomacorrientes.

Cada circuito posee una protección termomagnética y una protección diferencial del mismo calibre.

Circuito	Cantidad de Tomas	Pot[W]	Calibre de Protección
29	7	1100	10
30	3	300	10
31	6	1000	10
32	3	300	25
33	4	400	25
34	2	200	25
35	7	1100	25
36	3	300	25
37	4	400	10
38	1	100	10
39	3	300	10

## Introducción

Al momento de producirse una falla dentro en un circuito, lo que se desea, es que quede fuera de servicio la menor cantidad de máquinas. Esto es, los dispositivos de protección deben desconectar de la red solo la parte afectada en el tiempo más corto que sea posible.

Logrando la desconexión únicamente de la parte afectada se obtiene una mejor calidad de servicio permitiendo la continuidad de las tareas dentro del taller.

En este capítulo se enumerarán las distintas protecciones destinadas a cada carga y línea, a los fines de mantener controlada cualquier falla o sobrecarga mediante estos dispositivos.

## Situación actual

Como se pudo observar en las fotografías de la primera parte, la instalación no ha sido actualizada en función a los nuevos requerimientos normados. Los elementos de protección colocados en la misma no llegan a lograr su cometido.

Un ejemplo de lo mencionado más arriba; sucedió meses atrás cuando fue necesaria la intervención del equipo técnico de la Cooperativa de Electricidad Mar del Plata al momento de generarse un corte de energía eléctrica. Luego de varias horas de análisis se logró detectar una falla de aislación en una de las cargas del taller. La carga correspondía a una amoladora de banco que evidentemente por un cortocircuito había hecho actuar los fusibles colocados a la salida del transformador.

Con motivo de lo sucedido se colocaron fusibles de mas alto calibre y en el tablero principal se colocaron seccionadores fusibles (NH 100).

A posterior se adquirió una nueva máquina (Torno de 3m de largo) de 25HP y se comenzó a utilizar con más periodicidad la soldadora TIG de 25KVA.

Al momento de conectar ambas máquinas a la red se producían cortes por acción de los fusibles del tablero principal; eso llevó a tomar decisiones erróneas como ser, conectar ambas máquinas aguas arriba de los fusibles de entrada.

Otra cuestión a tener en cuenta es que algunas máquinas, las que daban ciertos problemas, en un intento de mejorar la operatividad, le fueron colocados tableros nuevos con interruptores termomagnéticos, los que con cierta regularidad interrumpían el circuito. Las conclusiones que se sacaban eran que las máquinas eran viejas y que por eso funcionaban mal.

Con estos claros ejemplos se pretende demostrar que es imperiosa la necesidad de un nuevo diagramado de toda la instalación.

## Desarrollo

La tarea de llevar adelante un proyecto de instalación eléctrica para el taller demandó el conocimiento de la totalidad de las cargas existentes. Primeramente se confeccionó una planilla donde constaba que tipo de máquina es, potencia demandada, factor de potencia y posición.

Una vez finalizada se trazaron los posibles recorridos de conductores de distribución, llegando un determinado trazado que podría denominarse en “guirnalda”.

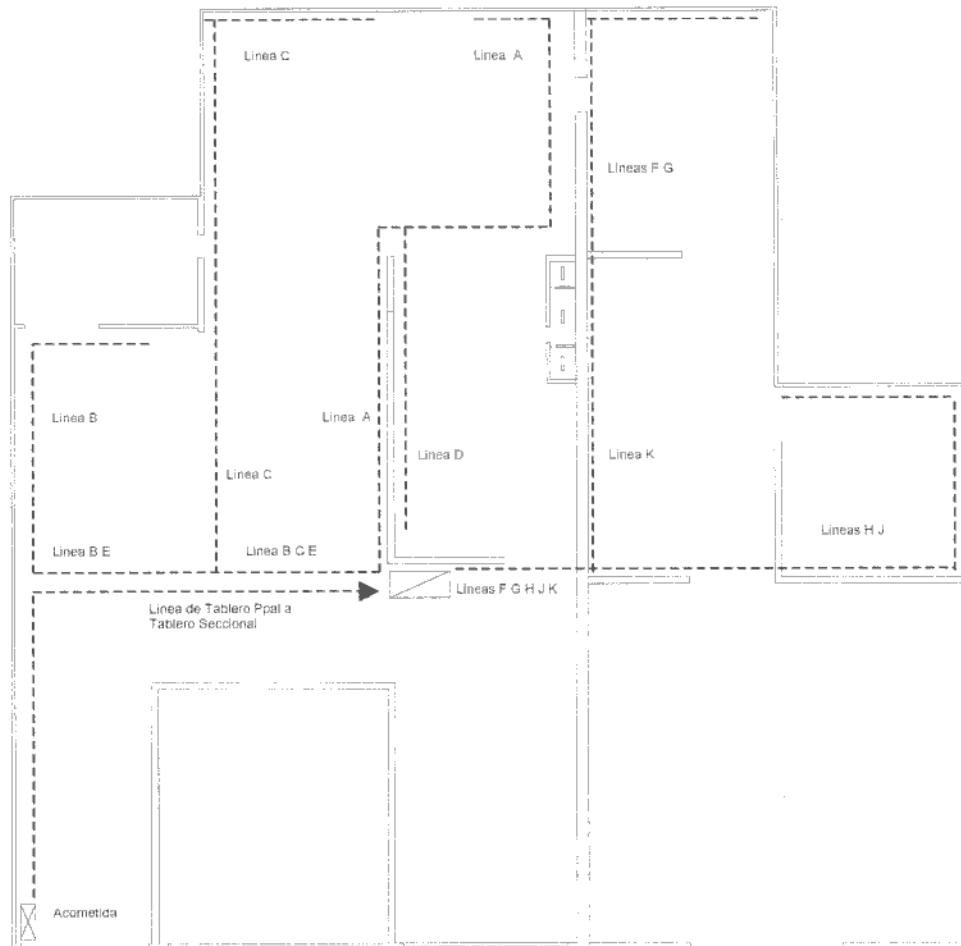
Del esquema mostrado en la siguiente página se puede observar, un tablero principal y un tablero seccional o de operación. En el tablero principal se dispone del interruptor de potencia con su protección diferencial y el equipo de corrección de factor de potencia. En el secundario por lo tanto se centran casi todas las operaciones de control y de protección de los circuitos.

En la disposición adoptada de circuitos, se han dispuesto circuitos de alimentación único y circuitos de alimentación a varias cargas. Debido a inconvenientes de coordinación hubo que separar aquellas cargas de gran potencia de las más chicas.

En el dimensionado de los circuitos se ha tenido en cuenta las siguientes características (propias de la empresa):

- Posibilidad de aumentar la demanda de los circuitos (A – D)
- Simplicidad en el traslado de las cargas.

En el presente esquema se muestran como se ha llevado a cabo la línea de circuitos.



Los circuitos de iluminación son tratados por separado, y protegidos de acuerdo a lo mencionado en el capítulo de elección de conductores.

A pesar de haber realizado el cálculo de los baricentros de potencia y de energía, ambos tableros, seccional y principal fueron dispuestos en aquellos lugares por cuestiones como, operatividad, mayor circulación, control visual, etc. son más efectivos. Esto es afirmado, por el hecho de encontrarse el tablero de comando frente a las oficinas donde mayormente pasan el tiempo los ingenieros.

Los baricentros de potencia se encuentran en las siguientes posiciones:

Equipos	Pot [HP]	Pot[W]	tpo[h]	X[m]	Y[m]	L[Km]
Rectificadora de cigueñales	6	4470	2,5	14	18	0,032
Rectificadora de cigueñales	7	5215	2,5	14	26	0,04
Agujereadora	0,5	372,5	0,5	18	31	0,049
Piedra	0,5	372,5	0,5	16	34	0,05
Torno Wecheco	3	2235	2	21	32	0,053
Torno Sideral	6	4470	2	17	36	0,053
Torno Sideral	4	2980	2	21	33	0,054
Rectificadora de Volantes	3	2235	1	17	39	0,056
Torno Sideral	6	4470	2	22	37	0,059
Calefacción	4	2980	1	18	42	0,06
Limadora	3	2235	0,5	21	42	0,063
Balanceadora	2	1490	1	10	16	0,026
Montacargas	4	2980	0,5	6	16	0,022
Detector de fisuras	7	5215	0,5	5	26	0,031
Cilindradora	8	5960	1	9	18	0,027
Prensa	2	1490	0,5	9	22	0,031
Rectificadora plana	7	5215	0,5	9	24	0,033
Piedra	0,5	372,5	0,5	10	24	0,034
Bruñidora	3,5	2607,5	0,5	8,5	28	0,0365
Agujereadora Radial	1,5	1117,5	0,5	8,5	35	0,0435
Asiento Neumático	3	2235	1	8,5	37	0,0455
Rectificadora de válvulas	2,5	1862,5	2	8,5	40	0,0485
Asientos	2	1490	0,5	8,5	42	0,0505
Alesadora	0,5	372,5	0,5	13	39	0,052
Alesadora	0,5	372,5	0,5	13	37	0,05
Alesadora de biela	0,5	372,5	1	17	22	0,039
Rectificadora de biela	1	745	1	19	22	0,041
Asiento	0,5	372,5	0,3	19	24	0,043
Prensa	2	1490	0,3	19	29	0,048
Alesadora de biela	2	1490	0,5	21	20	0,041
Torno	25	18625	4	2	14	0,016
Soldadora 1	14,8	11050	1,5	13	20	0,033
Soldadora 2	9,1	6800	1,5	13	15	0,028
Rectificador	12,5	9275,25	4	20	1	0,021
Soldadora TIG	26,8	20000	0,5	13	1	0,014
Compresor	20	14900	2	8,5	12	0,0205

	X[m]	Y[m]
<b>Baricentro de Potencia</b>	<b>12</b>	<b>19</b>
<b>Baricentro de Energía</b>	<b>11</b>	<b>17</b>



A continuación se enumeran los equipos de protección que se encuentran aguas arriba de la acometida de la instalación.

Estación de transformación:

Transformador	P[KVA]	ukn%	urn%	Un[v]	Zt= 0,0127 ohm Rt= 0,00305 ohm Xt= 0,01233 ohm
	630	5	1,2	400	
Conductor de distribución	Preensamblado 3 x 95/50 mm <sup>2</sup>				Rt= 0,093 ohm Xt= 0,022 ohm
		L[Km]= 0,25			

Dentro de las curvas de coordinación se tuvieron en cuenta los siguientes puntos, sobre el transformador:

- Punto de conexión.
- Punto de cortocircuito.
- Sobrecarga.

No es materia de competencia de esta instalación, pero se consultaron los datos para una mejor evaluación de todas las características.

Fusibles de protección:

Lado de MT: HH 63A Lado de EDEA.

Lado de BT: NH 315A Lado de la Cooperativa de Electricidad Mar del Plata.

Interruptor de protección lado de baja tensión:

Interruptor Marca AEG Modelo Meb's de In= 1000A.

Térmico ajustado a I=900A.

Magnético ajustado a I=4000A.

Se desea comentar que en la caja donde se encuentra el medidor de energía no se ha dispuesto ninguna protección. Esto fue consultado, como todo lo que se mencionará en este trabajo, con personal técnico de la cooperativa de electricidad Mar del Plata (el taller se encuentra dentro del área de concesión de esta cooperativa).

Para mayor comodidad se mencionarán a continuación las secciones de los conductores y las corrientes de cortocircuito para cada circuito.

Circuitos	Líneas	S[mm <sup>2</sup> ]	IK(*) [A]	Tpo act[s]
Circuito 1	Acometida	70	4143	0,002
Circuito 2	A	4	717	0,005
Circuito 3	B	4	1089	0,005
Circuito 4	C	4	792	0,005
Circuito 5	D	4	643	0,005
Circuito 6	E	10	1498	0,005
Circuito 7	F	4	731	0,005
Circuito 8	G	4	809	0,005
Circuito 9	Rectificador	4	824	0,001
Circuito 10	TIG	10	1547	0,005
Circuito 11	Compresor	10	1400	0,001

(\*)Los valores de las corrientes de cortocircuito son al extremo de cada línea.

Esta es la misma tabla que se describió en el capítulo de elección de conductores.

En adelante se mencionan los elementos de protección y maniobra dispuestos desde el tablero principal hasta cada carga.

Tablero Principal:

Interruptor Marca Siemens Modelo Sentron VL 250.

$I_n = 250A$   $I_r = 0,4 - 1 \times I_n$   $I_i = 11 \times I_n$

Capacidad de ruptura = 40 KA.

Módulo electrónico ETU 22; protección de sistemas con funciones LSI y módulo RCD para protección diferencial, ajustado a 0,1A y 0,06segundos.

Código comercial : 3VL37 25-1BG46 (Interruptor + módulo electrónico)

Ajuste del módulo ETU 22. ( para mayor claridad se muestra la curva de ajuste en la próxima hoja )

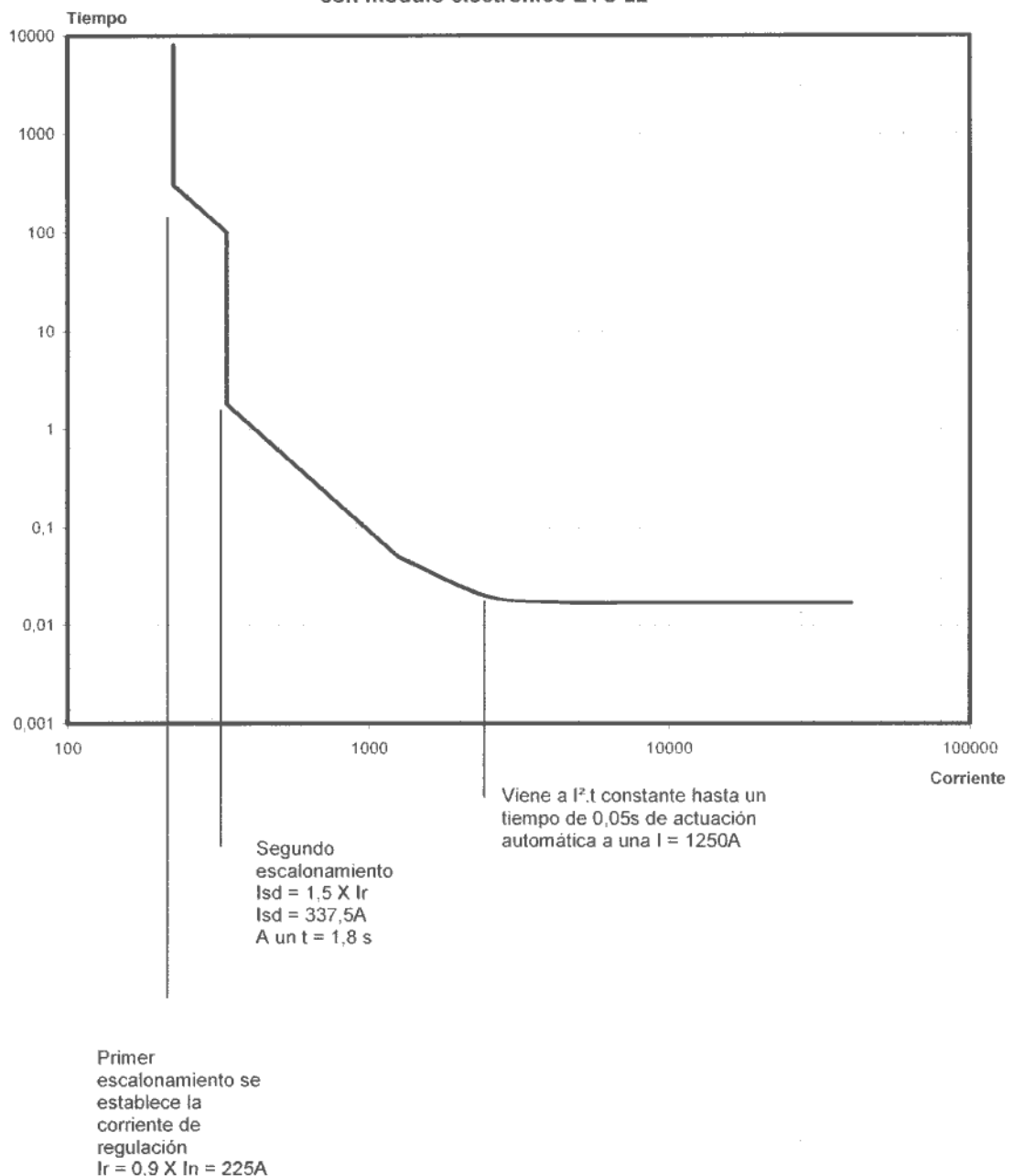
$I_n =$	400	Veces la $I_r =$	1,5	Veces la $I_n =$	5
X $I_n =$	0,63	$I_{sd} =$	378	$I_a =$	2000
$I_r =$	252	$t_{sd} =$	1,8	tiempo a =	0,05
		$I^2t =$	On		

Para el caso exclusivo del tablero principal se ha dispuesto un interruptor especial marca Siemens Modelo Sentron VL 250 con un módulo electrónico de escalonamiento por ajuste de corriente y de tiempo.

La curva donde se muestra detalladamente los puntos característicos de ajuste se muestran en la siguiente hoja.

El módulo que controla el escalonamiento se denomina ETU 22. A este mismo se le puede adosar otro modulo de actuación diferencial denominado RCD que ya se verá con más precisión a posteriori.

Escalonamiento y seteo del Interruptor VL 250  
con módulo electrónico ETU 22





**Tablero Seccional:** de este se ramifican todas las líneas de circuitos hacia las cargas. Como ya se mencionó, cada carga dispone de una protección individual y el circuito de distribución es protegido mediante un fusible.

Las líneas de circuitos de iluminación son protegidas, como se detalló en el cuadro de elección de conductores, mediante interruptores termomagnéticas y diferenciales del mismo calibre; acorde a lo estipulado por la Reglamentación de instalaciones térmicas y eléctricas del Partido de General Pueyrredón.

Elementos de protección de cada carga:

El interruptor Modelo 3RA1 Marca Siemens esta compuesto por un interruptor con protección contra sobrecargas y cortocircuito del tipo 3RV1 más un contactor del tipo 3RT1.

El tipo de coordinación es 2; no debe haber daño en ninguna parte del interruptor luego de eliminar una corriente de falla; a lo sumo podrán cambiarse los contactos del contactor.

#### Línea A Circuito 2

Equipos	Pot [HP]	Pot [Kw]	Aliment	le	3RA1 [Kw]	Tamaño	Itérmico [A]
Rectificadora de cigüeñales	6	<b>4,5</b>	Trif	7,1	3	S0	5,5-8
Rectificadora de cigüeñales	7	<b>5,2</b>	Trif	<b>8,3</b>	<b>4</b>	S0	7-10
Agujereadora	0,5	<b>0,4</b>	Mon	1,9	0,75	S00	1,4-2
Piedra	0,5	<b>0,4</b>	Mon	1,9	0,75	S00	1,4-2
Torno Wechecco	3	<b>2,2</b>	Trif	3,6	1,5	S0	2,8-4
Torno Sideral	6	<b>4,5</b>	Trif	7,1	3	S0	5,5-8
Torno Sideral	4	<b>3,0</b>	Trif	4,8	2,2	S0	4,5-6,3
Rectificadora de Volantes	3	<b>2,2</b>	Trif	3,6	1,5	S0	2,8-4
Torno Sideral	6	<b>4,5</b>	Trif	7,1	3	S0	5,5-8
Calefacción	4	<b>3,0</b>	Trif	4,8	2,2	S0	4,5-6,3
Limadora	3	<b>2,2</b>	Trif	3,6	1,5	S0	2,8-4

Protección de la línea A :

Seccionador con porta fusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 80A Marca Semikron

**Línea B Circuito 3**

Equipos	Pot [HP]	Pot [Kw]	Aliment	le	3RA1 [Kw]	Tamaño	Itérmico [A]
Balanceadora	2	1,5	Trif	2,4	1,1	S0	2,2-3,2
Montacargas	4	3,0	Trif	4,8	2,2	S0	4,5-6,3
Detector de fisuras	7	5,2	Trif	8,3	4	S0	7-10

Protección de la línea B :

Seccionador con porta fusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 80A Marca Semikron

**Línea C Circuito 4**

Equipos	Pot [HP]	Pot [Kw]	Aliment	le	3RA1 [Kw]	Tamaño	Itérmico [A]
Cilindradora	8	6,0	Trif	9,5	4	S0	7-10
Prensa	2	1,5	Trif	2,4	1,1	S0	2,2-3,2
Rectificadora plana	7	5,2	Trif	8,3	4	S0	7-10
Piedra	0,5	0,4	Mono	1,9	0,75	S00	1,4-2
Bruñidora	3,5	2,6	Trif	4,2	1,5	S0	3,5-5
Agujereadora Radial	1,5	1,1	Trif	1,8	0,75	S00	1,4-2
Asiento Neumático	3	2,2	Trif	3,6	1,5	S0	2,8-4
Rectificadora de válvula	2,5	1,9	Trif	3,0	1,5	S0	2,8-4
Asientos	2	1,5	Trif	2,4	1,1	S0	2,2-3,2
Alesadora	0,5	0,4	Mono	1,9	0,75	S00	1,4-2
Alesadora	0,5	0,4	Mono	1,9	0,75	S00	1,4-2

Protección de la línea C :

Seccionador con porta fusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 80A Marca Semikron

**Línea D Circuito 5**

Equipos	Pot [HP]	Pot [Kw]	Aliment	le	3RA1 [Kw]	Tamaño	Itérmico [A]
Alesadora de biela	0,5	0,4	Trif	0,6	0,18	S00	0,45-0,63
Rectificadora de biela	1	0,7	Trif	1,2	0,55	S00	1,1-1,6
Asiento	0,5	0,4	Trif	0,6	0,18	S00	0,45-0,63
Prensa	2	1,5	Trif	2,4	1,1	S0	2,2-3,2
Alesadora de biela	2	1,5	Trif	2,4	1,1	S0	2,2-3,2

Protección de la línea D :

Seccionador con portafusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 80A Marca Semikron

**Línea E Circuito 6**

	<b>Pot [HP]</b>	<b>Pot [Kw]</b>	<b>Alimen</b>	<b>le</b>	<b>Contactor con relevo térmico</b>
Torno	25	18,6	Trif	29,8	

Contactor : P = 22KW (AC-3) Tamaño S2 Marca Siemens

Relé térmico: P = 15KW Tamaño S2 I = 22 – 32 A Marca Siemens (fusible máx: 80 A gL/gG)

Protección de la línea E :

Seccionador con portafusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 80A Marca Semikron

**Línea F Circuito 7**

	<b>Pot[VA]</b>	<b>Pot [Kw]</b>	<b>Alimen</b>	<b>le</b>	<b>3RA1 [Kw]</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Itérmico [A]</b>
Soldadora 1	13000	12,4	Trif	19,8	11	S2	18-25

**Línea G Circuito 8**

	<b>Pot[VA]</b>	<b>Pot [Kw]</b>	<b>Alimen</b>	<b>le</b>	<b>3RA1 [Kw]</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Itérmico [A]</b>
Soldadora 2	9000	8,6	Trif	13,7	7,5	S0	11-16

**Línea H Circuito 9**

	<b>Pot[VA]</b>	<b>Pot [Kw]</b>	<b>Alimen</b>	<b>le</b>	<b>Contactor con relevo térmico</b>
Rectificador	8660	12	Trif	22,8	

Contactor : P = 15KW (AC-3) Tamaño S2 Marca Siemens

Relé térmico: P = 11KW Tamaño S2 I = 18 – 25 A Marca Siemens (fusible máx. 63 A gL/gG)

Protección de la línea H :

Seccionador con portafusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible aR 63A Marca Semikron

**Línea J Circuito 10**

	<b>Pot[VA]</b>	<b>Pot [Kw]</b>	<b>Alimen</b>	<b>le</b>	<b>Contactor con relevo térmico</b>
Soldadora TIG	25000	23,8	Bif	38,0	

Contactor : P = 30KW (AC-3) Tamaño S3 Marca Siemens

Relé térmico: P = 22KW Tamaño S3 I = 36 – 50 A Marca Siemens (fusible máx. 125 A gL/gG)

Protección de la línea J :

Interruptor Seccionador con portafusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 100A Marca Semikron

**Línea K Circuito 11**

	Pot[HP]	Pot [Kw]	Alimen	Ie	Contactor con relevo térmico
Compresor	20	14,9	Trif	27	

Contactor : P = 15KW (AC-3) Tamaño S2 Marca Siemens

Relé térmico: P = 15KW Tamaño S2 I = 22 – 32 A Marca Siemens (fusible máx. 80 A gL/gG)

Protección de la línea K :

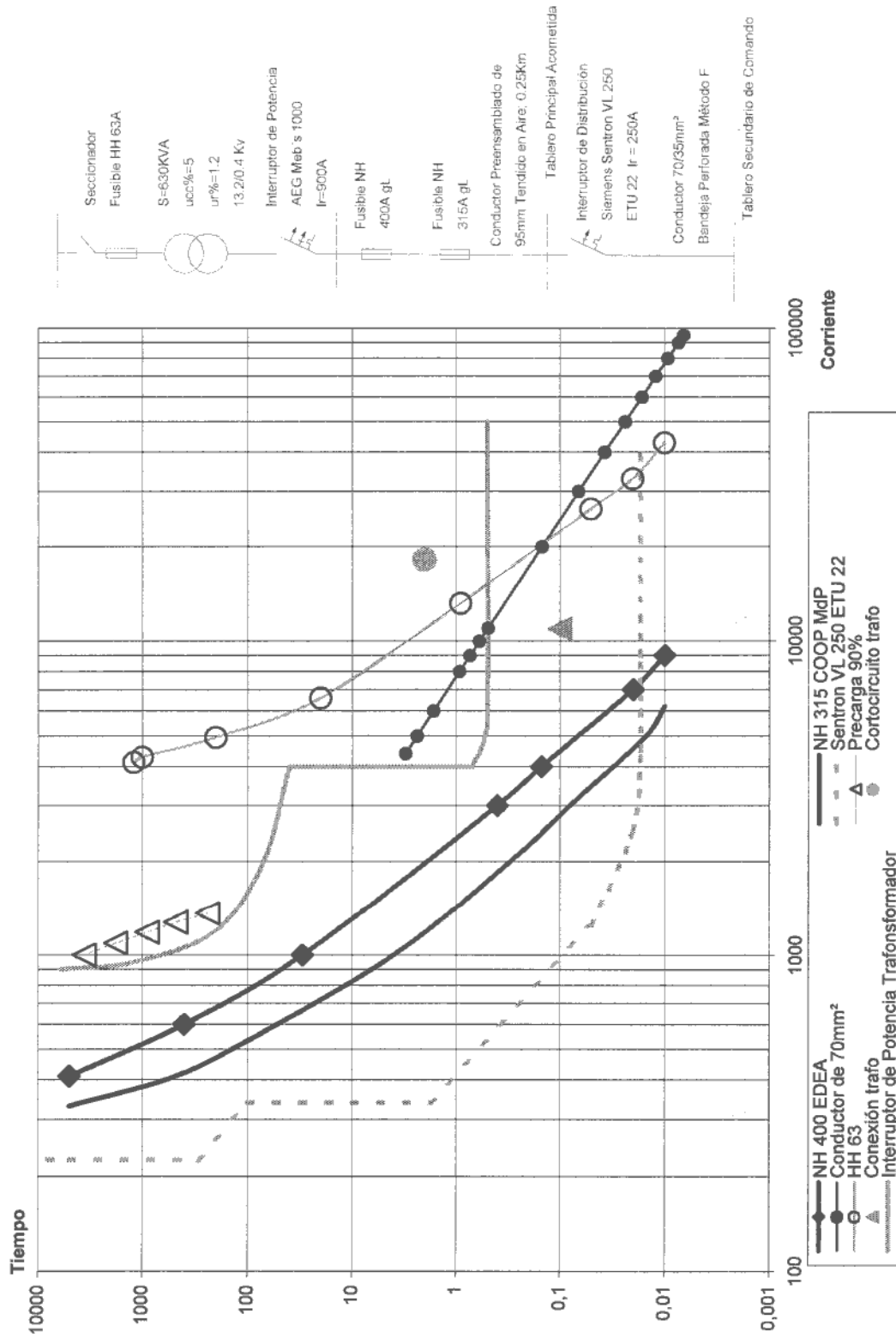
Interruptor Seccionador con portafusible Marca Zoloda Modelo VCF1F Base 000

Fusible NH 80A Marca Semikron

Todos los contactores con sus relevos térmicos se encuentran instalados en la proximidad de la carga. Debido a esto es que su tensión de comando corresponde a la de fase (220v).

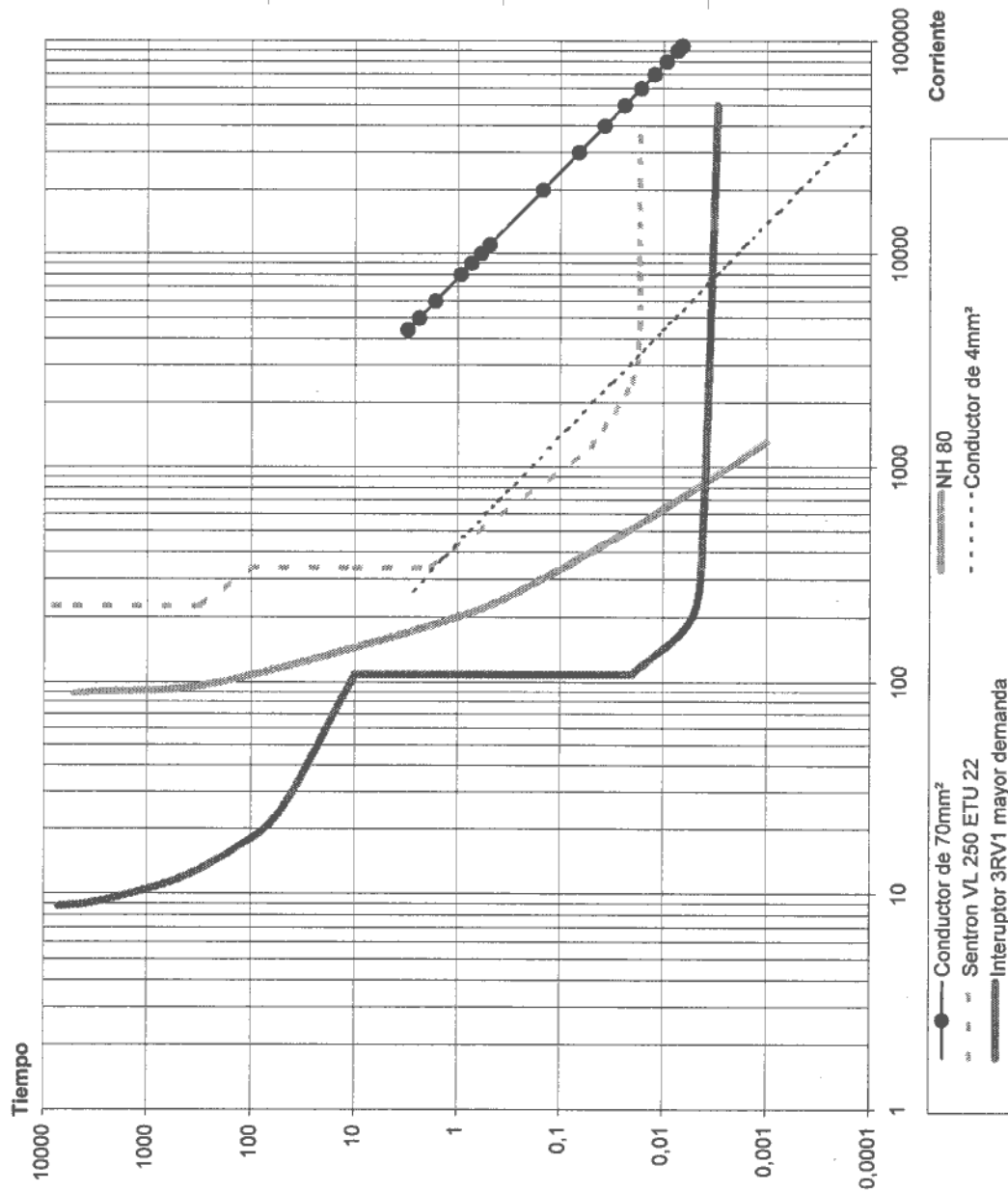
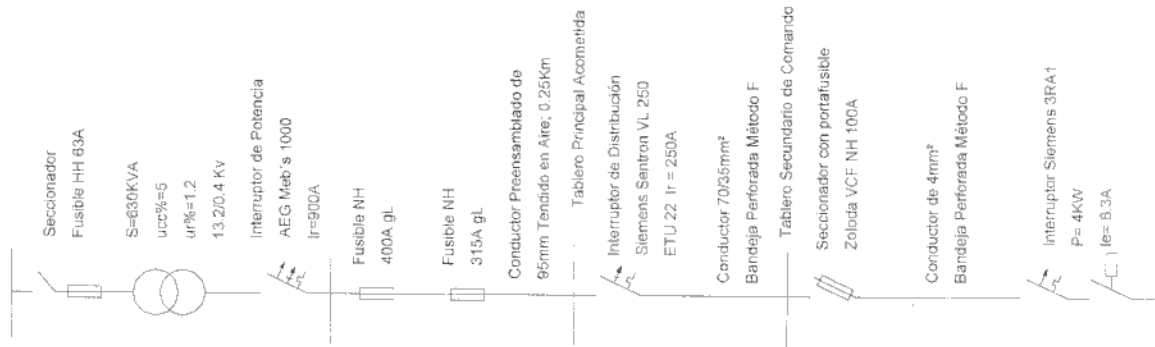
Las curvas que siguen a continuación muestran en detalle la coordinación de las líneas de circuitos.

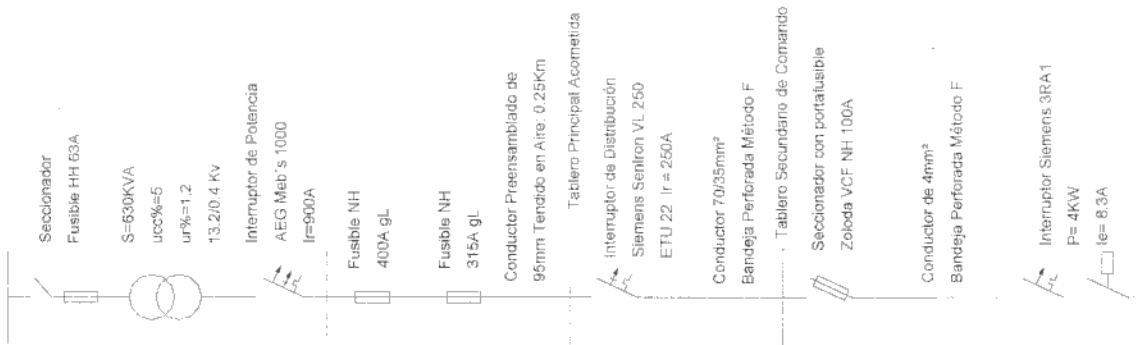
Coordinación de la Línea hasta la Acometida



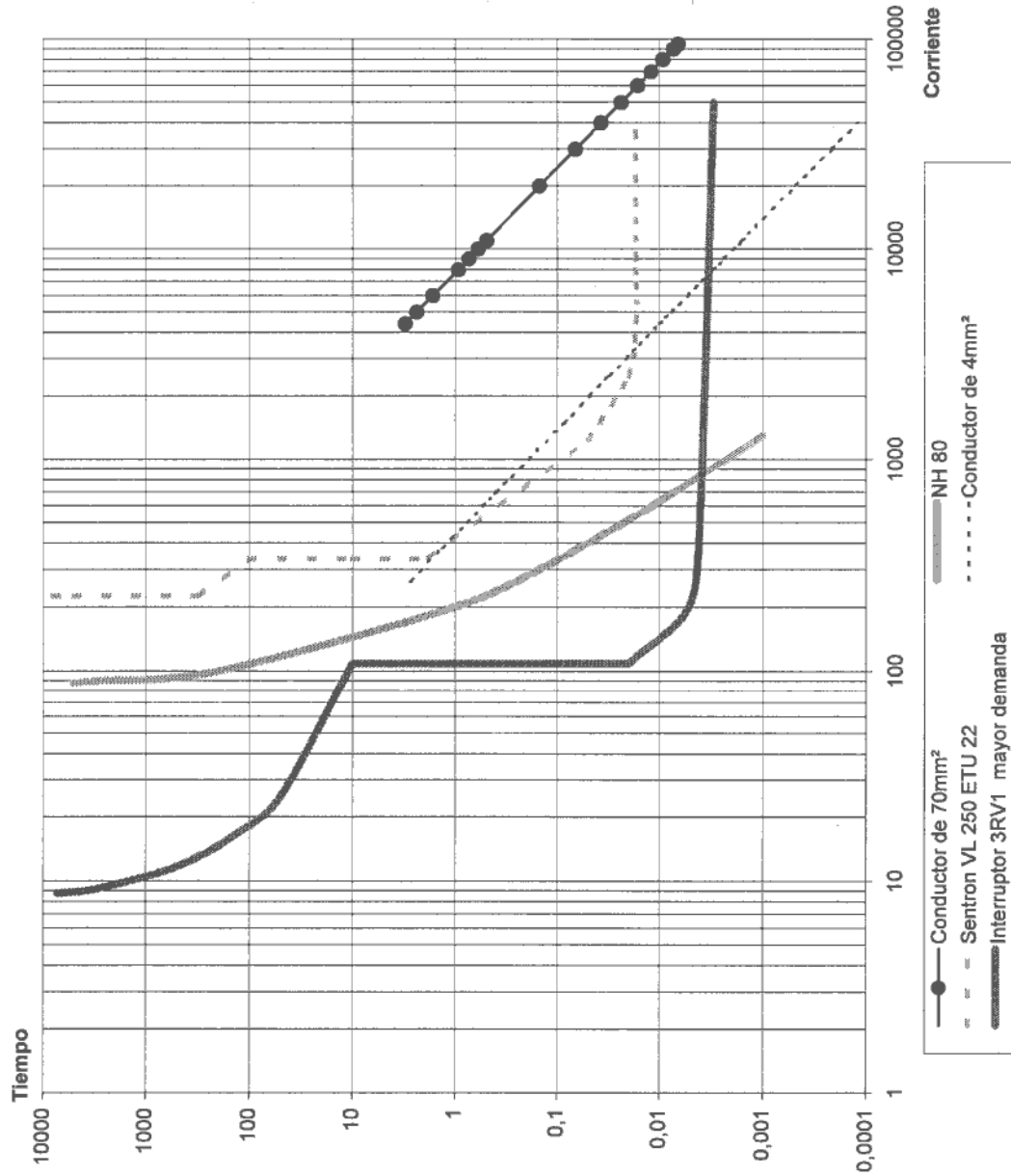


Coordinación de la Línea A Circuito 2

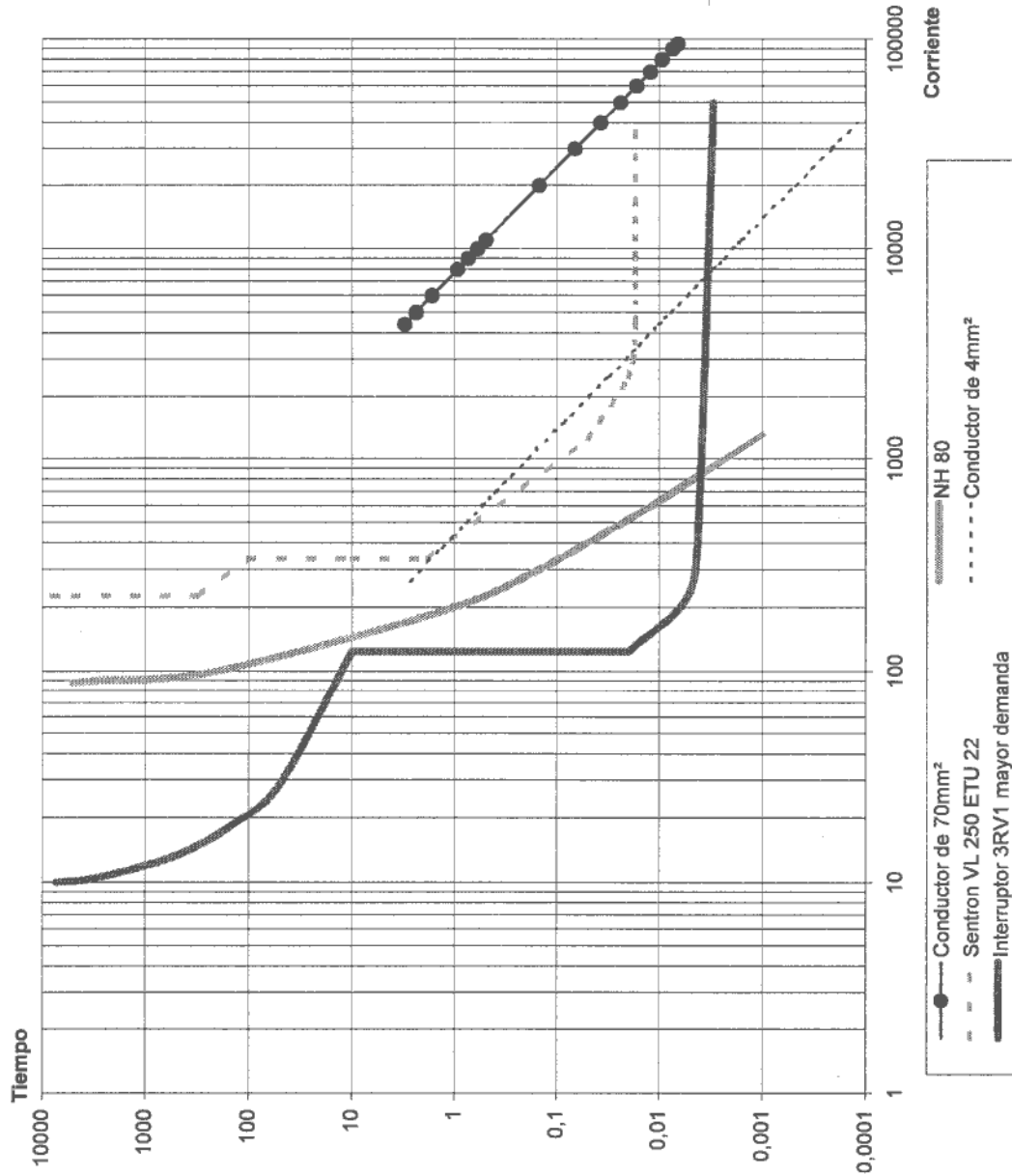
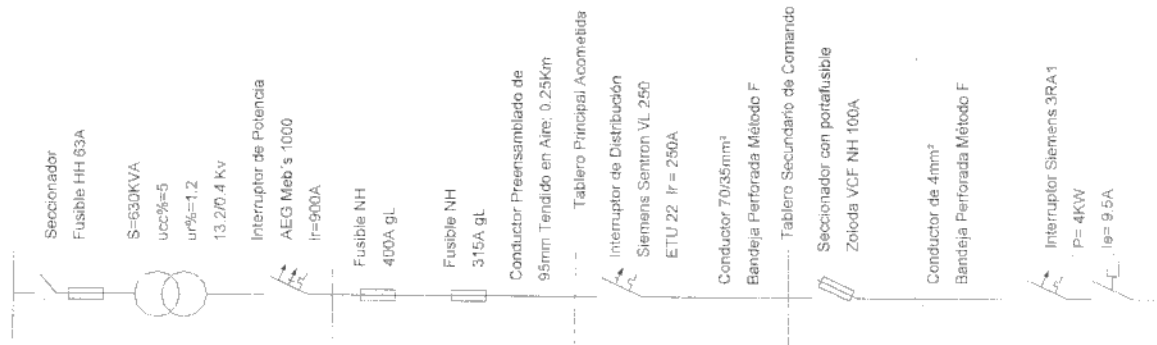


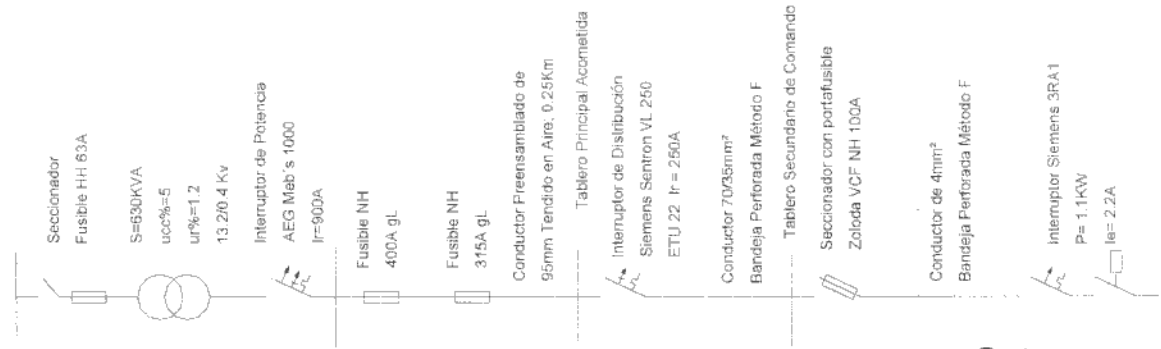


Coordinación de la Línea B Circuito 3

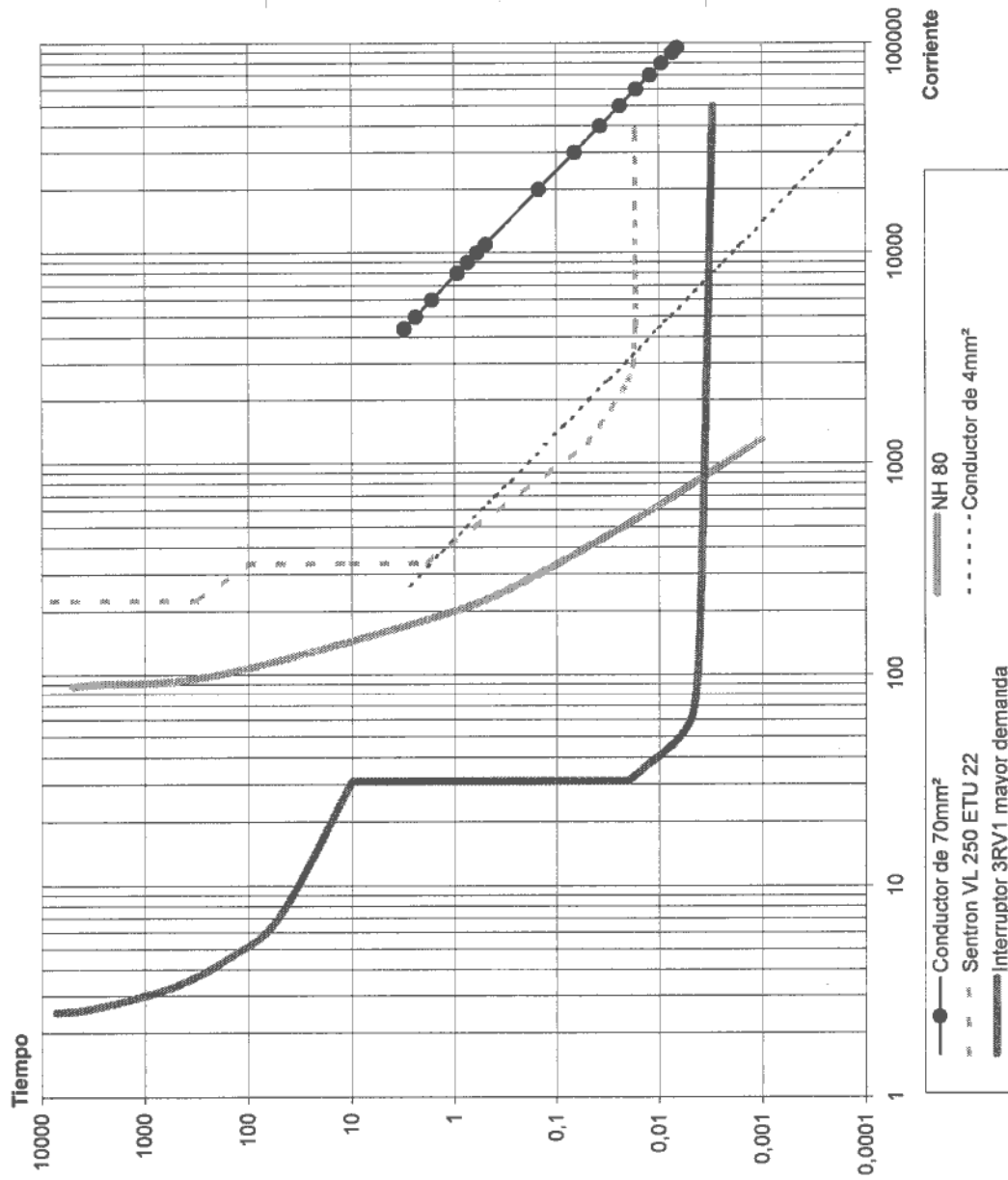


Coordinación de la Línea C Circuito 4

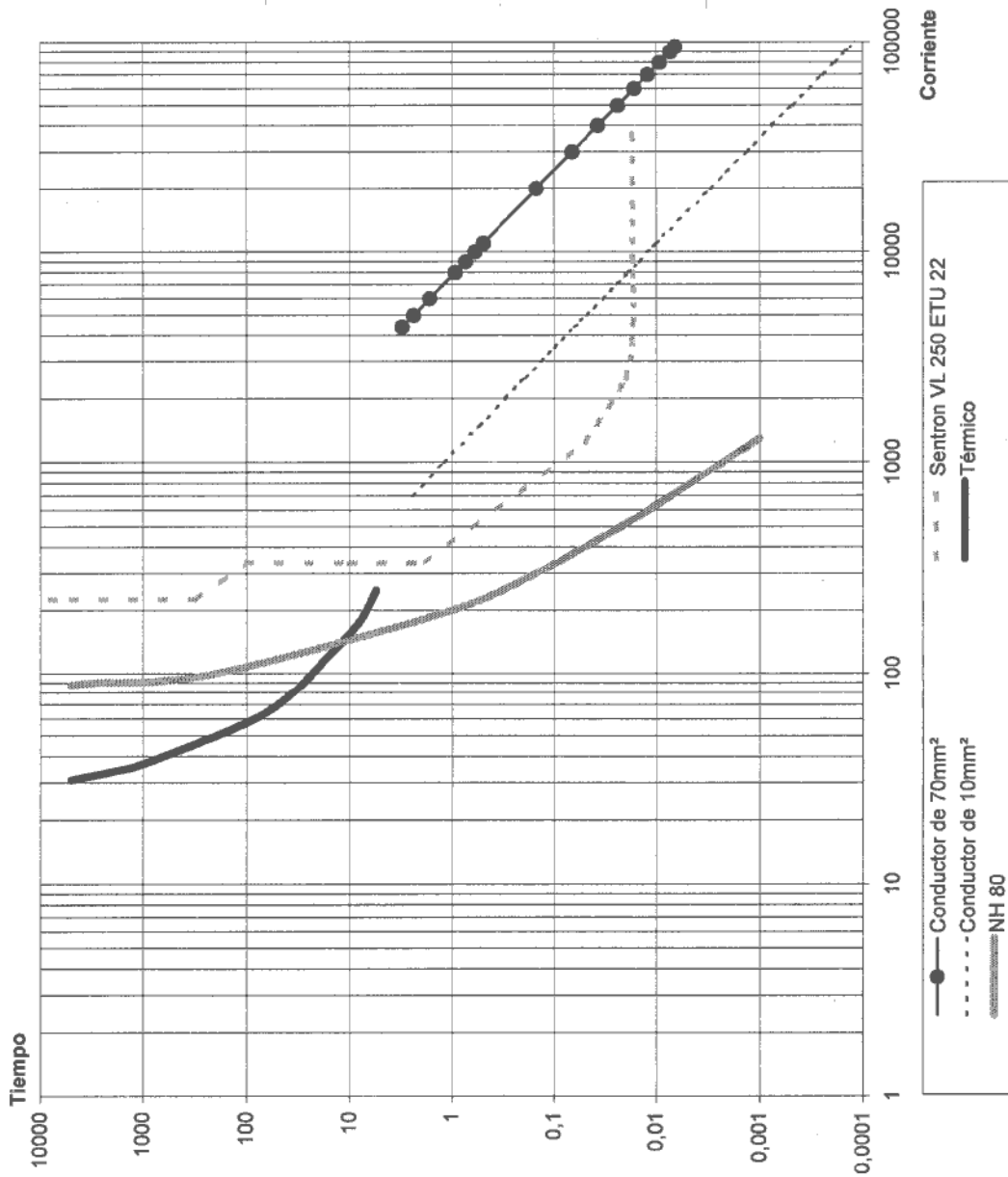
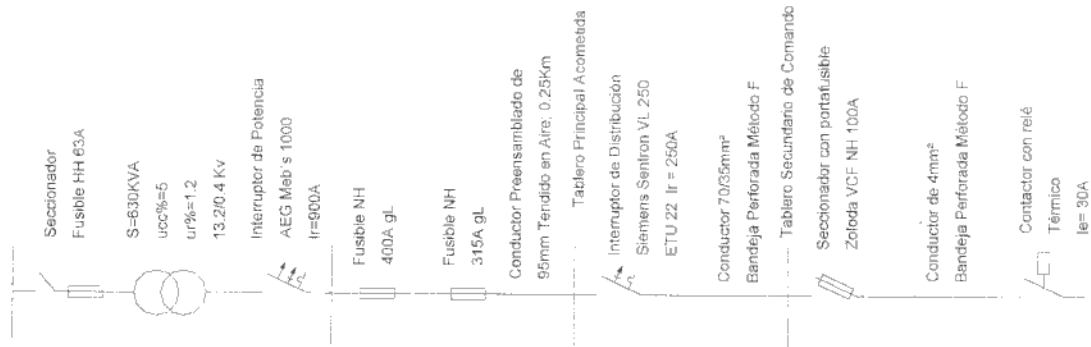


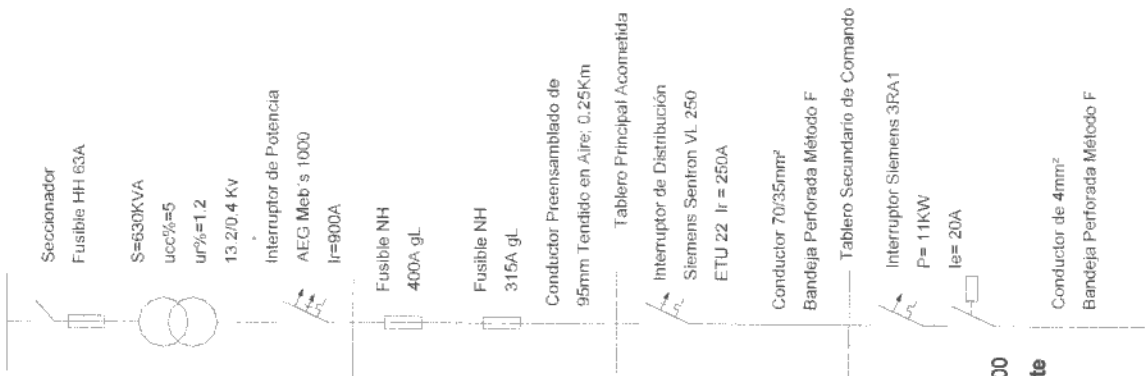


Coordinación de la Línea D Circuito 5

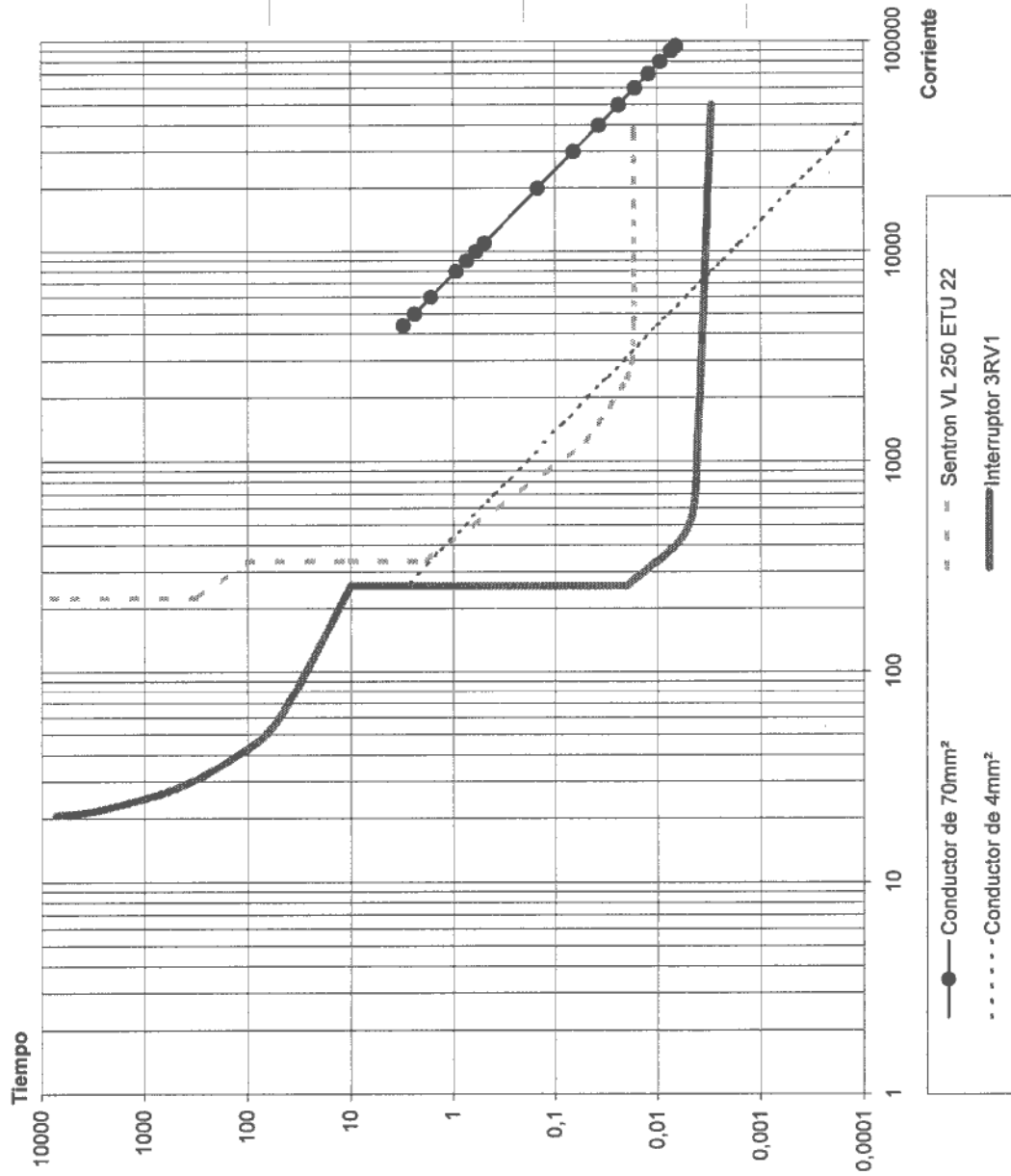


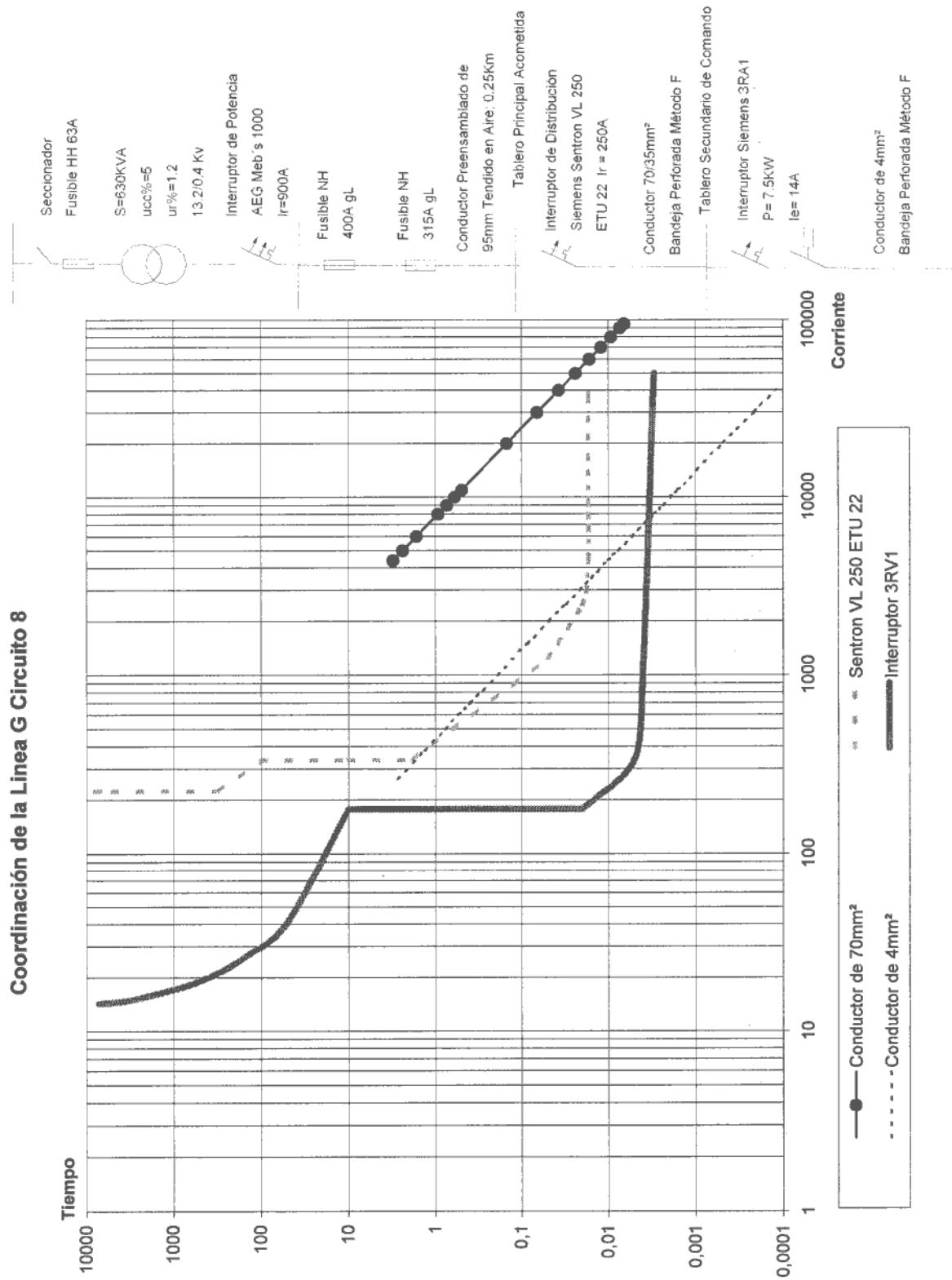
Coordinación de la Línea E Circuito 6

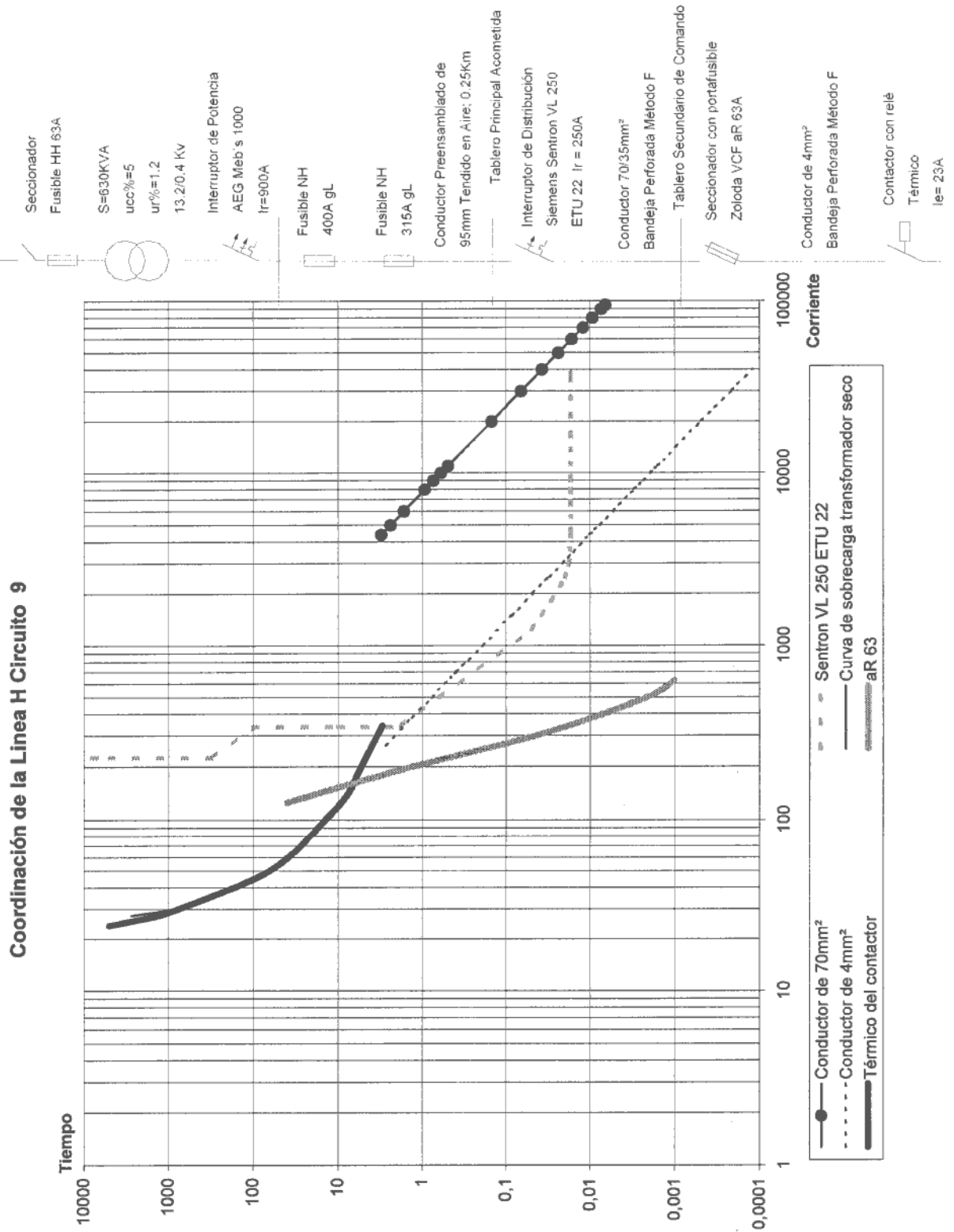




**Coordinación de la Línea F Circuito 7**

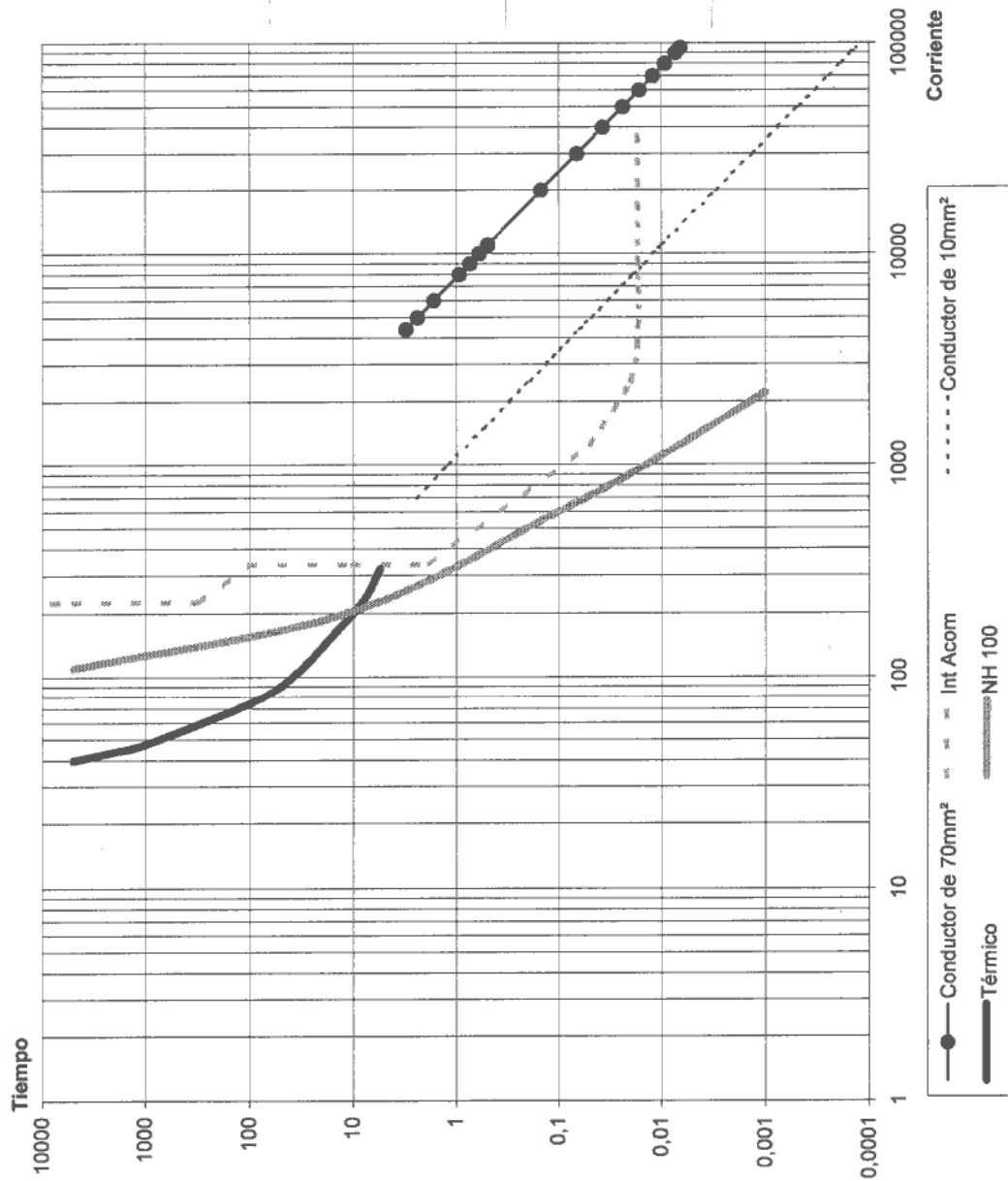
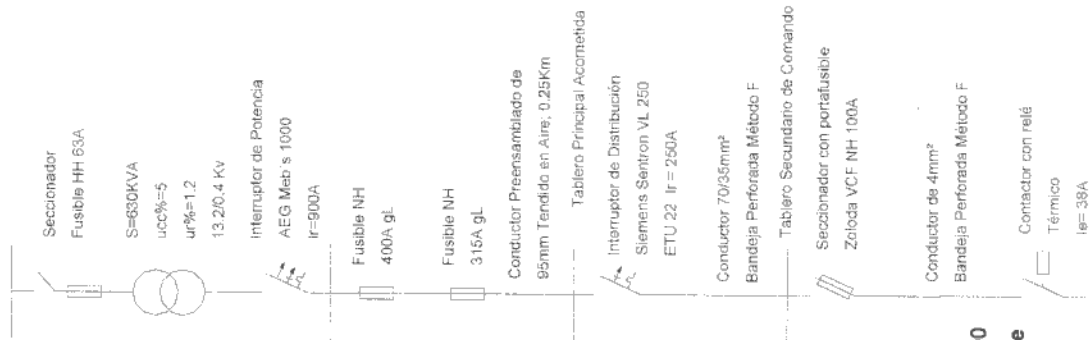




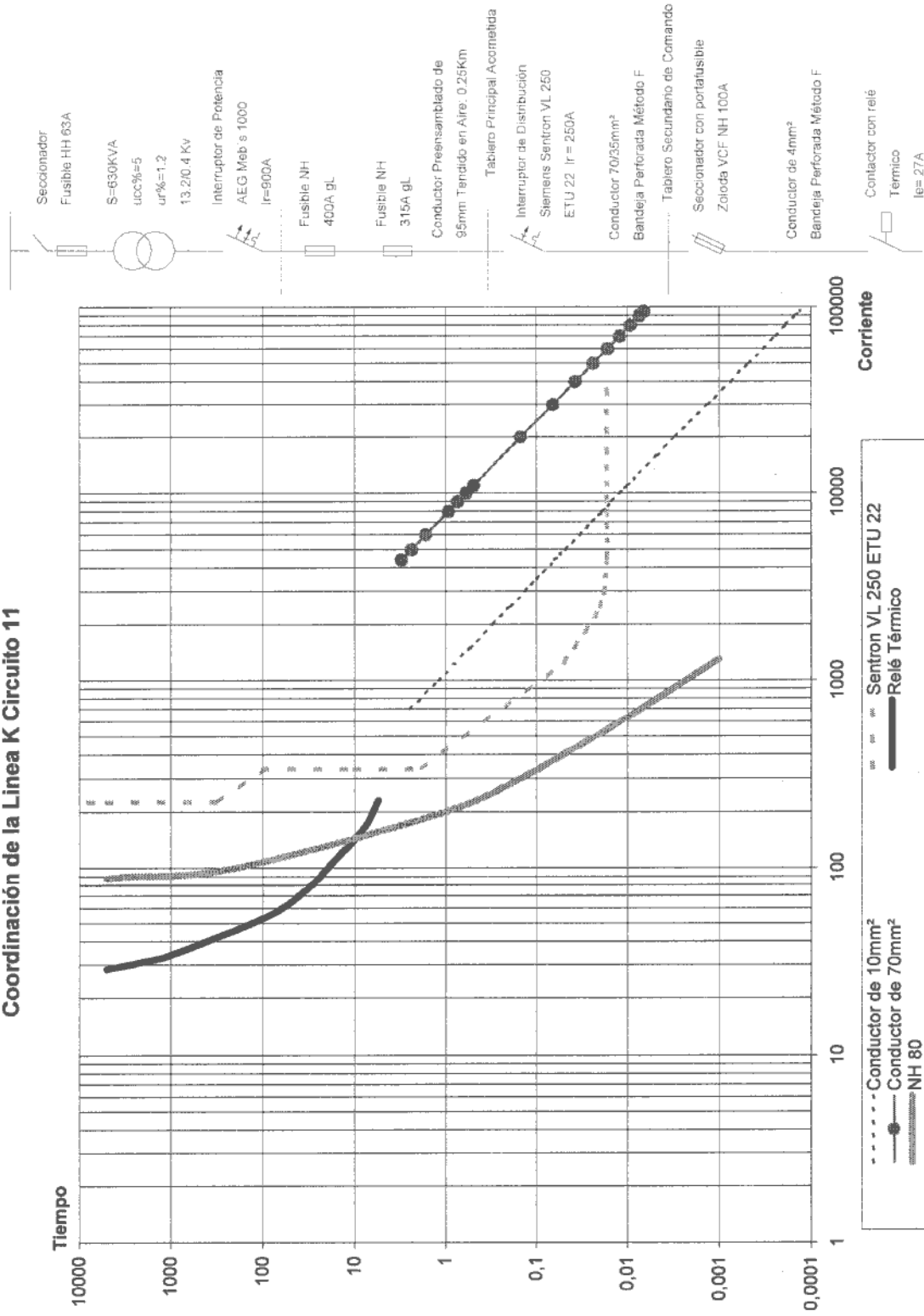




**Coordinación de la Línea J Circuito 10**



Coordinación de la Línea K Circuito 11



En especial para la protección de la línea H, circuito del rectificador se tuvo presente que de los elementos que lo componen, los más sensibles son los semiconductores. Debido a esto es que se colocaron fusibles ultrarápidos para protección de semiconductores, clare aR.

El otro elemento que compone un rectificador es el transformador; por lo tanto como medida precautoria se trazó la curva de sobrecarga en caliente del mismo; la cuál puede observarse en los gráficos de coordinación. De esta manera es posible verificar la protección del mismo por la acción del relé térmico del contactor. Cualquier falla que pudiera existir en algún devanado o bien de aislación será despejada por la apertura del circuito por parte del térmico.

La tabla de valores de sobrecarga de un transformador seco, es la que sigue:

I/In	In[A]	Tiempo[s]
1,2	27	2700
1,3	30	960
1,4	32	600
1,5	34	420
1,6	36	300

---

### **Líneas de tomacorrientes**

Para el desarrollo de estos circuitos se optó por lo que establece el Reglamento de Instalaciones Térmicas y Eléctricas del Partido de General Pueyrredón. Por otro lado la AEA establecen los siguientes parámetros; tomacorrientes de uso general mediante conductores de una sección de 2,5mm<sup>2</sup> con un máximo de 8 bocas por circuito.

Cada circuito posee una protección termomagnética de 25A y una protección diferencial del mismo calibre (Ver Anexo I “necesidad de la utilización de diferenciales superinmunizados”).

#### **Interruptores Termomagnéticos**

Marca: Siemens; Modelo: 5SY6; Capacidad de ruptura: 6KA; calibre: 25A.

Bipolar; Clase B; Norma DIN VDE 0641

Código comercial: 5SY6 020 6KV.

#### **Interruptores Diferenciales**

Marca: Siemens; Modelo: 5SM2; calibre: 25A;  $I_{\Delta n} = 30\text{mA}$ .

Tiempo de desconexión: 0,03 seg.

Bipolar; Norma VDE 0664

Código comercial: 5SM2 322-6

También se puede optar por una unidad combinada de la misma Marca, donde se cumplen ambas funciones en un solo elemento. Los mismos se deben elegir por el calibre de protección termomagnética y luego por el valor de la corriente de defecto de la protección diferencial.

El modelo es 5SU1 y para las características de más arriba el código único comercial es: 5SU1 356-6KV25; de calibre 25A y sensibilidad de 30mA.

La disposición de los tomacorrientes se encuentra en el plano de instalación eléctrica.

## Líneas de Iluminación

Los circuitos de iluminación han sido definidos en función a una división en zonas realizadas para el cálculo luminotécnico.

Para operación de las líneas se disponen de interruptores termomagnéticos de una capacidad de ruptura de 6KA.

Aunque el número de aparatos para la maniobra de los circuitos de iluminación resulta elevado, es conveniente al momento de tener la posibilidad de desconectar de la red determinadas zonas de tareas.

Los interruptores termomagnéticos dispuestos como elementos de protección y maniobra son los siguientes:

### Interruptores Termomagnéticos

Marca: Siemens; Modelo: 5SY6; Capacidad de ruptura: 6KA.

Bipolar; Clase C; Norma DIN VDE 0641; EN 60898

### Interruptores Diferenciales

(Ver Anexo I “necesidad de la utilización de diferenciales superinmunizados”)

Marca: Siemens; Modelo: 5SM2;  $I_{\Delta n} = 30\text{mA}$ .

Bipolar.

Tiempo de desconexión: 0,03 seg.

En la siguiente tabla se muestran las zonas y las denominaciones y en la que sigue cada línea con su elemento de protección y opcional.

Circuitos	Líneas
Circuito 12	2 y 3 fase 1
Circuito 13	2 y 3 fase 2
Circuito 14	4 fase 1
Circuito 15	4 fase 2
Circuito 16	5 fase 1
Circuito 17	5 fase 2
Circuito 18	6 fase 1
Circuito 19	6 fase 2
Circuito 20	7 fase 3
Circuito 21	8 y 9 fase 1
Circuito 22	8 y 9 fase 2
Circuito 23	10 fase 1
Circuito 24	10 fase 2
Circuito 25	11 fase 3
Circuito 26	12 fase 3
Circuito 27	Patio fase 3
Circuito 28	1 fase 3

Circuitos	IK [A]	Termomagnética		Diferencial		Opción Combinados
		Calibre	Código Comercial 5SY6 – 2XX-6	Calibre	Código Comercial	
Circuito 12	280,7	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 13	313,2	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 14	195,4	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 15	221	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 16	221	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 17	221	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 18	345	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 19	313,2	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 20	406,8	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 21	236,5	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 22	254,3	16	16	16	5SM2 322-6	16
Circuito 23	306,1	16	10	10	5SM2 322-6	10
Circuito 24	306,1	16	10	10	5SM2 322-6	10
Circuito 25	299,3	25	25	25	5SM2 322-6	25
Circuito 26	313,2	6	06	6	5SM2 322-6	6
Circuito 27	406,8	10	10	10	5SM2 322-6	10
Circuito 28	328,3	10	10	10	5SM2 322-6	10

Como se mencionó en la sección de líneas de tomacorrientes, la opción combinada corresponde a un aparato de protección y maniobra que se compone de un interruptor termomagnético y un diferencial; el cuál se puede elegir de una lista mediante calibre de termomagnético y por corriente de defecto en el caso de diferencial. La capacidad de ruptura de estos aparatos es de 6KA.

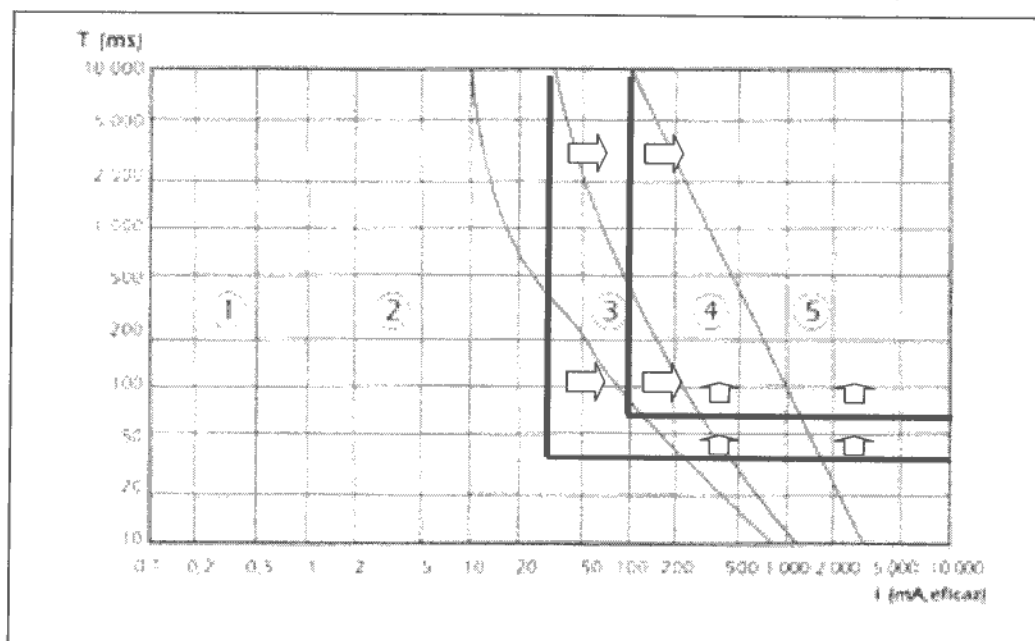
Esta última elección beneficia al momento de ahorrar espacio dentro del tablero seccional.

## Protección Diferencial

Como fue mencionado en los capítulos de protección atmosférica y en sistema de puesta a tierra, se ha previsto una protección contra contactos directos e indirectos por medio de interruptores diferenciales.

En la utilización de elementos con sensibilidad de corrientes mayores a 30mA, se provee una protección contra contactos indirectos; cuándo se llega a una sensibilidad menor a 30mA se logra una protección amplia adicional contra contactos directos involuntarios con partes activas.

En el siguiente esquema se describen las zonas de reacciones fisiológicas del cuerpo humano a las descargas de corrientes de defecto y se detallan las zonas que determinan las protecciones dispuestas.



Zonas de efectos de la corriente alterna 50/60 Hz sobre adultos	
Zona 1	Habitualmente ninguna reacción
Zona 2	Habitualmente ningún efecto fisiopatológico peligroso.
Zona 3	Habitualmente ningún riesgo de fibrilación.
Zona 4	Fibrilación posible (probabilidad hasta el 50%)
Zona 5	Riesgo de fibrilación (probabilidad superior al 50%)

Las líneas quebradas muestran a partir de que tiempo y que magnitud de corriente diferencial, actúan los interruptores.

Con estas curvas es posible observar con que marginalidad a la zona 4 se protege.

En las líneas de tomacorrientes y de iluminación se ha descrito cuales son los aparatos de protección diferencial utilizados.

Queda por describir entonces, para los circuitos de cargas de potencia (2 al 11); y para el tablero principal (circuito 1), el tipo y calibre de los elementos de protección diferencial.

Para las líneas de potencia (A – K) se disponen de elementos tetrapolares con una capacidad de ruptura de 3000A y una corriente de actuación de 30mA. La siguiente tabla muestra los calibres y sus códigos comerciales.

Circuitos	Líneas	Ip [A]	Diferencial	
			Calibre	Código Comercial
Circuito 2	A	20,5	25	5SM3 342 - 6KK00
Circuito 3	B	15,5	25	5SM3 342 - 6KK01
Circuito 4	C	14,8	25	5SM3 342 - 6KK02
Circuito 5	D	5,7	16	5SM3 111 - 6
Circuito 6	E	29,4	40	5SM3 344 - 6KK01
Circuito 7	F	19,8	25	5SM3 342 - 6KK02
Circuito 8	G	12,2	25	5SM3 342 - 6KK02
Circuito 9	Rectificador	22,8	40	5SM3 344 - 6KK01
Circuito 10	TIG	38,0	63	5SM3 346 - 6KK01
Circuito 11	Compresor	27,4	40	5SM3 344 - 6KK01

\* En el caso del circuito 5 la capacidad de ruptura es 1000A

En el tablero Principal se dispone de un módulo adaptable al interruptor; con una selectividad, tanto amperométrica como cronométrica con los elementos de protección diferencial conectados aguas debajo.

#### **Módulo Interruptor Diferencial**

Marca: Siemens; Modelo: RCD VL 250

$I_{\Delta n} = 0,1A$  (100mA).

Tiempo de desconexión: 0,06 seg.

Tetrapolar.

Código Comercial: 3VL9 325-5GE30



El siguiente cuadro muestra el escalonamiento propuesto.

<b>Tablero</b>	<b><math>I\Delta n</math> [A]</b>	<b>Tpo desconexión [s]</b>
Acometida / Principal	0,1	0,06
Seccional	0,03	0,03

A continuación se muestra los códigos de selección de los elementos de maniobra y protección dispuestos para cada circuito.

Circuito	Seccionador + Fusible	Interruptor Termomag.	Diferencial	Contactador	Relé Térmico
1		3VL37 25-1BG46	3VL9 325-5GE30		
2	VCF111043 NH 80		5SM3 342 - 6KK00		
3	VCF112041 NH 80		5SM3 342 - 6KK01		
4	VCF112041 NH 80		5SM3 342 - 6KK01		
5	VCF111043 NH 80		5SM3 111 - 6		
6	VCF112041 NH 80		5SM3 344 - 6KK01	3RT10361AP00	3RU364EB0
7		3RA11204AA26	5SM3 342 - 6KK02		
8		3RA112041JA26	5SM3 342 - 6KK02		
9	VCF111042 aR 63		5SM3 344 - 6KK01	3RT10341AP00	3RU11264DB0
10	VCF112041 NH 100		5SM3 346 - 6KK01	3RT10441AP00	3RU11464HB0
11	VCF111043 NH 80		5SM3 344 - 6KK01	3RT10341AP00	3RU103646B0 3RP1S0S1AQ30
12		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
13		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
14		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
15		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
16		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
17		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
18		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
19		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
20		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
21		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
22		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
23		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
24		5SY6-216-6	5SM2 322-6		
25		5SY6-225-6	5SM2 322-6		
26		5SY6-206-6	5SM2 322-6		
27		5SY6-210-6	5SM2 322-6		
28		5SY6-210-6	5SM2 322-6		

Al circuito 11, hay que agregarle el relé de retardo para el paso de estrella a triángulo:

Marca Siemens; Tipo: ON-DELAY ; tregulación: 0,5-10s; Código Comercial: 3RP1S0S1AQ30.

## Anexo I Utilización de Diferenciales Superinmunizados

### **Introducción.**

Ciertos equipos, como ser, balastos electrónicos, variadores de velocidad, arrancadores, equipos de computación, etc.; pueden perturbar las líneas eléctricas introduciendo en ellas o derivando hacia tierra corrientes de altas frecuencias, que si bien, no representan peligro alguno de electrocución para las personas, pueden producir el bloqueo del interruptor diferencial, es decir su no funcionamiento.

Por otro lado las sobretensiones producidas por actuación de dispositivos de protección en alguna parte de la instalación o por grandes cargas que entran en servicio, también pueden llevar a disparos no esperados en los interruptores diferenciales. Estos disparos son llamados intempestivos y provocan una falta de continuidad en el servicio.

La utilización de gran cantidad de artefactos de iluminación fluorescente trae el inconveniente de que los balastos electrónicos trabajan con tensiones de alta y baja frecuencia. Para evitar cualquier perturbación a la red, están provistos con filtros capacitivos conectados a tierra, los cuales descargan aquellas corrientes. De esta manera es que las corrientes de alta frecuencia bloquean la acción del interruptor diferencial en caso de existir alguna falla real; y las de baja frecuencia producen el disparo intempestivo.

**Desarrollo.**

En consecuencia a lo mencionado más arriba es que se recomienda la utilización de estos interruptores superinmunizados; como mínimo en el área de oficinas (iluminación por fluorescentes y equipos de computación); y para el equipo de rectificación.

**Interruptores Diferenciales (IEC 61008)**

- Zona Oficinas (Circuito 12 y líneas de tomacorrientes)

Marca: Merlin Gerin; Modelo: IDsi;  $I_{\Delta n} = 30\text{mA}$ .

$I_n = 10\text{A}$ . Bipolar.

Tiempo de desconexión: 0,03 seg.

Código : 23523

- Zona Rectificador (Circuito 9)

Marca: Merlin Gerin; Modelo: IDsi;  $I_{\Delta n} = 30\text{mA}$ .

$I_n = 40\text{A}$ . Tetrapolar.

Tiempo de desconexión: 0,03 seg.

Código : 23529.

## Introducción

La utilización de la energía eléctrica en el campo industrial implica una demanda de potencia reactiva a fin de generar los campos magnéticos necesarios en motores, transformadores, lámparas de descarga, etc. Esta demanda aunque no implica un aumento directo de la potencia activa, si aumenta la potencia aparente, para una misma potencia activa.

Esto lleva a una mala regulación de la tensión en la red de suministro; mayores pérdidas en las líneas y elementos de distribución y una mayor inversión que la que se requeriría con un buen factor de potencia.

Estas consecuencias redundan efectivamente sobre el aspecto económico de la misma.

En virtud de prevenir los inconvenientes en la calidad de servicio es que se procede a la penalización mediante la imposición de un valor de factor de potencia mínimo. El tipo de penalización es la económica, impuesta en cada factura de servicio.

Cuándo las demandas de las distintas cargas requieren de mayor energía reactiva, y no es posible mantenerse en el rango permitido por la empresa distribuidora de energía eléctrica, se disponen de bancos de capacitores. Estos pueden ser conectados y actuar de distintas formas como se verá más adelante.

Ventajas de la corrección del factor de potencia:

- ✓ Reducción de las multas
- ✓ Reducción de las caídas de tensión: al reducir la potencia reactiva disminuyen las corrientes que circulan por las líneas.
- ✓ Menores secciones de los conductores: por cuanto se logra una reducción en la corriente, o menores pérdidas por efecto Joule: como una consecuencia de la disminución de la corriente.

La compensación de energía reactiva puede lograrse, en primera instancia, de las siguientes formas:

- Compensación individual.

Este tipo de compensación requiere de un análisis pormenorizado de la totalidad de las cargas. Es utilizada para grandes cargas que pasan mucho tiempo conectadas a potencia constante.

- Suprime las penalizaciones.
- Disminuyen las corrientes por los conductores.
- Se minimizan las pérdidas por efecto Joule.

- Compensación grupal.

Esta forma de compensar tiene en cuenta, o bien agrupa, aquellas cargas que tienen coeficientes de simultaneidad del mismo orden (o sea bajo o alto).

- Suprime las penalizaciones
- Las corrientes no son tan disminuidas; solo hasta su punto de instalación.
- Se optimiza parte de la instalación.

- Compensación general o centralizada.

Es aquella que se dispone en el tablero principal; próximo a la salida del medidor de energía. El cálculo requiere un conocimiento amplio de todas las cargas, al igual que en la compensación individual

- Suprime penalizaciones
- Las cargas no ven tan aliviadas, dado que se lleva a toda la instalación tanto potencia activa como reactiva.
- Disminuyen los costos de instalación individual de banco de capacitores.

En los procedimientos de cálculo se deberá determinar el valor del banco de capacitores. La ecuación que lo permite es la que sigue:

$$Q_{cap} = P \times (\operatorname{tg}(\cos^{-1}(fp_{carga})) - \operatorname{tg}(\cos^{-1}(0,95)))$$

### Situación actual

Para la determinación del estado de la instalación fue sencillo, dado que solo se solicitaron las boletas de medición de energía eléctrica. Estas, como se podrá observar, muestran que se esta abonando una cifra de multa por exceso de consumo de energía reactiva.

El taller cuenta en su tablero principal con un banco de capacitores fijo de valor de  $Q = 10\text{KVAR}$ . A continuación se transcriben los detalles de las facturas de consumo por un periodo de un año.

#### Detalle de lo facturado

		Banco fijo de 10000VAR				Ebanco=	7200	KVAR.h
Consumos Mes	Año	Facturado			Exceso E'q [KVAR.h]	Exceso [\$]	Exceso Consum	
		Ep KW.h	Eq KVAR .h	FP mens				
Noviembre	2003	7285	4975	0,83	2582	\$ 64,55	9782	
Diciembre	2003	5331	3908	0,81	2156	\$ 53,90	9356	
Enero	2004	5885	4127	0,82	2192	\$ 54,79	9392	
Febrero	2004	5182	3453	0,83	1748	\$ 43,71	8948	
Marzo	2004	4672	3379	0,81	1842	\$ 46,07	9042	
Abril	2004	5242	4026	0,79	2303	\$ 57,58	9503	
Mayo	2004	5950	4531	0,80	2578	\$ 64,47	9778	
Junio	2004	7571	5507	0,81	3017	\$ 75,41	10217	
Julio	2004	7918	6197	0,79	3598	\$ 89,95	10798	
Agosto	2004	6740	5488	0,78	3272	\$ 81,79	10472	
Septiembre	2004	6595	5281	0,78	3116	\$ 77,89	10316	
<b>Promedios de los totales</b>		<b>6216</b>	<b>4625</b>	<b>0,80</b>	<b>2582</b>	<b>\$ 64,6</b>	<b>9782</b>	
		KW. h	KVAR .h		KVAR .h		KVAR .h	

En esta instancia estamos en condiciones de determinar aproximadamente cual sería el valor del banco de capacitores que se debería agregar al existente para que no se abonen mas excesos de potencia reactiva.

Considerando el peor mes del ciclo; Julio del año 2004 se puede obtener el valor del banco siendo:

$$E_{reac\ exc} = E_{reac\ medida} - \text{tg}(\cos^{-1}(0.95)) \times E_{activa} = E_{reac\ med} - 0.3286 \times E_{activa}$$

$$Q_{cap} \times t = E_{reac\ exc} \Rightarrow Q_{cap} = \frac{E_{reac\ exc}}{t} = \frac{E_{reac\ exc}}{24hs \times 31días}$$

Por lo tanto el banco necesario sería de:

$$Q_{cap} = \frac{3598KVAR}{744} = 4836VAR \quad \text{para el mes de mayor consumo}$$

Este valor obtenido debería agregarse al banco de 10KVAR ya existente. Esta compensación resulta del tipo generalizada y fue obtenida por simple inspección de las facturas de consumo eléctrico.

El cuadro que se muestra en la siguiente página muestra las características de cada carga. Los cálculos realizados surgen de una verificación de las estimaciones realizadas. Estas son: factores de potencia desconocidos de más de la mitad de las cargas y sus tiempos de utilización.

Sobre el final de la tabla se muestran los valores de energía total consumida; activa, reactiva y la excedente; que sería necesaria compensar, para las estimaciones realizadas. De esta manera se muestra que fueron bastantes acertados los valores asignados, de factores de potencia y tiempos de utilización; ya que aquellos resultan muy cercanos a los volcados más arriba de la factura de consumo eléctrico.



								A compensar
Equipos	Pot [HP]	Pot[W]	FP	Q [VAR]	t [h]	Ep[W.h]	Eq[Var.h]	E'q [Var.h]
Rect cigüeñales	6	4470	0,82	<b>3120</b>	2,5	11175	7800	4127
Rect cigüeñales	7	5215	0,82	<b>3640</b>	2,5	13038	9100	4815
Agujereadora	0,5	372,5	0,88	<b>201</b>	0,5	186	101	39
Piedra	0,5	372,5	0,88	<b>201</b>	0,5	186	101	39
Torno Wehecco	3	2235	0,83	<b>1502</b>	2	4470	3004	1535
Torno Sideral	6	4470	0,83	<b>3004</b>	2	8940	6008	3069
Torno Sideral	4	2980	0,83	<b>2003</b>	2	5960	4005	2046
Rect Vol	3	2235	0,83	<b>1502</b>	1	2235	1502	767
Torno Sideral	6	4470	0,83	<b>3004</b>	2	8940	6008	3069
Calefacción	4	2980	0,88	<b>1608</b>	1	2980	1608	629
Limadora	3	2235	0,88	<b>1206</b>	0,5	1118	603	236
Balaceadora	2	1490	0,88	<b>804</b>	1	1490	804	314
Montacargas	4	2980	0,85	<b>1847</b>	0,5	1490	923	434
Detector de fisuras	7	5215	0,86	<b>3094</b>	0,5	2608	1547	690
Cilindradora	8	5960	0,85	<b>3694</b>	1	5960	3694	1735
Prensa	2	1490	0,85	<b>923</b>	0,5	745	462	217
Rectificadora plana	7	5215	0,83	<b>3505</b>	0,5	2608	1752	895
Piedra	0,5	372,5	0,88	<b>201</b>	0,5	186	101	39
Bruñidora	3,5	2607,5	0,87	<b>1478</b>	0,5	1304	739	310
Agujereadora Radial	1,5	1117,5	0,89	<b>573</b>	0,5	559	286	103
Asiento Neumático	3	2235	0,89	<b>1145</b>	1	2235	1145	410
Rectificadora de val	2,5	1862,5	0,83	<b>1252</b>	2	3725	2503	1279
Asientos	2	1490	0,86	<b>884</b>	0,5	745	442	197
Alesadora	0,5	372,5	0,90	<b>180</b>	0,5	186	90	29
Alesadora	0,5	372,5	0,89	<b>191</b>	0,5	186	95	34
Alesadora de biela	0,5	372,5	0,85	<b>231</b>	1	373	231	108
Rectificadora de biela	1	745	0,87	<b>422</b>	1	745	422	177
Asiento	0,5	372,5	0,88	<b>201</b>	0,3	112	60	24
Prensa	2	1490	0,85	<b>923</b>	0,3	447	277	130
Alesadora de biela	2	1490	0,85	<b>923</b>	0,5	745	462	217
Torno	25	18625	0,85	<b>11543</b>	4	74500	46171	21684
Soldadora 1	15	11050	0,85	<b>6848</b>	1,5	16575	10272	4824
Soldadora 2	9	6800	0,85	<b>4214</b>	1,5	10200	6321	2969
Rectificador	12	9275,2	0,80	<b>6956</b>	4	37101	27826	15631
Soldadora TIG	27	20000	0,80	<b>15000</b>	0,5	10000	7500	4213
Compresor	20	14900	0,84	<b>9624</b>	2	29800	19249	9454

Ep [KW.h]    Eq [KVAR.h]    E'q [KVAR.h]

Energía total en un día =    264    173    86

Energía total por mes =    **6860**    4504    2249

**Factor de Potencia actual de la instalación                      Fp=    0,84**

## Desarrollo

Una vez que se estimaron los valores de factores de potencia, se trabajó sobre el cálculo de la nueva instalación. De acuerdo al trazado de los conductores de distribución el detalle de consumos de energía reactiva queda de la siguiente forma:

### Instalación Proyectada

#### Línea A Circuito 2

Equipos	Pot [HP]	FP	Q [VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Rect cigueñales	6	0,82	3120	1469	1651
Rect cigueñales	7	0,82	3640	1714	1926
Agujereadora	0,5	0,88	201	122	79
Piedra	0,5	0,88	201	122	79
Torno W	3	0,83	1502	735	767
Torno Sideral	6	0,83	3004	1469	1535
Torno Sideral	4	0,83	2003	979	1023
Rect Vol	3	0,83	1502	735	767
Torno Sideral	6	0,83	3004	1469	1535
Calefacción	4	0,88	1608	979	629
Limadora	3	0,88	1206	735	472
Total Potencia [W]=	32035	Total reac [VA]=	20991		

Simultaneidad= 0,4

Demanda de Potencia Reactiva de la línea **Cable A** [VAR]= **20991**

Potencia Reactiva a compensar [VAR] = **4185**

#### Línea B Circuito 3

Equipos	Pot [HP]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Balanceadora	2	0,88	804	490	314
Montacarga	4	0,85	1847	979	867
Detector de fisuras	7	0,86	3094	1714	1380
Total Potencia [W]=	9685	Total reac [VA]=	5745		

Simultaneidad= 1

Demanda de Potencia Reactiva de la línea **Cable B** [VAR]= **5745**

Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **2562**

**Linea C Circuito 4**

Equipos	Pot [HP]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Cilindradota	8	0,85	3694	1959	1735
Prensa	2	0,85	923	490	434
Rectificadora plana	7	0,83	3505	1714	1790
Piedra	0,5	0,88	201	122	79
Bruñidora	3,5	0,87	1478	857	621
Agujereadora Radial	1,5	0,89	573	367	205
Asiento Neumático	3	0,89	1145	735	410
Rectificadora de val	2,5	0,83	1252	612	639
Asientos	2	0,86	884	490	394
Alesadora	0,5	0,9	180	122	58
Alesadora	0,5	0,89	191	122	68
<b>Total Potencia [W]=</b>	<b>23095</b>	<b>Total reac [VA]=</b>	<b>14025</b>		

Simultaneidad= 0,4

Demanda de Potencia Reactiva de la linea **Cable C** [VAR]= **14025**  
Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **2574**

**Linea D Circuito 5**

Equipos	Pot [HP]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Alesadora de biela	0,5	0,85	231	122	108
Rectificadora de biela	1	0,87	422	245	177
Asiento	0,5	0,88	201	122	79
Prensa	2	0,85	923	490	434
Alesadora de biela	2	0,85	923	490	434
<b>Total Potencia [W]=</b>	<b>4470</b>	<b>Total reac [VA]=</b>	<b>2701</b>		

Simultaneidad= 0,8

Demanda de Potencia Reactiva de la linea **Cable D** [VAR]= **2701**  
Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **985**

**Linea E Circuito 6**

Equipos	Pot [HP]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Torno de 3 mts	25	0,85	11543	6122	5421
<b>Total Potencia [W]=</b>	<b>18625</b>				

Demanda de Potencia Reactiva de la linea **Cable E** [VAR]= **11543**  
Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **5421**

**Linea F Circuito 7**

Equipos	Pot [VA]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Soldadora 1	13000	0,85	6848	4059	2789
<b>Total Potencia [W]=</b>	<b>11050</b>				

Demanda de Potencia Reactiva de la linea **Cable F** [VAR]= **6848**  
Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **2789**

**Linea G Circuit 8**

Equipos	Pot [VA]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
Soldadora 2	8000	0,85	4214	2498	1716
Total Potencia [W]=	6800				

Demanda de Potencia Reactiva de la línea **Cable F** [VAR]= **4214**  
 Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **1716**

**Linea H Circuito 9**

	Pot [VA]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
	15563	0,8	9338	4859	4478
Total Potencia [W]=	12450				

Demanda de Potencia Reactiva de la línea de Rectific [VAR]= **9338**  
 Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **4478**

**Linea J Circuito 10**

	Pot [VA]	FP	Q[VAR]	Q a FP=.95	Q a compen
	25000	0,85	13170	7806	5363
Total Potencia [W]=	21250				

Demanda de Potencia Reactiva de la línea de Sold TIG [VAR]= **13170**  
 Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **5363**

**Linea K Circuito 11**

Factor de Potencia=	0,84
Total Potencia [W]=	14900

Demanda de Potencia Reactiva de línea Compresor [VAR]= **9624**  
 Potencia Reactiva a compensar [VAR]= **4727**

La disposición de las cargas lleva a una demanda de potencia reactiva de:

Línea	P[W]	Q[VAR]	Qcomp[VAR]
A	32035	20991	<b>4185</b>
B	9685	5745	<b>2562</b>
C	23095	14025	<b>2574</b>
D	4470	2701	<b>985</b>
E	18625	11543	<b>5421</b>
F	11050	6848	<b>2789</b>
G	6800	4214	<b>1716</b>
H Rectificador	6800	9338	<b>4478</b>
J TIG	21250	13170	<b>5363</b>
K Compresor	14900	9624	<b>4727</b>

En esta instancia un análisis económico de alternativas sería lo más conveniente para llevar adelante una elección acertada sobre el tipo de compensación a realizar.

## Análisis económico de alternativas

En estudios económicos donde es necesario comparar entre distintas alternativas de un proyecto se utilizan métodos de análisis que permiten realizar dicha estimación sobre una base uniforme de comparación.

El método utilizado, valor presente, tiene en cuenta el valor temporal del dinero invertido con el tiempo. Se aplica una tasa de interés aceptable del 8% anual; para un plazo de 10 años.

Este método nos dará una idea de cuanto será el dinero, al tiempo presente, para cada una de las alternativas.

Las distintas alternativas son:

- No compensar y continuar abonando multas por exceso.
- Compensar con un banco fijo de capacitores
- Compensar en grupos de circuitos de un valor de 5KVAR.
- Centralizada automática.

La ecuación que nos permite calcular el valor del dinero al tiempo presente es:

$$VP = \sum_{i=1}^{10} \frac{Cv}{(1+r)^i} \quad r = \text{TIR}$$

En la presente ecuación, para el primer año se deberá agregar a los costos variables, los costos de inversión fija (costos de compra de equipos y de instalación).

Como se ha mencionado más arriba, el factor de potencia de la instalación es corregido mediante un banco total de 15KVAR (10KVAR que ya existen y 5KVAR adicionales que surgen del análisis de las facturas de consumo).

De esta manera se realiza el estudio de costos, de distintas alternativas económicas.

Dado que durante la realización de este proyecto final el banco de capacitores existente de 10KVAR dejó de funcionar es que el siguiente análisis se realiza sobre uno de 15KVAR.

### **Análisis de alternativas económicas**

#### **Alternativa 1**

No colocar ningún equipo corrector de factor de potencia.

Excedente Energía Reactiva [\$/mes] = 221  
Excedente por año[\$/año]= 2652

#### **Alternativa 2**

Colocar un banco de capacitores fijo

Qcap [KVAR]= 15  
Costo Q=15KVAR [\$/]= 360

#### **Alternativa 3**

Colocar un banco individual para cada circuito (Mínimo 5KVAR)

<b>Linea</b>	<b>Qcap</b>	<b>Costo [\$/]</b>
A	4185	192
B y C	2562	192
D ; F y G	5490	192
E	5421	192
H	4478	192
J	5363	192
K	4727	192

Cantidad total de circuitos= 7  
Costo total de equipos[\$/]= 1344

#### **Alternativa 4**

Colocar un banco automático de corrección de factor de potencia.

Costo Q=15KVAR [\$/]= 2160

Mediante la utilización de índices extraídos de la Cátedra de Ingeniería Económica es posible determinar costos de mantenimientos e instalación.

Los costos de instalación; mano de obra rondan entre un 10 y 20 % del costo del equipo. Se fijó en 15%.

Los costos de mantenimiento están entre un 2 y 10 % del total de costo de equipo y de instalación; se fijo en 6%.

De esta manera, entonces fueron posibles realizar los siguientes cálculos.

Costo de instalación de cualquier equipo de capacitores [%] = 15  
 Costos de mantenimiento anual de cualquier equipo [%] = 6

Alternativas / Costos	Equipo [\$]	Instalación [\$]	Mantenimiento anual [\$]
2	360	54	24,84
3	1344	201,6	927,36
4	2160	324	149,04

Los valores de dinero al tiempo presente son los que se muestran a continuación:

Alternativas / FC anuales	AÑOS					VP
	1	2	3	4	5	Parcial
No corregir	2652	2652	2652	2652	2652	11436
Equipo fijo	439	25	25	25	25	521
Agrupados por circuitos(7)	2473	927	927	927	927	5544
Automático	2633	149	149	149	149	3127

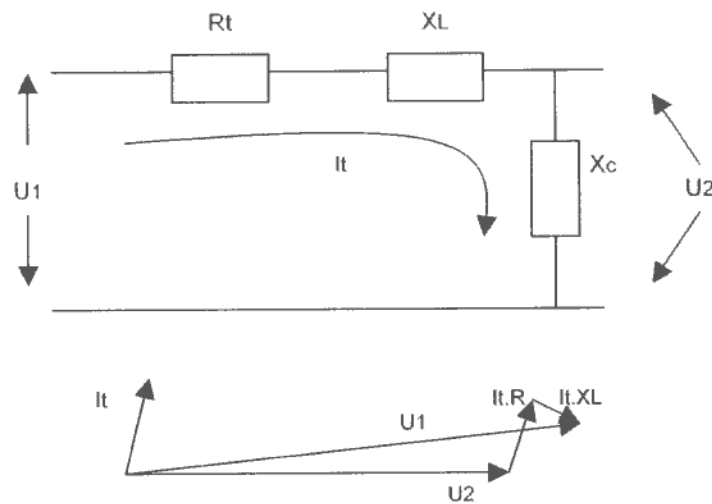
Alternativas / FC anuales	AÑOS					VP
	6	7	8	9	10	Total
No corregir	2652	2652	2652	2652	2652	19219
Equipo fijo	25	25	25	25	25	594
Agrupados por circuitos(7)	927	927	927	927	927	8266
Automático	149	149	149	149	149	3564

Tasa interna de retorno = 8%

Evidentemente la instalación de un equipo fijo resulta la más económica.

Dentro de los inconvenientes que trae un equipo fijo, es la sobrecompensación de energía reactiva en los momentos en que la planta no esta funcionando. Por ejemplo, entre las 12:00 hs. y las 13:00 hs. el taller cesa sus tareas para almorzar. Esto no sucede con el grupo administrativo que se encuentra en las oficinas, realizando tareas normales.

La sobrecompensación sería producto de la acción del banco de capacitores de 15KVAR generando la siguiente tensión:



Circuito aguas arriba de la Acometida del taller.  
La Xc corresponde a la reactancia del banco de capacitores

En cálculos es:

$$R_{transf+línea} = 0,09605\Omega \quad X_{transf+línea} = 0,03433\Omega$$

$$Q_{cap} = 15000VAR \Rightarrow I = \frac{Q_{cap}}{\sqrt{3} \times U} = 22,79 A$$

$$Z_{trans+línea} = 0,102\Omega \Rightarrow U_{sobretensión} = 22,79 \times Z_{transf+línea} = 2.32v$$

Puede observarse que la sobretensión, por su pequeño valor, no resulta perjudicial para los equipos conectados.

De esta forma es que llegamos a la conclusión de que tipo de equipo colocar;

Seccionador Fusible	Conductor S[mm²]	Contactador	Relé térmico	Banco de capacitores
Zoloda VCF	Pirelli Afumex	ABB	ABB	Siemens
NH 50A	6 mm²	3UA26-30-1080	TA25DU25 Reg 18-25 A	15KVAR fijo gabinete plástico



## Introducción

En esta sección se procedió a la verificación sobre la posibilidad de accionar el motor del compresor de aire, mediante la configuración de arranque estrella-triángulo.

El arranque de un motor asincrónico trifásico, deberá obedecer indefectiblemente a la serie de elementos mecánicos conectados a él susceptibles de solicitarle potencia. De esta manera, entonces, para determinar cuál será el método de arranque más eficiente será necesario analizar todos los parámetros y variables que intervienen.

El arranque directo es, en sí, el más sencillo; económicamente eficiente y menos problemático. Desafortunadamente la corriente de arranque genera ciertas complicaciones a demás sistemas interconectados. Esta corriente puede tomar valores de hasta ocho veces, o más, la corriente nominal.

Dado entonces, que el intercambio energético en el momento del arranque será el máximo, por ende, la demanda a la red será la más grande, pudiendo producir caídas de tensión en la red bastante apreciables y problemáticas.

En el momento de arranque la caída de tensión no podrá excederse de un 15% en la línea, según lo establecido por la Reglamentación Municipal. De lo que se pudo observar en la instalación, todo el cableado esta realizado mediante conductores unipolares de 2,5 mm<sup>2</sup>, donde existen tramos de conductores de un solo hilo (alambre). Considerando los valores de resistencia y reactancia para esa sección y una longitud aceptable de treinta metros se efectua el siguiente cálculo.

$$I_n = 27 A \Rightarrow I_{\text{arranque}} = 6 \times I_n = 162 A$$

$$R = 0.386 \Omega \quad X = 0.038 \Omega$$

$$U = I_{\text{arranque}} \times Long \times (R \times \cos \varphi + X \text{ sen } \varphi) = 63,8 v$$

$$\Delta U[\%] = \frac{63,8 v}{380 v} \times 100\% = 16,8\%$$

Se menciona en la sección de fluctuaciones de tensión; el efecto producido sobre la iluminación cuándo es accionado el motor del compresor, y en

virtud al análisis sobre la caída de tensión admisible en el arranque, es entonces aquí, donde será conveniente analizar otro sistema de arranque.

El sistema de arranque por conmutación de bobinados de estrella a triángulo permite un arranque más suave, debido a que la cupla motora en ese momento se reduce a un tercio del valor en arranque directo. La corriente de línea pasa a un 33.3% de la que circula en directo. Por esto el pico de corriente en el arranque es menor y las fluctuaciones en la red también. Esta mejoría no será apreciable si en la conmutación de estrella a triángulo se produce un pico de corriente como en el arranque directo.

### Situación actual

Dado que el compresor se encuentra funcionando, se relevaron todos los datos geométricos de importancia de los elementos conectados mecánicamente al motor, a fin de determinar el valor del momento de inercia<sup>1</sup> del conjunto.

El tiempo de arranque que le demanda al motor en la configuración actual (directo) es de 1,5 segundos aproximadamente; medido *in situ*.

Se pudo comprobar, también como es afectada la iluminación al momento de ponerse en funcionamiento el compresor. Presencia de parpadeo en la iluminación, además de lo ya mencionado en la introducción en cuanto al exceso de caída de tensión en el momento de arranque.

El compresor es de tres etapas con una presión final de 7 lbf/pulg<sup>2</sup>. El motor es Marca Corradi de una potencia de 20CV 1475rpm, el vínculo entre el piñón del motor y la corona es a través de correas trapezoidales (tres).

---

<sup>1</sup> Véase Cálculos de Momentos de Inercia.

## Desarrollo

La variable crítica a controlar para cualquier sistema de arranque es, la cupla resistente, de manera que la misma deberá mantenerse por debajo de la cupla motora. Caso en que no suceda el motor detendrá su aceleración.

Esta diferencia entre la cupla motora y la resistente, es la cupla aceleratriz y da una idea proporcional, junto con el valor del momento de inercia, de cuánto tiempo llevará el periodo de arranque; hasta llegar a la velocidad nominal de trabajo. El tiempo es la otra variable a considerar, pero, en este caso no es crítica.

Con la utilización de una planilla de cálculo (Excel)<sup>1</sup> se pudieron obtener las curvas de comportamiento de las distintas variables, como función del tiempo y de la velocidad. Al momento de su utilización fue necesario conocer el momento de Inercia de las partes unidas al motor, y dado que no se conocían, estos momentos fueron calculados tomándose las medidas geométricas de; el piñón del motor; la polea del compresor y aproximadamente las medidas de los cilindros donde van alojados los pintones.

El detalle de los cálculos de los momentos de Inercia es lo que sigue a continuación.

Con estos valores y un valor aproximado de la cupla resistente; como la que puede ejercer un volumen de aire desplazado; teniendo en cuenta que el compresor inicia sus etapas de compresión con las válvulas abiertas se realizaron las aproximaciones necesarias en la planilla de cálculo.

Dentro de la planilla de cálculo se utilizó la herramienta solver, con la cuál se pudieron obtener valores de resistencias y reactancia acordes al modelo.

---

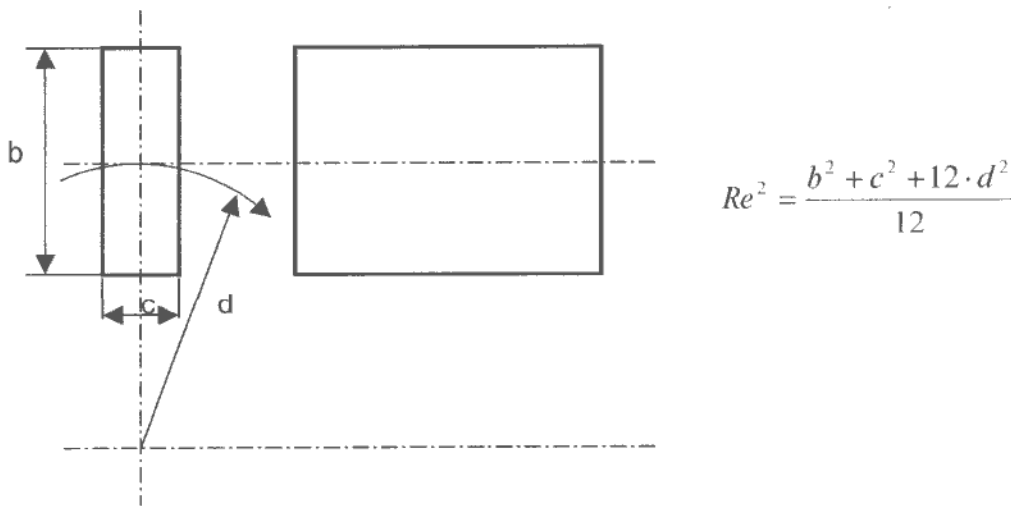
<sup>1</sup> Desarrollada durante la cursada de la materia Accionamientos Eléctricos

### Cálculos de Momentos de Inercia

Para llevar adelante un modelado aproximado de las condiciones de trabajo del motor del compresor y con el objeto de calcular los tiempos de arranque fue necesario obtener, aunque sea, aproximadamente, los valores de momentos de inercia de los elementos vinculados al motor del compresor. Sin estos valores no se tendría ninguna base criteriosa en cuanto a la obtención de aquellos tiempos.

Los momentos de inercia calculados se dividieron en: polea, piñón, biela-pistón. El valor del momento de inercia del motor del compresor, se obtuvo del catalogo de Corradi, por ser de esa marca. No se tuvieron en cuenta ningún efecto elástico sobre las correas.

Para un desarrollo más sencillo se utilizó la ecuación que vincula el momento de inercia con el radio equivalente de inercia ( $Re$ ), para distintas formas geométricas en movimiento rotacional  $J = m \cdot Re^2$  y  $m = \pi \cdot r^2 \cdot Long \cdot \rho_{acero}$

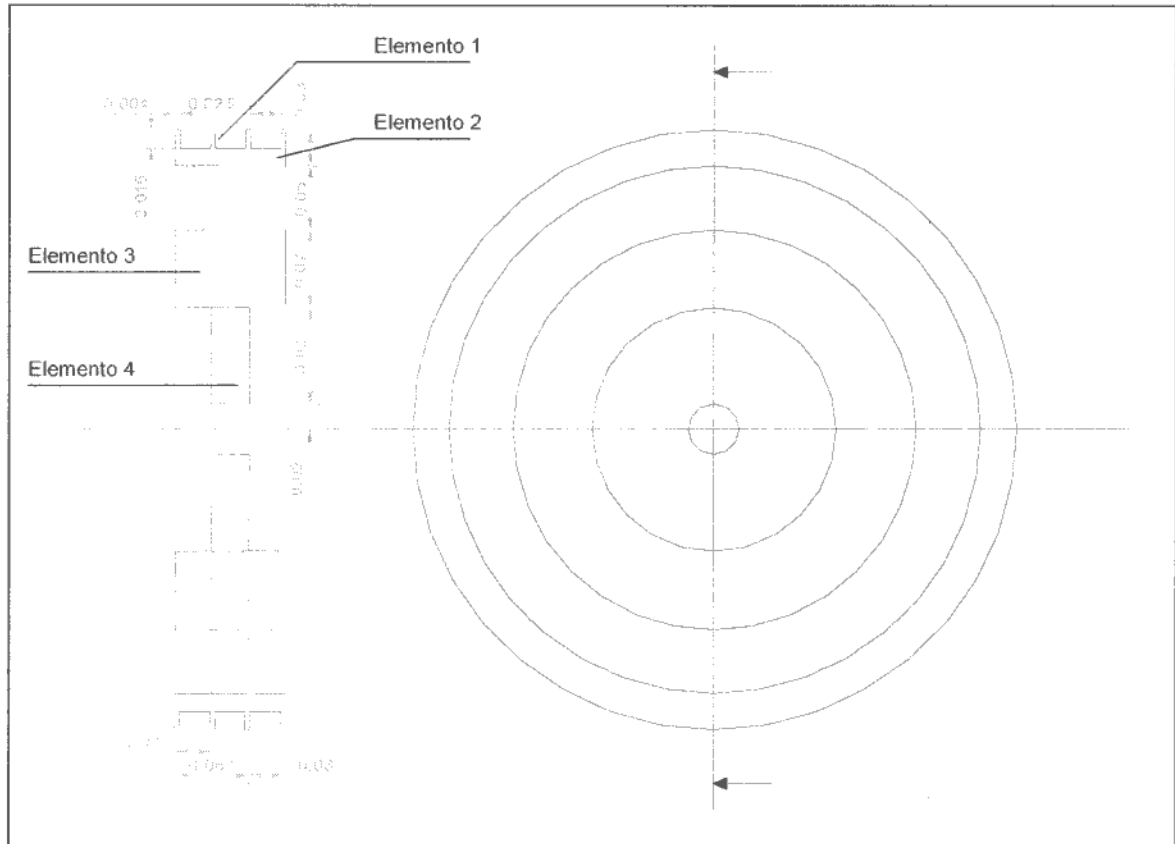


De esta manera se redujo al cálculo de cada una de las piezas a tan solo dividir sus partes en formas geométricas como la mostrada en la figura.

Para la obtención del momento de inercia del conjunto biela-pistón se tuvo en consideración los conceptos de energía y velocidad media del pistón vinculados con aquel momento.

### Polea del compresor

Se efectuaron los cálculos basándose en el siguiente diagrama.



Como se puede observar la polea fue dividida en cuatro partes constitutivas, las cuáles resultan las que más aportan al momento de inercia por su tamaño. Los rayos que unían las partes N° 2 con la N° 3 no se consideraron por ser despreciables.

Elemento 1.

$$m = \pi \cdot (0.25^2 - 0.235^2) \cdot 0.004 \cdot 7833 = 0.7161 \text{Kg}$$

$$J = 4 \cdot m \cdot Re^2 = 4 \cdot 0.7161 \cdot \frac{0.015^2 + 0.004^2 + 12 \cdot 0.2425^2}{12} = 0.1685 \text{Kgm}^2$$

Elemento 2.

$$m = \pi \cdot (0.235^2 - 0.22^2) \cdot 0.091 \cdot 7833 = 15.28 \text{ Kg}$$

$$J = m \cdot Re^2 = 15.28 \cdot \frac{0.015^2 + 0.091^2 + 12 \cdot 0.2275^2}{12} = 0.8 \text{ Kgm}^2$$

Elemento 3.

$$m = \pi \cdot (0.1667^2 - 0.101^2) \cdot 0.091 \cdot 7833 = 39.38 \text{ Kg}$$

$$J = m \cdot Re^2 = 39.38 \cdot \frac{0.0657^2 + 0.091^2 + 12 \cdot 0.1338^2}{12} = 0.758 \text{ Kgm}^2$$

Elemento 4

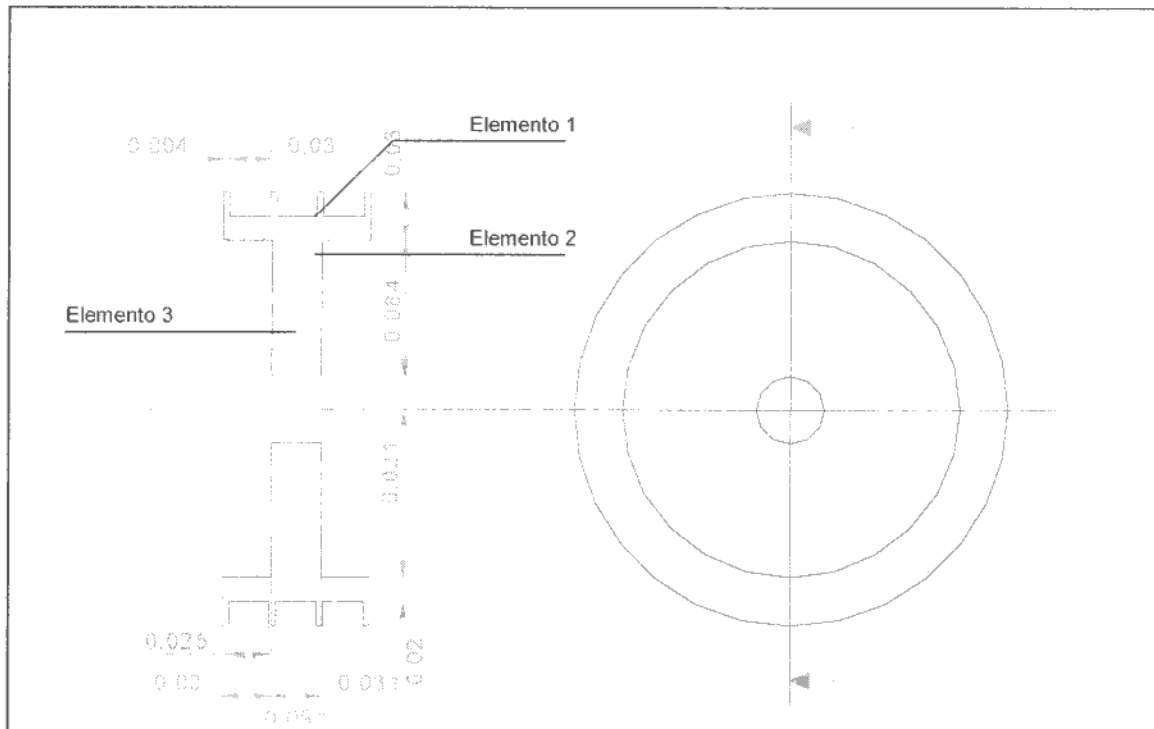
$$m = \pi \cdot (0.101^2 - 0.021^2) \cdot 0.031 \cdot 7833 = 7.5 \text{ Kg}$$

$$J = m \cdot Re^2 = 7.5 \cdot \frac{0.08^2 + 0.031^2 + 12 \cdot 0.105^2}{12} = 0.0873 \text{ Kgm}^2$$

**Momento de Inercia Total de la polea J = 1.8138 Kg.m<sup>2</sup>**

### Piñón del motor

Se efectuaron los cálculos en base al siguiente diagrama.



Elemento 1.

$$m = \pi \cdot (0.1355^2 - 0.12^2) \cdot 0.004 \cdot 7833 = 0.38 \text{ Kg}$$

$$J = 4 \cdot m \cdot Re^2 = 4 \cdot 0.38 \cdot \frac{0.015^2 + 0.004^2 + 12 \cdot 0.1275^2}{12} = 0.247 \text{ Kg.m}^2$$

Elemento 2.

$$m = \pi \cdot (0.12^2 - 0.105^2) \cdot 0.091 \cdot 7833 = 7.55 \text{ Kg}$$

$$J = m \cdot Re^2 = 7.55 \cdot \frac{0.015^2 + 0.091^2 + 12 \cdot 0.1125^2}{12} = 0.1 \text{ Kg.m}^2$$

Elemento 3.

$$m = \pi \cdot (0.105^2 - 0.021^2) \cdot 0.03 \cdot 7833 = 7.82 \text{ Kg}$$

$$J = m \cdot Re^2 = 7.82 \cdot \frac{0.084^2 + 0.03^2 + 12 \cdot 0.063^2}{12} = 0.036 \text{ Kg.m}^2$$

**Momento de Inercia Total del piñón es  $J = 0.161 \text{ Kg.m}^2$**



### Momento de Inercia del motor.

Este valor fue obtenido del catálogo de la Marca Corradi, correspondiendo a un valor de  $GD^2 = 0,34 \text{ Kgm}^2 = 3,4 \text{ N.m}^2$ .

### Momento de inercia del conjunto biela, pistón.

Este valor fue obtenido mediante una aproximación, la cuál estima que la velocidad durante todo el recorrido del pistón corresponde a un valor medio; lo cuál no es del todo preciso dado que en dos puntos, la velocidad se hace cero (punto muerto superior e inferior), por lo tanto nunca puede ser constante en toda su carrera.

Considerando la velocidad del piñón y los radios geométricos de las poleas, es posible determinar la velocidad media del pistón como el producto de su velocidad angular y su carrera (recorrido del pistón, aprox.)

$$n_{\text{piñón}} = 1475 \text{rpm} \quad r_{\text{piñón}} = 0.135 \text{m}$$

$$r_{\text{polea}} = 0.25 \text{m} \quad n_{\text{polea}} = n_{\text{piñón}} \cdot \frac{r_{\text{piñón}}}{r_{\text{polea}}} = 1475 \cdot \frac{0.135}{0.25} = 797 \text{rpm} = 13.3 \text{rps}$$

$$\text{Carrera pistón} = 0.2 \text{m}$$

$$\text{Velocidad media} = 13.3 \times 0.2 \times 2 = 5.32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Por otro lado se pueden igualar las expresiones de Energía Cinética de la siguiente forma:

$$J \cdot \omega^2 = m \cdot v_{mp}^2 \Rightarrow J = m \cdot \frac{v_{mp}^2}{\omega^2} = 1 \cdot \frac{5.32^2}{13.3^2} = 0.16 \text{Kgm}^2$$

Este valor es por cada kilogramo de masa del pistón. Se estimó el valor de masa del mismo como aceptable en un valor de dos kilogramos por lo tanto el valor del momento de inercia resulta

**Momento de Inercia del conjunto es  $J = 0.32 \text{ Kg.m}^2$**

De esta manera es que se llegó al valor total de momento de inercia utilizado en la planilla de cálculo de Excel.

$$J_{total} = J_{motor} + J_{polea\ motor} + J_{piston} + J_{polea\ compresor} \times \left( \frac{w_{compresor}}{w_{motor}} \right)^2 \times \frac{1}{\eta}$$

$$J_{total} = 0,34 + 0,161 + 0,32 + 1,8138 \times \left( \frac{797}{1475} \right)^2 \times \frac{1}{0,75} = 1,527 \text{ Kgm}^2$$

$$GD^2 = 60 \text{ Nm}^2$$

$\eta$  : corresponde al rendimiento en la transmisión de potencia de correas trapezoidales donde 0,75 es un valor bastante aceptable.

A partir de este valor se obtuvieron las curvas de par, corrientes, velocidades y aceleraciones.

También se graficaron las corrientes equivalentes térmicas a efectos de compararlas con las curvas de protección del relevo térmico, en el caso de sobrecarga, y con la del fusible preconectado caso de un cortocircuito.

### Cálculos para el trazado de Curvas de Accionamiento

**Motor**

Un[V]= 380	Rendimien[%]= 0,87	Cos fi = 0,84
In[A]= 27	Pot eje[Kw]= 15	
f [Hz]= 50	GD <sup>2</sup> [N.m <sup>2</sup> ]= 3,4	Sn= 0,01667
Nn[RPM]= 1475		
Pares de polos p = 2	Unf[V]= 219,4	

**Par resist**

Mo[N.m]= 0
Mres n[N.m]= 35
GD <sup>2</sup> [N.m <sup>2</sup> ]= 60
X= 0

**Impedancias**

R1= 0,04814	Valores aproximados en función de
R2= 0,13401	a= 0,359
Xcc= 0,7753	b= 16,10

Para la obtención de los valores de R1 R2 y Xcc se utilizó la Herramienta Solver de Excel, restringiendo los valores de Karr, Ki .

**Velocidad nominal**

Nn[RPM]= 1475	Ns[RPM]= 1500	Ws[rad/s]= 157,08	Wn[rad/s]= 154,46
---------------	---------------	-------------------	-------------------

**Par nominal**

Mn[N.m]= 97,11
----------------

**Par critico**

Mc[N.m]= 557,18	Kc= 5,74	Sc= 0,173	Nc= 1241,23
-----------------	----------	-----------	-------------

**Par arranque**

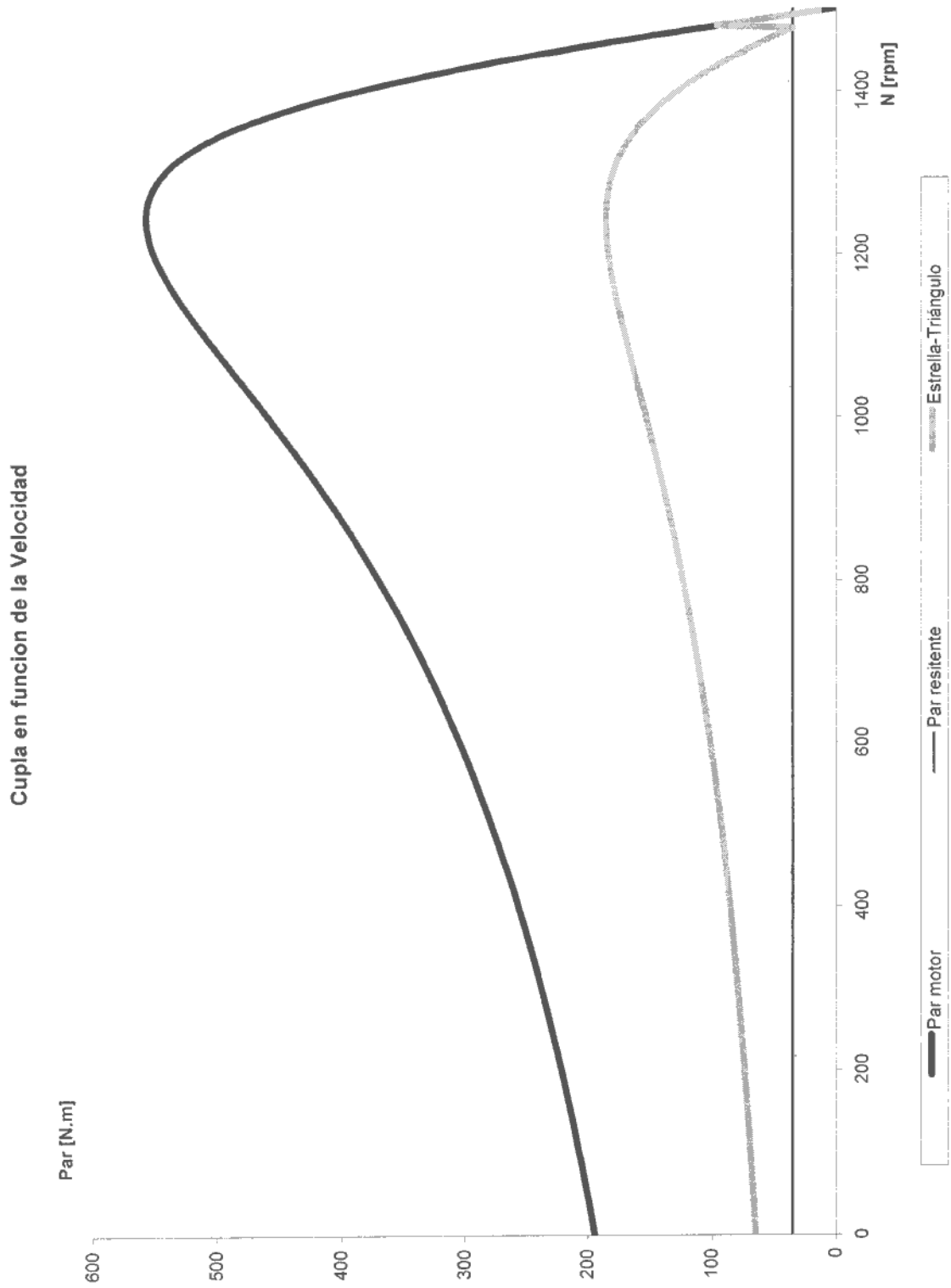
S= 1	
M[N.m]= 194,22	Karr= 2,00

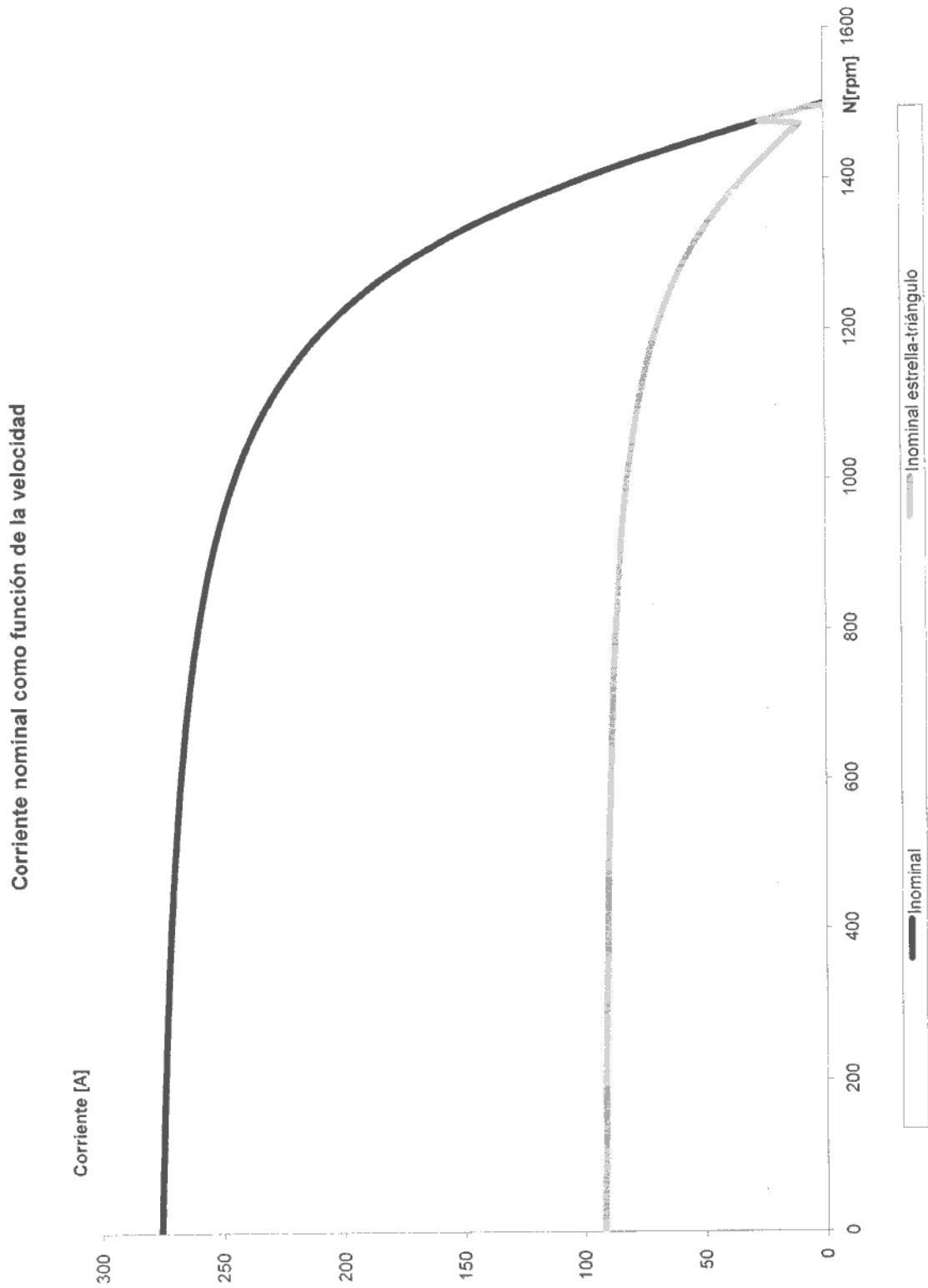
**Corriente de arranque**

S= 1	
I[A]= 275,48	Ki= 10,20

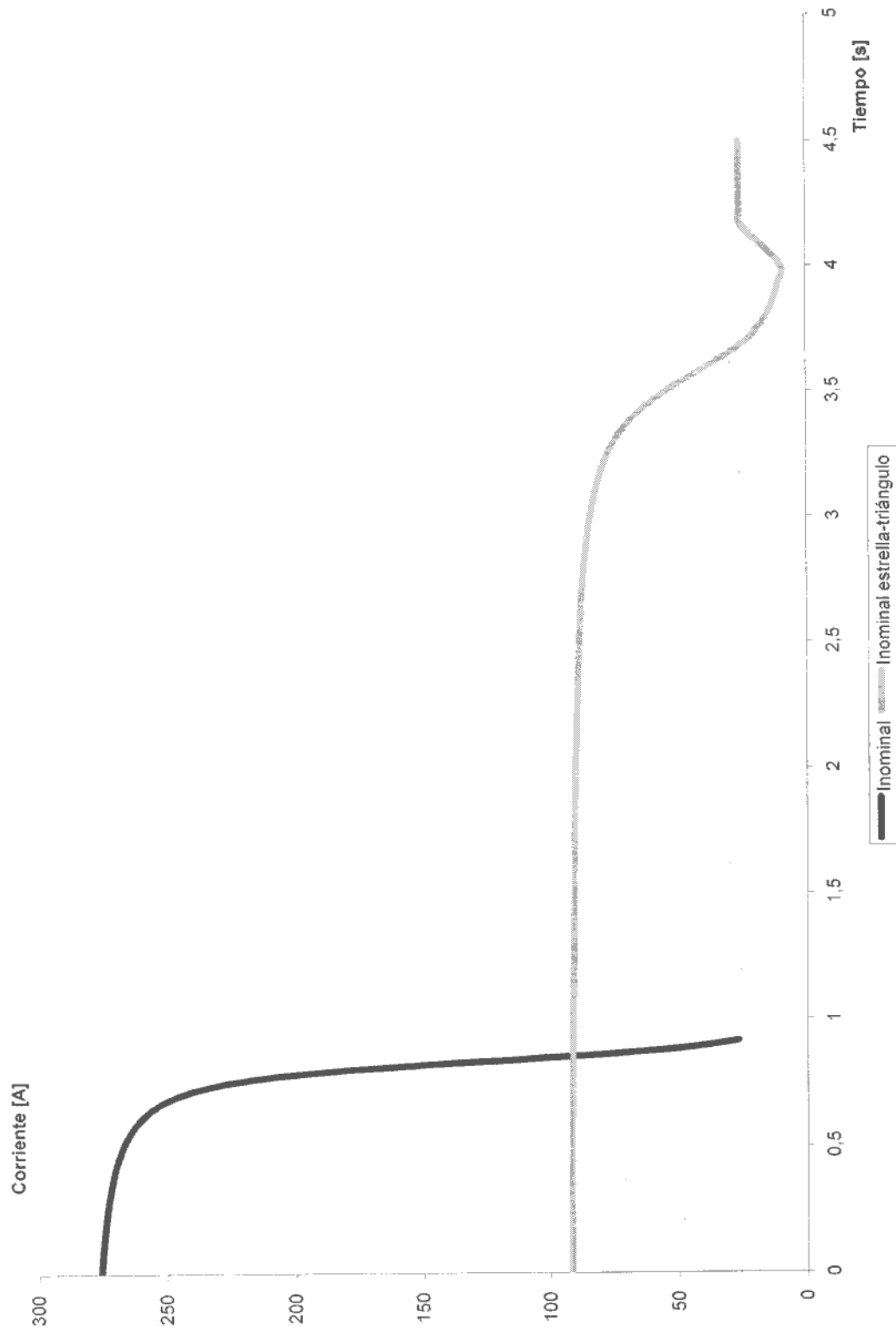
**Cálculo aproximado de la Cupla resistente**

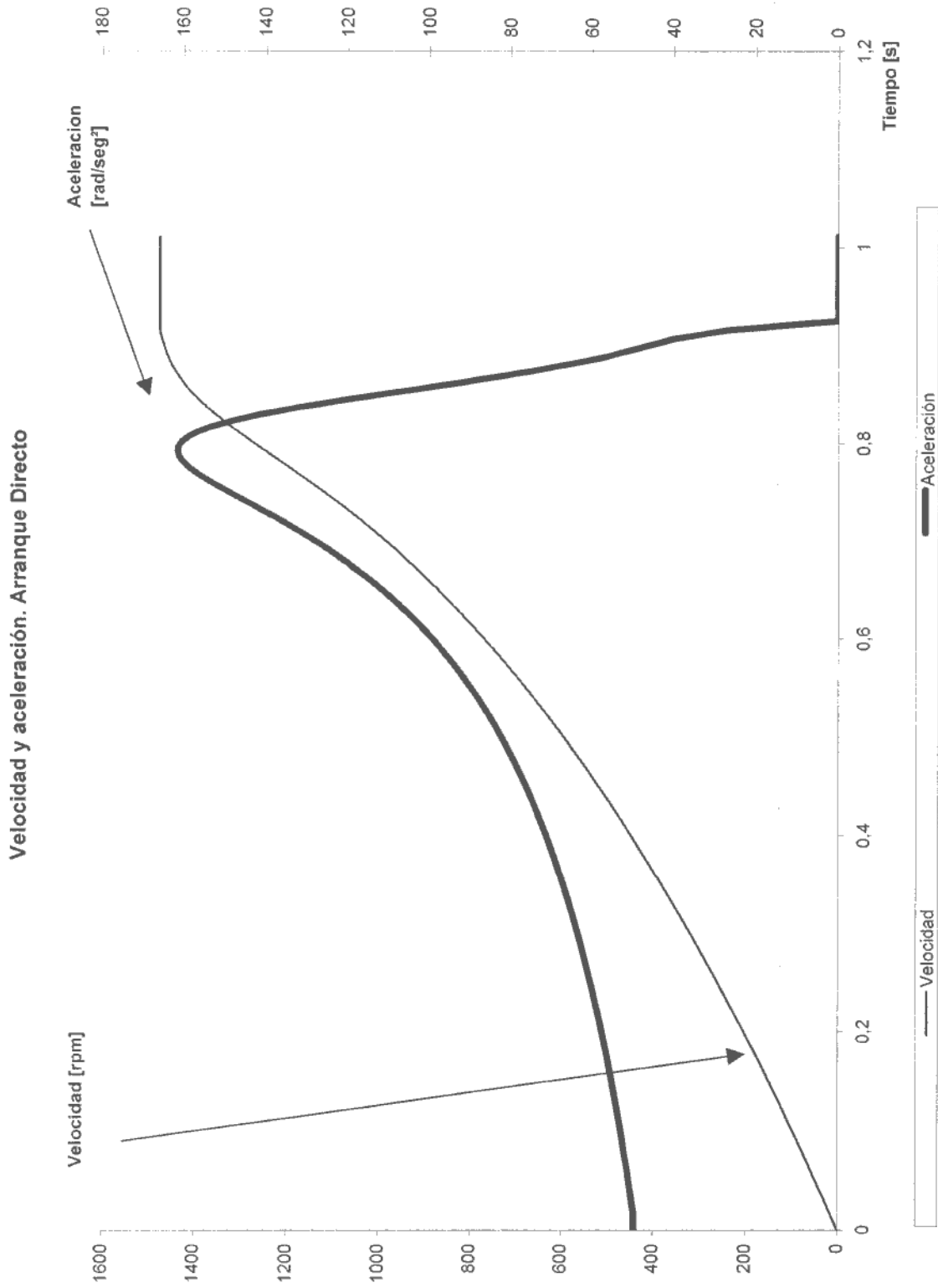
Pf [lbf/pg <sup>2</sup> ]= 7	Diám aprox Cilindro Comp [m] = 0,2
R eje[m]= 0,021	
Cupla[N.m]= 35	



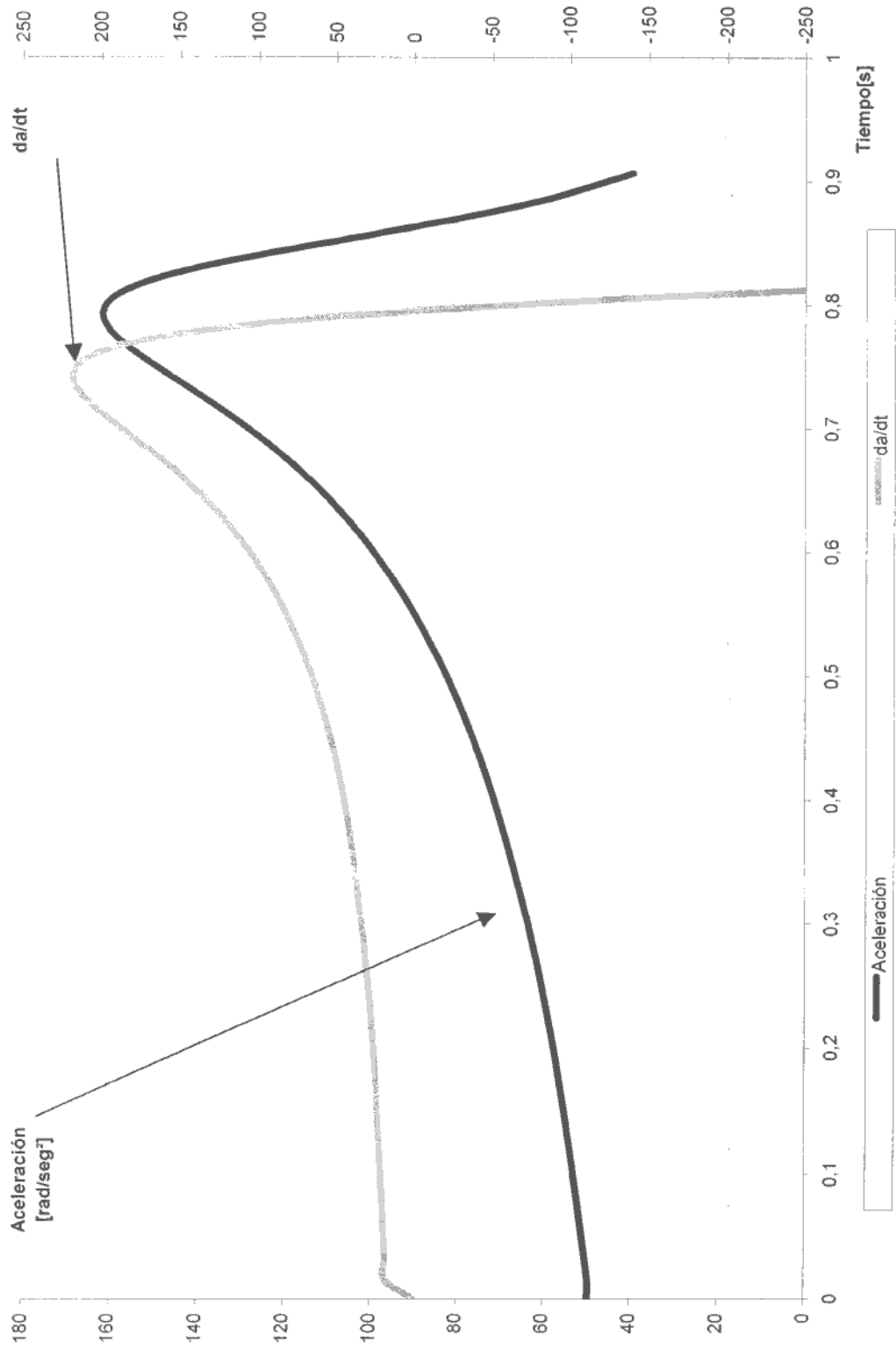


Corriente como función del tiempo



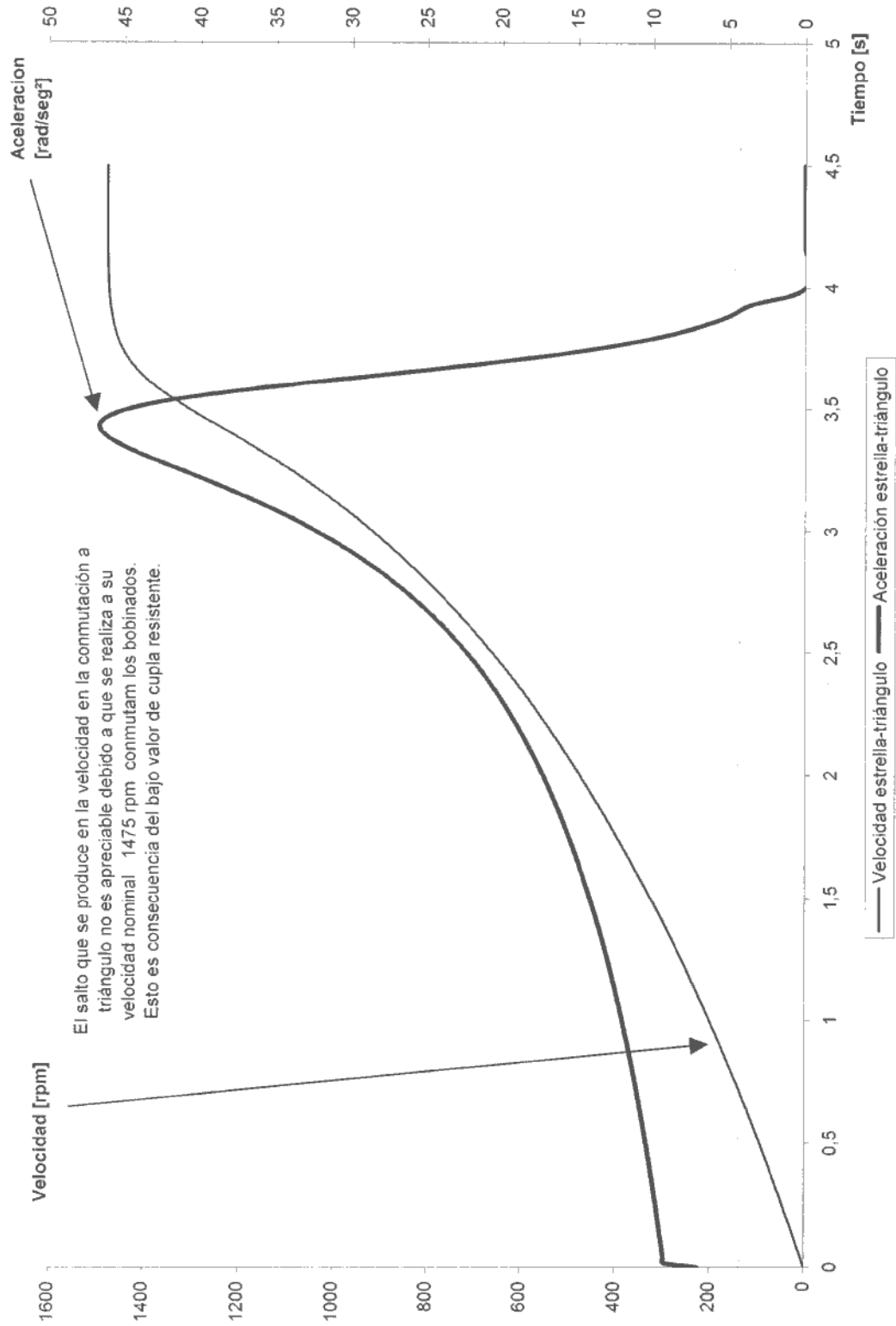


Aceleración y su derivada. Arranque Directo

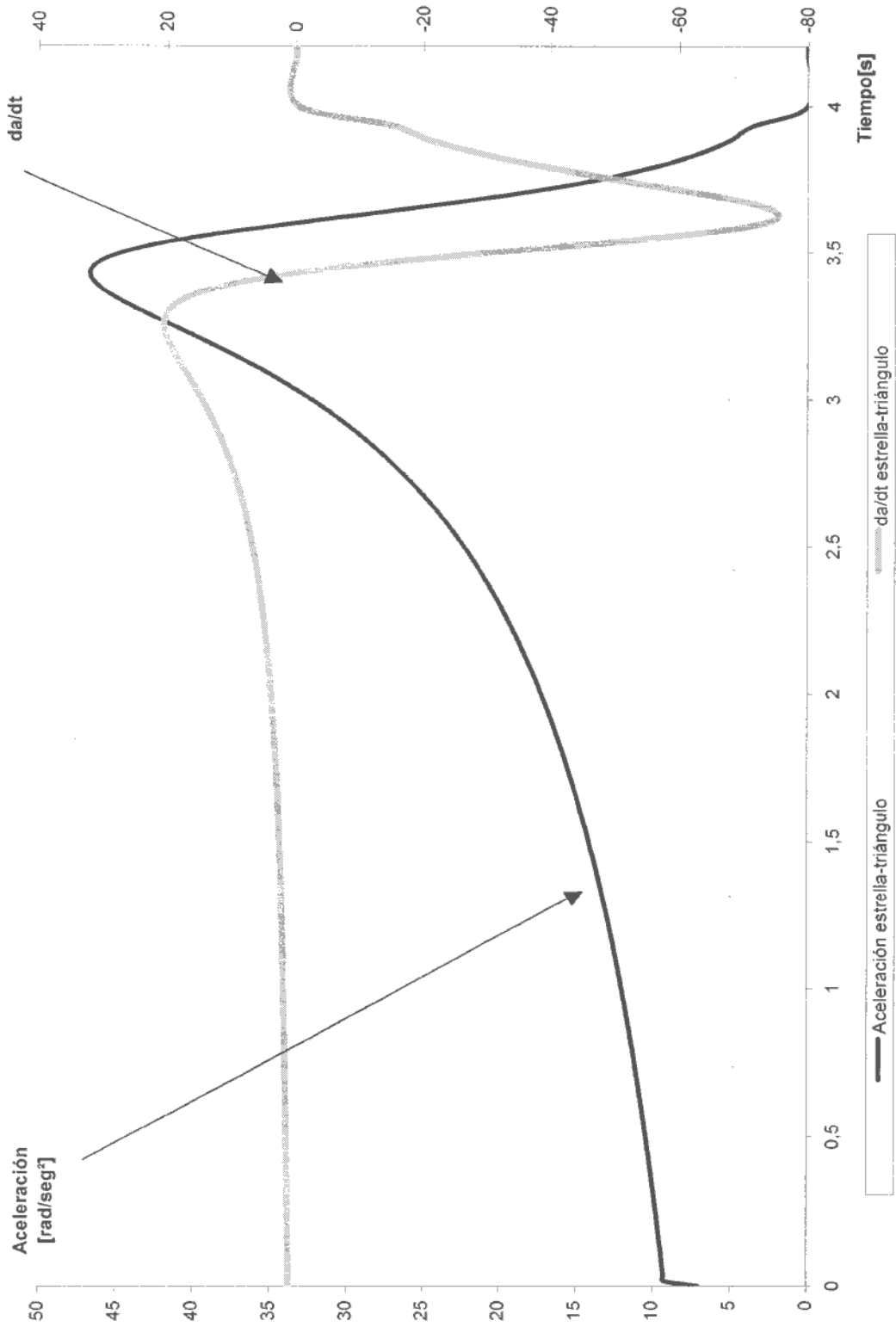




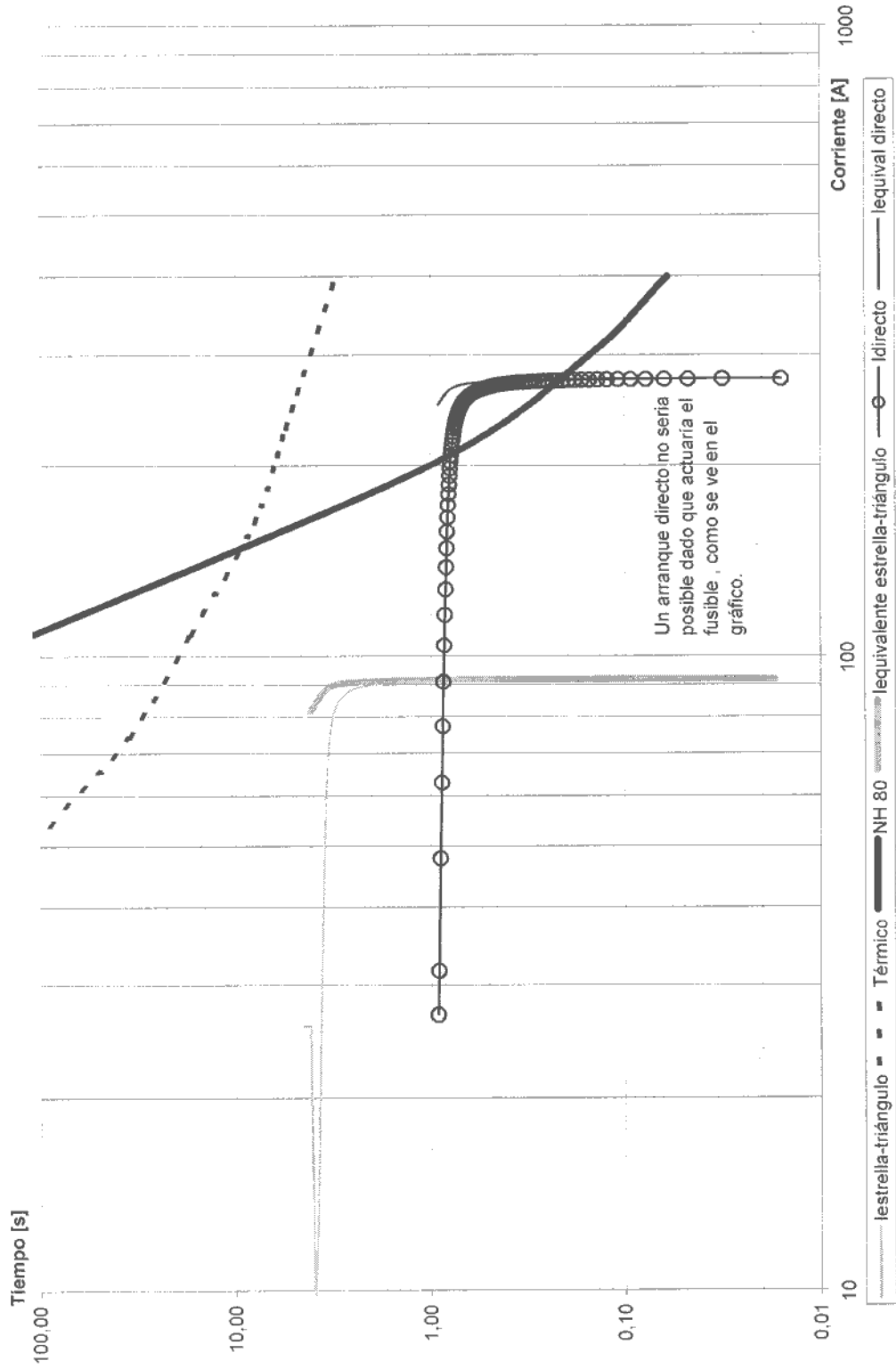
**Velocidad y aceleración. Arranque Estrella-Triángulo**



Aceleración y su derivada. Arranque Estrella-Triángulo



Comparativo de Corrientes con la protección de Línea. Efecto Térmico



Las ecuaciones utilizadas son las que siguen a continuación:

$$I_2' = \frac{U_f}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad \text{teniendo en cuenta que: } 1 \text{ es estática y } 2 \text{ rotórica}$$

$$s = \frac{W_0 - W}{W_0} \qquad W_0 = \frac{60 \cdot f}{Npp}$$

$$M = 3 \cdot \frac{I_2'^2 \cdot R_2}{s W_0}$$

$$M = J \cdot \frac{dW}{dt} \qquad M = J \cdot \frac{\Delta W}{\Delta t} \qquad \Delta t = \Delta W \cdot \frac{J}{M}$$

$$I_{equiv} = \sqrt{\frac{\Sigma(I'^2 \cdot t)}{t_{acumulado}}}$$

Esta corriente equivalente, es representativa de la energía térmica desarrollada hasta ese momento. Es obtenida a fin de poder compararla gráficamente con las demás curvas de las protecciones que actúan en la línea.

De la inspección de las curvas obtenidas se puede observar que el tiempo de arranque resulto llegar a 4,17 segundos.

La comparación de la corriente equivalente con las curvas de las protecciones indican una coordinación acertada mediante la utilización de aquellos elementos.

Con el objeto de comparar los resultados obtenidos, se utilizará la siguiente expresión genérica:

$$t_{arranque} = \frac{GD^2 \cdot n}{375 \cdot (Mn - Mr)} = \frac{60 \times 1475}{375 \times (97.11 - 32)} = 3,80 \text{seg}$$

el cuál no esta tan alejado de los cálculos realizados.



### Conclusión

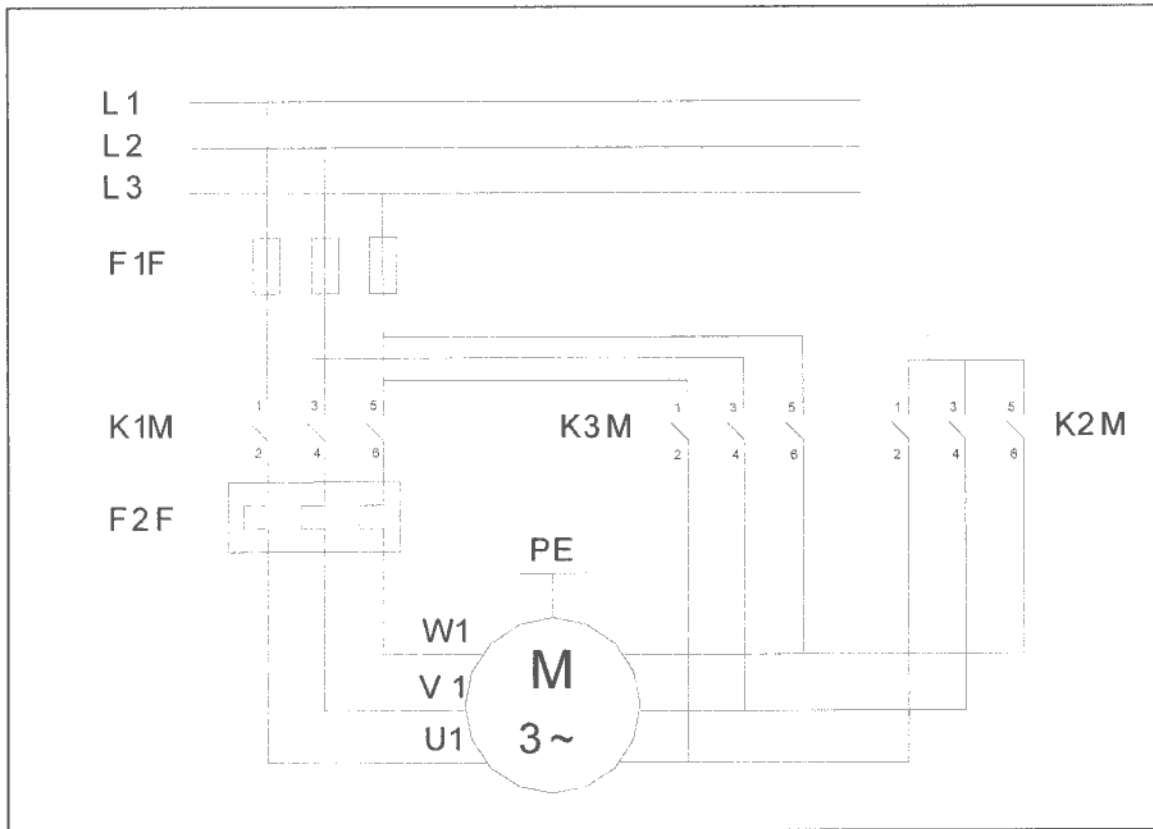
El análisis de un sistema de arranque más conveniente, no será únicamente basado en lo mencionado mas arriba; si no que deberá ser congruente con los procesos que son llevados a cabo mediante el accionamiento. En este caso, el proceso de comprimir aire, no merece un análisis pormenorizado; pero aquellos, por ejemplo, en los cuales se forme parte de alguna línea de producción, no es tan sencillo y directo.

Aquí por los tanto es recomendable la sustitución del sistema de arranque directo por uno de conmutación estrella-triángulo, con el objeto de reducir las influencias de este equipo a la red eléctrica; manteniendo reducido al máximo el valor de la corriente de pico que es producida en la conmutación de estrella a triángulo. Esto es posible debido a la verificación de la posibilidad de mantener la aceleración a lo largo del arranque y del aceptable tiempo de arranque obtenido.

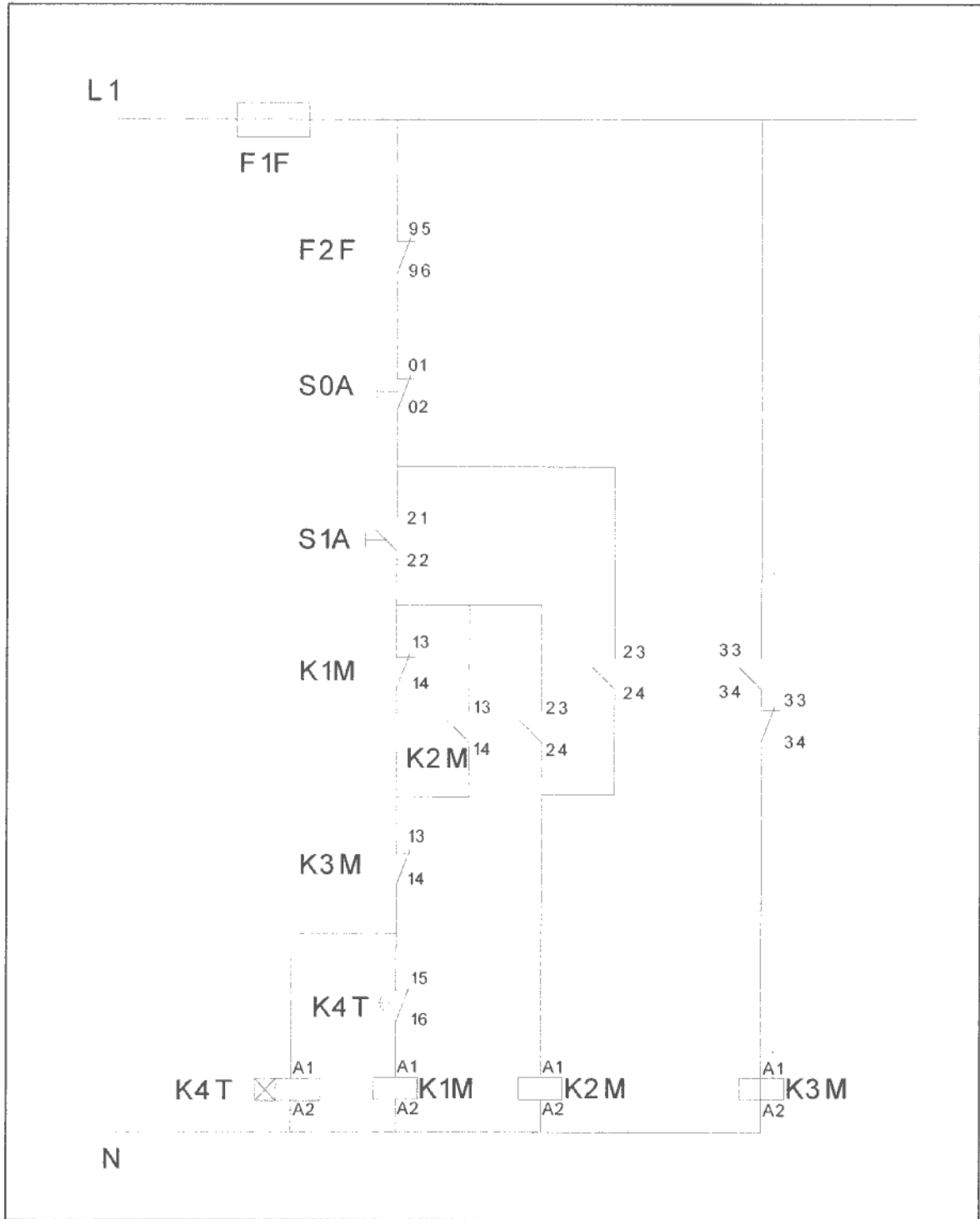
A continuación se pueden observar los circuitos de potencia y funcional, para una configuración como la recomendada.

### Circuito de potencia y funcional

En los siguientes esquemas se podrá observar el circuito de potencia del motor del compresor y el funcional. En este último se detallan las maniobras que se suceden para lograr un arranque estrella-triángulo.



**Potencia**



Funcional

## Introducción

En los procesos llevados a cabo en el taller, la iluminación ocupa un lugar muy importante. Tareas tales como, rectificación, pulido y acabado de superficies, tanto planas como alabeadas; donde intervienen procedimientos de medición utilizando micrómetros, calibres y otros elementos de instrumentación de alta precisión, dando un nivel crítico a la iluminación, por cuánto una mala apreciación de una magnitud puede dejar una o varias piezas totalmente inutilizables.

De esta manera se deben tomar todas las precauciones en los diseños de esta etapa.



### Situación actual

El área determinada por todo el taller esta siendo iluminada al momento por tubos fluorescentes de 105W; utilizando luminarias de acción directa.

Mediante mediciones tomadas con un luxómetro se puede observar que la cantidad y disposición de las luminarias no es suficiente según lo que requiere la Ley de Seguridad en el Trabajo. Estas mediciones fueron tomadas en el mes de agosto en dos horarios; 13 y 17:30hs; y los valores que se registraron son los siguientes:

#### **Mediodía**



**Tarde**



La diferencia de las mediciones es debido al efecto positivo que tienen los tramos de chapa transparente, la cual deja pasar la claridad de la luz del sol al mediodía. Queda mostrado que para el horario de la tarde la iluminación es insuficiente.

## Desarrollo

En virtud de la pobre iluminación, se procedió a remitir los valores de referencia a lo que establece la Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo de nuestro país.

Esta Normativa da valores de iluminación mínimos de acuerdo a las distintas tareas a realizar, denotando una diferencia muy grande con aquel valor promedio actual.

El procedimiento de cálculo fue realizado mediante el método del rendimiento de la iluminación o también llamado “método del lumen”.

En base a la elección de una luminaria para uso industrial y una lámpara con buen rendimiento luminoso y una aceptable reproducción cromática, comienza el cálculo.

La ecuación básica de cálculo es:

$$N_{\text{luminarias}} = \frac{E_{\text{media}} \cdot \text{Superficie}}{\eta_{\text{local}} \cdot \eta_{\text{luminaria}} \cdot f_{\text{conservación}} \cdot \phi_{\text{lámpara}}} \quad (\text{para cada zona})$$

$E_{\text{media}}$  : es la iluminancia media requerida.

$\text{Superficie}$  : de la zona en consideración.

$\eta_{\text{local}}$  : obtenido de la curva polar de la luminaria.

$\eta_{\text{luminaria}}$ : rendimiento de la luminaria.

$f_c$  : factor de conservación de la instalación.

$\phi_{\text{lámpara}}$  : flujo luminoso de la lámpara en la luminaria.

El rendimiento del local depende de las dimensiones del mismo; de los factores de reflexión y de la forma en que distribuye la luz la luminaria. Estos fueron obtenidos para cada caso.

El rendimiento de la luminaria fue estimado en virtud de no poseer datos adicionales de los fabricantes.

A partir de esta ecuación fue posible determinar la cantidad de luminarias necesarias en cada área de trabajo, teniendo en consideración que la

iluminación es de tipo directa muy intensiva (esto debido a que ya se ha elegido la luminaria).

El factor de conservación se eligió teniendo en cuenta un buen mantenimiento.

Para estos valores se remitió a lo que determina el manual de luminotecnia de OSRAM.

La altura de disposición de las luminarias están en función de la presencia de gruas (a 3,80 mts.), dispuestas por el taller, para el manejo de aquellos elementos de gran porte y peso. La altura sobre el plano de trabajo es la recomendada por el mencionado manual como así también la altura óptima para el tipo de iluminación.

Tanto en las oficinas como en los baños la altura de las luminarias cambia debido a que poseen un cielorraso a tres metros. En estos dos casos, dado el tipo de tareas las luminarias son distintas al que se dispone en todo el taller.

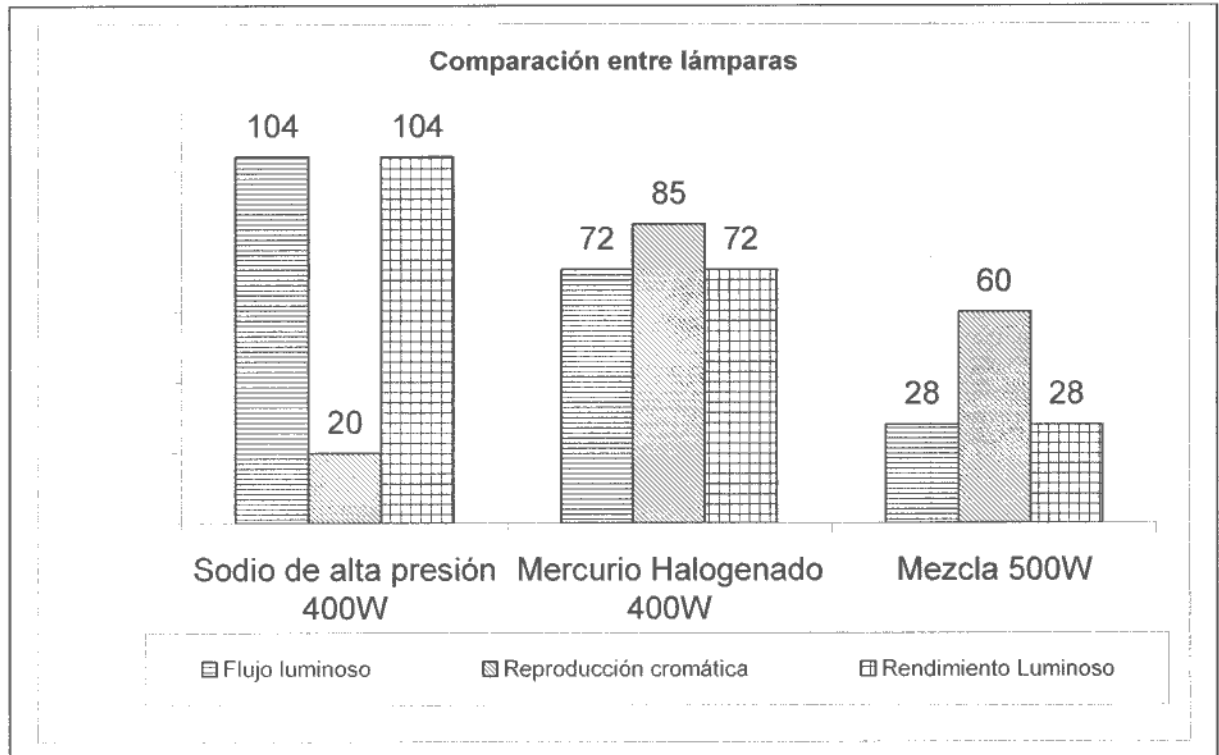
Bajo un análisis inicial y rápido se compararon valores característicos de distintas lámparas de uso industrial. (Datos tomados del manual OSRAM, Taboada)

La comparación es la que puede observarse en el gráfico que sigue, donde se grafican los valores de flujo luminoso; reproducción cromática y rendimiento luminoso. A pesar que se esta comparando con una lámpara de luz mezcla de mayor potencia, es evidente que no llega a mejorar los valores de una de mercurio halogenado.

En la elección se optó por una mejor reproducción cromática cediendo flujo luminoso; que en definitiva redundaría en una mayor cantidad de luminarias.

Para los casos de Oficinas y baños, debido a la baja altura se optaron por luminarias para tubos fluorescentes

El siguiente esquema representa una comparación de las características más salientes de las lámparas tenidas en consideración.



**Detalle de los cálculos luminotécnicos**

**Condiciones de Iluminación en los lugares de trabajo**

Iluminancias mínimas, establecidas por la Ley de Seguridad y Higiene en el Trabajo

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1) Zona 1 Ingreso    | Circulación de poco tránsito  |
| 2) Zona 2            | Trabajos mecánicos medianos y manuales                                  |
| 3) Zona 3 Lavadero   | Cuartos de aseo   |
| 4) Zona 4            | Trabajos mecánicos medianos y manuales                                  |
| 5) Zona 5            | Trabajos mecánicos medianos y manuales                                  |
| 6) Zona 6 Metalurgia | Elaboración de metales en láminas                                       |
| 7) Zona 7 Depósito   | Contado de stock  |
| 8) Zona 8 Soldadura  | Específico de iluminación general de Soldadura en Industria Metalúrgica |
| 9) Zona 9 Soldadura  | Específico de iluminación general de Soldadura en Industria Metalúrgica |
| 10) Zona 10          | Trabajos mecánicos medianos y manuales                                  |
| 11) Zona 11 Oficinas | Trabajos comunes de oficina, lectura y escritura                        |
| 12) Zona 12 Baños    | Cuartos de aseo   |

Detalle de la iluminancia para cada zona, valor mínimo y establecido

Zona	Mínimo	Elejido[lux]	Obs.
1) Zona 1 Ingreso	100	150	
2) Zona 2	500	500	
3) Zona 3 Lavadero	100	200	
4) Zona 4	500	500	
5) Zona 5	500	500	
6) Zona 6 Metalurgia	300-750	500	
7) Zona 7 Depósito	-	200	
8) Zona 8 Soldadura	300	300	
9) Zona 9 Soldadura	300	300	
10) Zona 10	500	500	
11) Zona 11 Oficinas	300-750	500	
12) Zona 12 Baños	100	150	
Patio Descubierta	20	20	E <sub>min</sub> /E <sub>med</sub> = 0,25

**Zonas de cálculo.**



**Método de Lumen**

Zonas=	1 a 10	11 y 12	
Htecho[m] =	9	3	Altura del techo
hpt =	0,85	0,85	Altura del plano de trabajo
hopt lum=	6,50	2,15	Altura óptima desde el plano de trabajo
fc=	0,70	0,70	Factor de conservación

Sistema de iluminación: Directa  
 Curva Polar: A 1.1.      Lámparas de descarga  
 Curva Polar: A.1.2.y A.2.      Tubos fluorescentes

Zonas	a	b	K	ro1	ro2	ro3	Rendlocal
1) Zona 1 Ingreso	6,2	12,3	0,64	0,5	0,5	0,2	0,75
2) Zona 2	6,2	16,6	0,70	0,5	0,5	0,2	0,77
3) Zona 3 Lavadero	8,7	6	0,55	0,5	0,5	0,2	0,73
4) Zona 4	8,3	20	0,90	0,5	0,5	0,2	0,82
5) Zona 5	16,7	11,5	1,05	0,5	0,5	0,2	0,85
6) Zona 6 Metalurgia	8,4	13,8	0,80	0,5	0,5	0,2	0,8
7) Zona 7 Depósito	8,4	17,7	0,88	0,5	0,55	0,45	0,82
8) Zona 8 Soldadura	8,7	12	0,78	0,5	0,65	0,2	0,79
9) Zona 9 Soldadura	8,7	14,3	0,83	0,5	0,65	0,2	0,8
10) Zona 10	8,7	9,2	0,69	0,5	0,65	0,2	0,77
11) Zona 11 Oficinas	10,5	12,3	2,63	0,8	0,6	0,45	1
12) Zona 12 Baños	1,5	5	0,54	0,8	0,6	0,45	0,39

- a: ancho del local
- b: largo del local
- K: índice del local
- ro1: reflectancia del techo
- ro2: reflectancia de la pared
- ro3: reflectancia del piso

Distancias entre luminarias máxima aceptable

Máxima aceptable	Dist[m]
Zonas 1 a 10	7,8
Zonas 11 y 12	2,6

Relación aconsejada en Manual OSRAM



**Determinación de la cantidad de luminarias**

Tipo	Marca	Modelo	rend lum=	Observaciones
Lamparas descarga	Philips	AI 525 C.	0,7	Curva fotométrica similar a A. 1.1.
Tubos fluorescentes	ANFA	TP 1033	0,8	Curva fotométrica similar a A. 1.2.
Tubos fluorescentes	Philips	TMS	0,7	Curva fotométrica similar a A.2.

Lamparas de descarga Mercurio Halogenado, con equipo auxiliar

Modelo	Marca	Flujo[lm]	Ra
1) HPI Plus 400W	Philips	35000	69
2) HPI Plus 250W	Philips	19000	69

Ra: reproducción cromática

Tubos Fluorescentes

Modelo	Marca	Flujo[lm]	Ra	Tubos en cada luminaria	
3)TL-D NGen 36W/840	Philips	3350	>80	4	Zona 11 Oficinas
4)TL-D NGen 18W/840	Philips	1350	>80	2	Zona 12 Baños

Zonas	Em[lux]	Ptos luz	Tipo	N	I[A]	Ist[A]
1) Zona 1 Ingreso	150	1,6	2	2	2,2	4,4
2) Zona 2	500	3,9	1	4	3,4	13,6
3) Zona 3 Lavadero	200	1,5	2	2	2,2	4,4
4) Zona 4	500	5,9	1	6	3,4	20,4
5) Zona 5	500	6,6	1	6	3,4	20,4
6) Zona 6 Metalurgia	500	4,2	1	5	3,4	17
7) Zona 7 Depósito	200	2,1	1	2	3,4	6,8
8) Zona 8 Soldadura	300	2,3	1	2	3,4	6,8
9) Zona 9 Soldadura	300	2,7	1	3	3,4	10,2
10) Zona 10	500	3,0	1	3	3,4	10,2
11) Zona 11 Oficinas	500	9,8	3	10	1,76	17,6
12) Zona 12 Baños	150	2,2	4	2	0,72	1,44

N: cantidad de luminarias

I: corriente demandada

Ist: subtotal de corriente

Distancias entre luminarias máxima aceptable

Zonas	Dist[m]
Zonas 1 a 10	7,8
Zonas 11 y 12	2,6

### Demanda por Iluminación

Lámpara	I cada una [A]	Total Lamparas	Pot[W]
1)HPI plus 400W	3,4	31	12400
2)HPI plus 250W	2,2	4	1000
3) 36W/840	0,44	40	1440
4)18W/840	0,36	4	72

Potencia Total demandada[W]= 14912

### Iluminación del patio descubierto

Iluminancia media= 20 lux  
Emin / Emed = 1:4 0,25

Hmontaje = 7,0  
dtransv= 8  
dlong= 17

Luminaria FAR BACO II (se utilizó la curva isolux)

factor de corrección = 0,51  
factor de mantenim= 0,7  
dlong / Hmon = 2  
dtransv / Hmon = 1,1

Tabla de valores tomada de la curva isolux de la luminaria

	0,0	0,5	1
0,5	4,4	4,3	2,2
1,0	2,8	2,8	2,2
1,5	1,4	1,4	1,5
2,0	0,73	0,73	0,73

1000lm

Lámpara = Sodio de alta presión de 250W  
Flujo luminoso= 25000

$$N \text{ luminarias} = 0,6 \quad N = \frac{Em \cdot Sup}{\phi_{lum} \cdot fc}$$

Valores de Luminancias  
en Cuadrícula

	0,0	0,5	1,0
0,5	39,3	38,4	19,6
1,0	25,0	25,0	19,6
1,5	12,5	12,5	13,4
2,0	6,5	6,5	6,5

**Hmontaje = 7m**

Emed= 18,7

Emin= 6,5

Emin / Emed = 0,35

**Cumple**

**Hmontaje = 6,5m**

Emed= 24,74

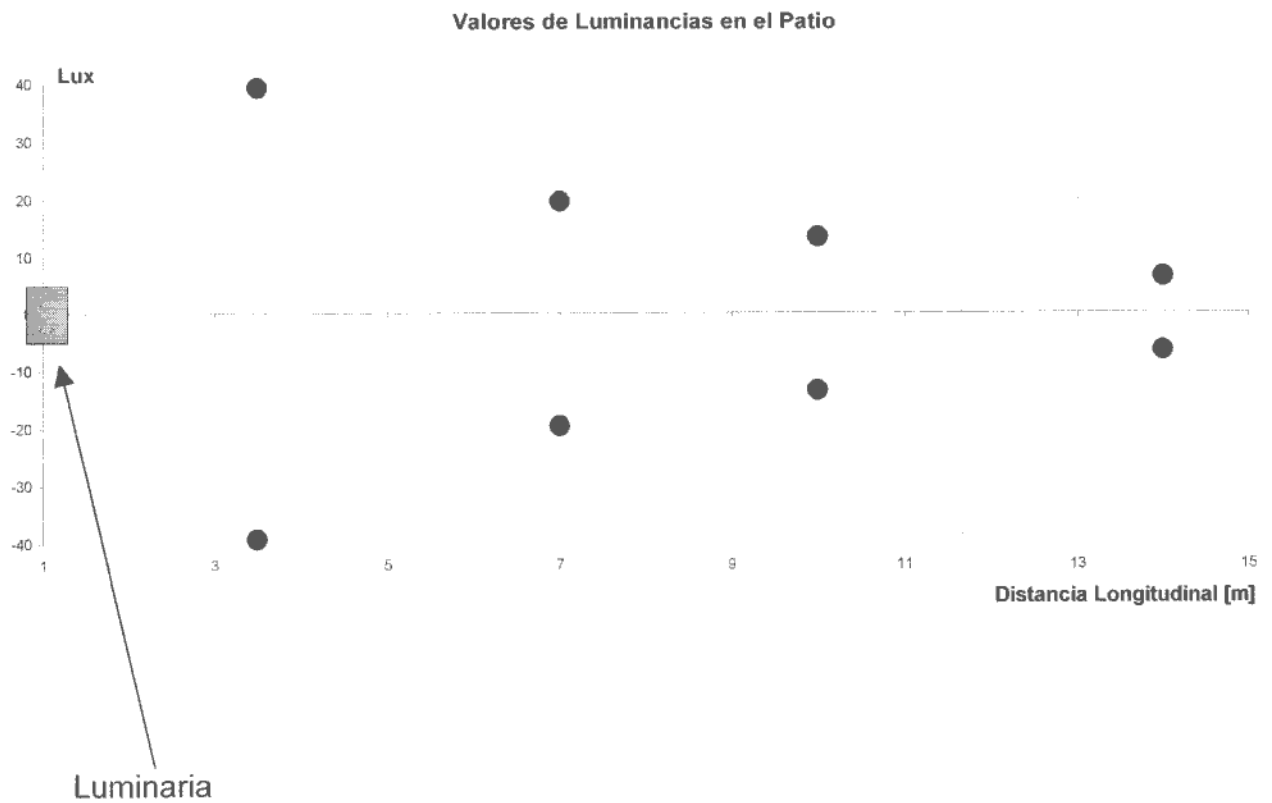
Emin= 5,16

Emi/Eme= 0,21

**No cumple**

Lo cuál resulta aceptable cumpliendo con las condiciones de Emin / Emed

En el siguiente gráfico se muestra los valores de luminancias para la cuadrícula del patio. Las dimensiones del mismo son de 14x14 m<sup>2</sup>.



**Disposición de las Luminarias en el Local**

Zonas	N	Consumo	Fase	I1[A]	I2[A]	I3[A]
1) Zona 1 Ingreso	2	4,4	T	0	0	4,4
2) Zona 2	4	13,6	RS	6,8	6,8	0
3) Zona 3 Lavadero	2	4,4	RS	2,2	2,2	0
4) Zona 4	6	20,4	RS	10,2	10,2	0
5) Zona 5	6	20,4	RS	10,2	10,2	0
6) Zona 6 Metalurgia	5	17	RS	8,5	8,5	0
7) Zona 7 Depósito	2	6,8	T	0	0	6,8
8) Zona 8 Soldadura	2	6,8	RS	3,4	3,4	0
9) Zona 9 Soldadura	3	10,2	RS	5,1	5,1	0
10) Zona 10	3	10,2	RS	5,1	5,1	0
11) Zona 11 Oficinas	10	17,6	T	0	0	17,6
12) Zona 12 Baños	2	1,44	T	0	0	1,44
Patio descubierto	1	3,85	T	0	0	3,85

**I total cada fase[A] = 51,5    51,5    34,09**

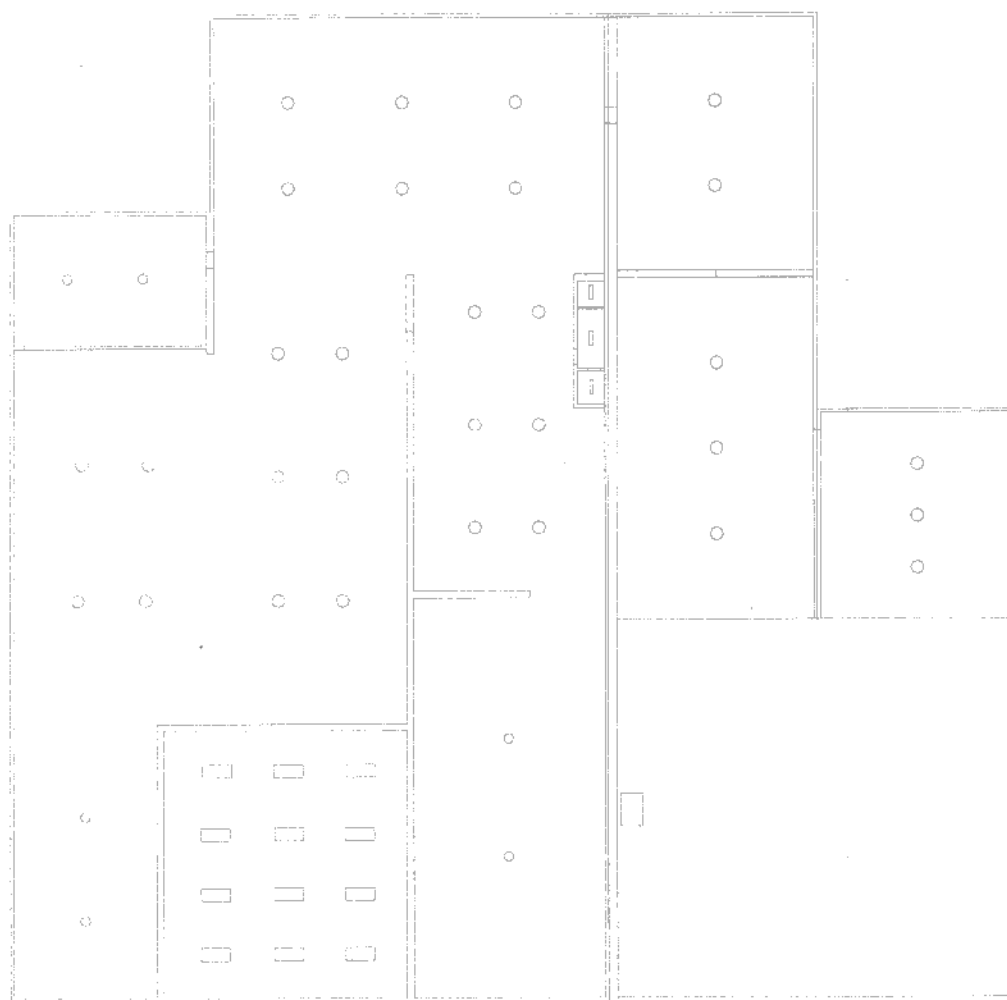
La disposición elegida se basa en aislar de los efectos que pueda llegar a producir en la red la utilización de la soldadora TIG; la cuál esta conectada a las fases 1 y 2. De esta manera se mantiene aislado la zona de las oficinas de cualquier fluctuación en la red, por la utilización de aquella.

La forma de disposición implementada es, también, una medida preventiva contra el efecto estroboscópico.

Los tubos fluorescentes en las oficinas, van conectados como conexión Duo.

El detalle de la selección de los conductores se encuentran en el capítulo de elección y verificación.

Plano de disposición de las luminarias



## Introducción

En el proyecto de diseño de una instalación eléctrica, no pueden obviarse la naturaleza de las cargas eléctricas que la componen. Una demanda continua de potencia no genera ningún tipo de problema en cuanto las variaciones de tensión dado que la misma será continua. Ahora bien, cuando la carga demanda una potencia variable a lo largo del tiempo, esto producirá una fluctuación de tensión en la red.

Estas fluctuaciones son muy comunes, por ejemplo, en los equipos de soldadura que; cuándo están soldando poseen cierta impedancia y cuando no lo hacen presentan otra distinta. Esto lleva a que la caída de tensión aguas arriba resulte muy distinta para cada estado.

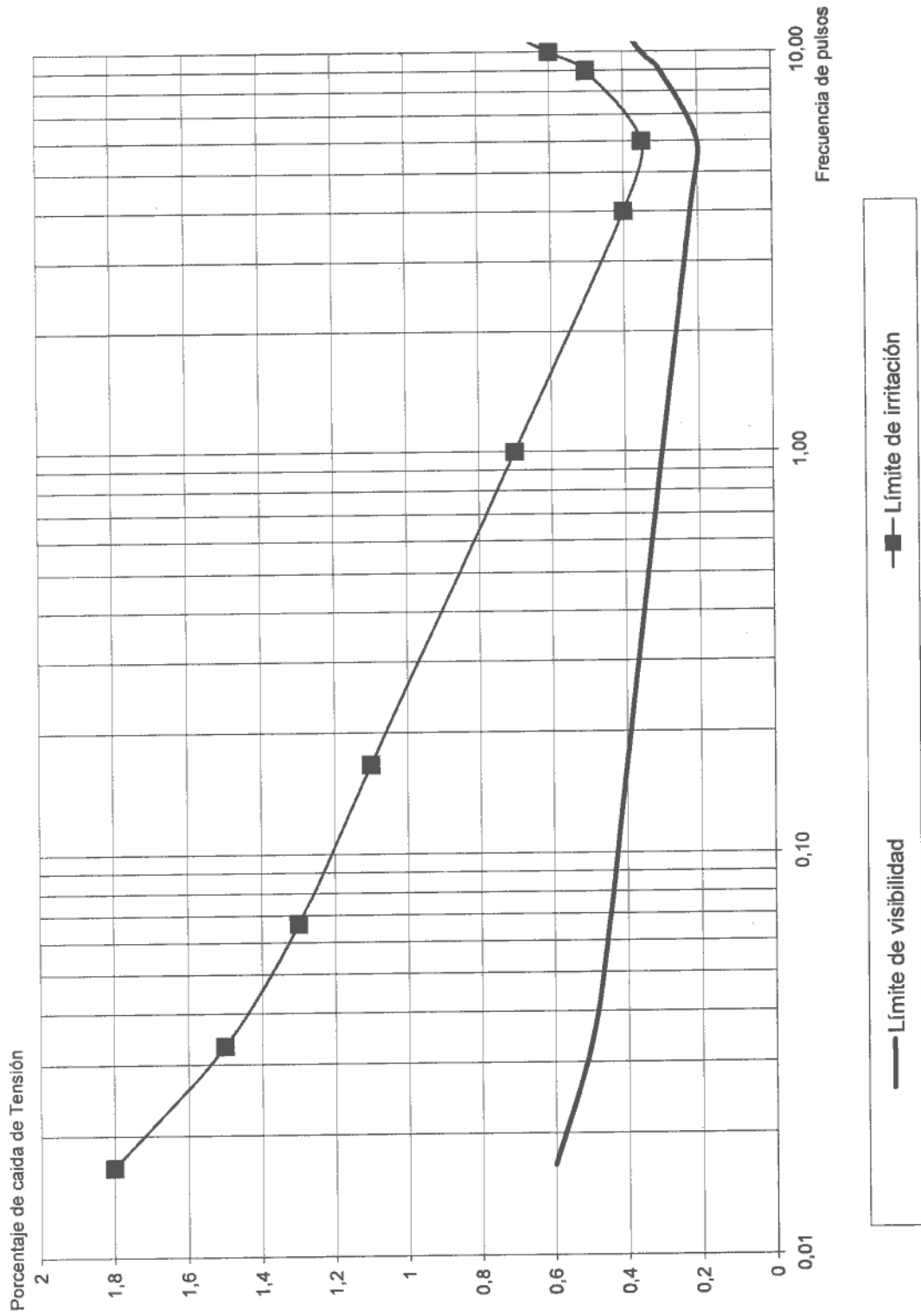
Cuando las variaciones de tensión llegan a valores elevados producirá, indefectiblemente, una variación en la intensidad luminosa. Este efecto será apreciable mayormente en las lámparas incandescentes.

Para el estudio de los efectos que producen estas variaciones de tensión, se llevaron a cabo una serie de experiencias de las cuales se obtuvieron resultados con fines estadísticos. Estas mediciones determinaron, estadísticamente, la respuesta fisiológica a las variaciones de intensidad luminosa producidas por fluctuaciones de tensión, es decir hasta que punto es posible soportar una variación de intensidad luminosa. Estas experiencias se efectuaron únicamente con lámparas incandescentes y se logró establecer como parámetros, dos curvas; la primera de umbral de percepción de la fluctuación y la segunda de umbral de molestia.

En esta curva se intenta representar por un lado el porcentaje de caída de tensión que sufre la red de la instalación eléctrica y por el otro la frecuencia con la que se produce esta demanda fluctuante.

La curva es la que se muestra a continuación:

Curva de Irritabilidad frente a variaciones de Tensión



### Situación actual

En cuanto a las cargas dentro de la instalación que nos ocupa, la misma posee tres equipos de soldadura, los cuales dos son del tipo rotativos y uno (TIG) del tipo transformador-puente rectificador y un compresor de aire.

Las dos soldadoras rotativas, dada la inercia de las masas puestas en juego no generan grandes variaciones de tensión en la línea, pero si en el caso de la soldadora TIG y el compresor de aire.

Este estudio se basa principalmente en el análisis del compresor, dado que fue apreciable la variación del flujo luminoso, cuando este arranca su ciclo. Estas variaciones de tensión no fueron posibles medirlas por falta de instrumental, pero fueron experimentadas *in situ*.

Los efectos que pudiera producir la soldadora TIG no fueron apreciados durante su funcionamiento, debido a esto es que solo se analiza el compresor.

En el estudio de la instalación eléctrica actual se encontró con la imposibilidad de lograr observar fehacientemente la línea de alimentación del compresor; esto es, existen gran cantidad de empalmes de conductores de distintas secciones (en general la sección que más se ha usado es  $2,5\text{mm}^2$ ) y colores tendidos precariamente exterior e interior. Esta dificultad resultó ser una barrera al momento de poder estimar cual es el punto de acometida común entre las cargas de iluminación y la del compresor.

De esta manera, es que se ha tenido en cuenta como punto de acometida común al tablero seccional actual.

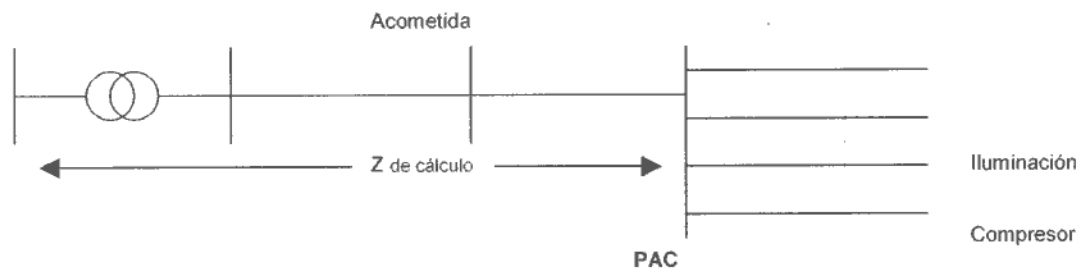
Este tablero se encuentra a unos 30m de distancia del tablero principal; por ende, solo se toma como impedancia a esos 30m de conductor ( $2,5\text{mm}^2$ ) y la que existe desde la acometida hasta el transformador.



### Desarrollo

Dado lo expresado con anterioridad, se procedió, de todas formas, a realizar un cálculo aproximado de la caída de tensión que podía producir el compresor, a pesar que la mayoría de la iluminación es por fluorescentes.

La caída de tensión debe medirse del punto de acometida común aguas arriba, generada por la demanda del compresor. Es decir:



Los cálculos de las caídas de tensión son los que siguen a continuación y a posterior la curva que nuestra en estado se encuentra la instalación del compresor.

#### Datos de la línea, hasta el PAC ( Instalación proyectada )

L [Km]=	0,0205	
Rtotal[ohm]=	0,107	Valor desde el transformador hasta el tablero Seccional
Xtotal[ohm]=	0,039	Valor desde el transformador hasta el tablero Seccional
fi [rad]=	0,35	

#### Variación de tensión y de carga solicitada

Delta U[%]=	0,0142	
f [Hz]=	6	tomo la peor frecuencia

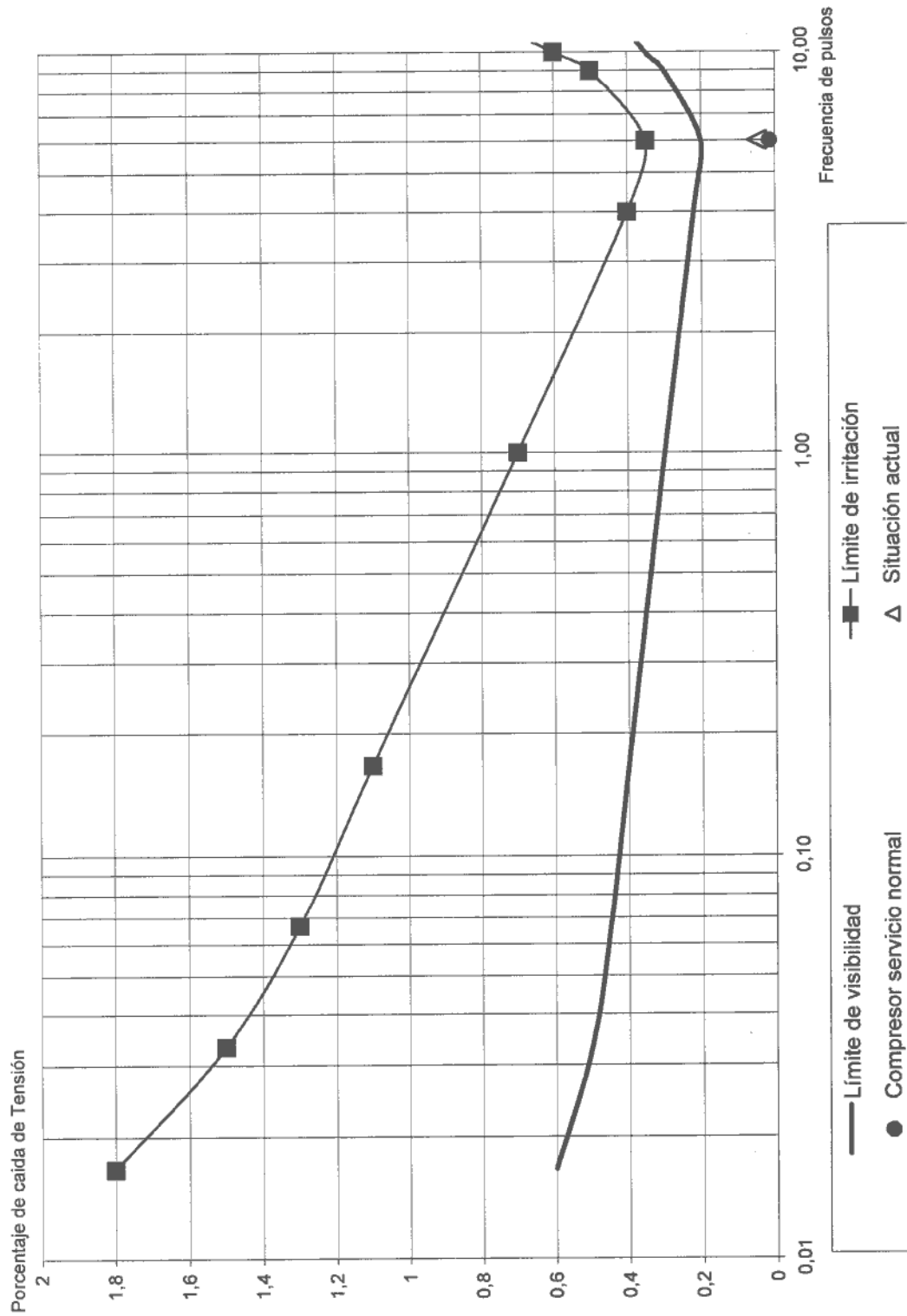
#### Situación actual

I[A]=	27	
S[mm²]=	2,5	Conductor desde Tppal hasta el T Seccional
R[ohm]=	0,386	Valor desde el transformador hasta el tablero Seccional
X[ohm]=	0,038	Valor desde el transformador hasta el tablero Seccional
fi [rad]=	0,10	

#### Variación de tensión y de carga solicitada

Delta U[%]=	0,0485	
-------------	--------	--

Curva de Irritabilidad frente a variaciones de Tensión



## Conclusiones

Los cálculos realizados no reflejan lo comprobado empíricamente, esto es el compresor provoca variaciones de tensión muy apreciables, a pesar de que en el cálculo de la situación actual demuestra que no existe molestia por flicker. Esto se debe a que se desconocen algunas cuestiones que son producto del estado de la instalación; como ser:

- Longitud del conductor hasta el posible PAC.
- Variación de la sección del mismo conductor.
- Posibles falsos contactos.

Probablemente las fluctuaciones que se producen al momento en que comienza a funcionar el compresor, se basan en efectos producidos por los puntos mencionados más arriba, los cuáles resultan de muy difícil cuantificación e incluso de tratamiento teórico-cuantitativo; incluyendo en este punto que toda la iluminación que posee el taller es por tubos fluorescentes de 105W.

De este abreviado análisis queda establecido que, se podrán reducir los efectos de las variaciones de tensión con una buena planificación en el diseño de los componentes de la instalación.

## Desarrollo

En este capítulo se desarrolla, brevemente, un análisis económico de la energía eléctrica consumida en la instalación. Por medio de los resultados se logrará una mejor racionalización de la energía eléctrica, con su consecuente ahorro en los costos.

Estos cálculos aproximados, se basaron en los consumos que se registraron desde el mes de noviembre del año 2003 al mes de septiembre de 2004.

El taller, dada su ubicación, contrata potencia con la Cooperativa de Electricidad Mar del Plata. Dicha contratación se basa en el establecimiento de un piso de potencia asegurado por dicha cooperativa. Estos valores no podrán disminuirse hasta que halla transcurrido un año (periodo de carencia). La elevación de dicha contratación se puede realizar en cualquier momento.

El tipo de tarifa que posee es T2BT; o sea tarifa 2 de baja tensión, mayor a 10KW y menor de 50KW. La contratación de potencia se realiza sobre dos franjas horarias, una en pico (14KW) o otra en fuera de pico (26KW).

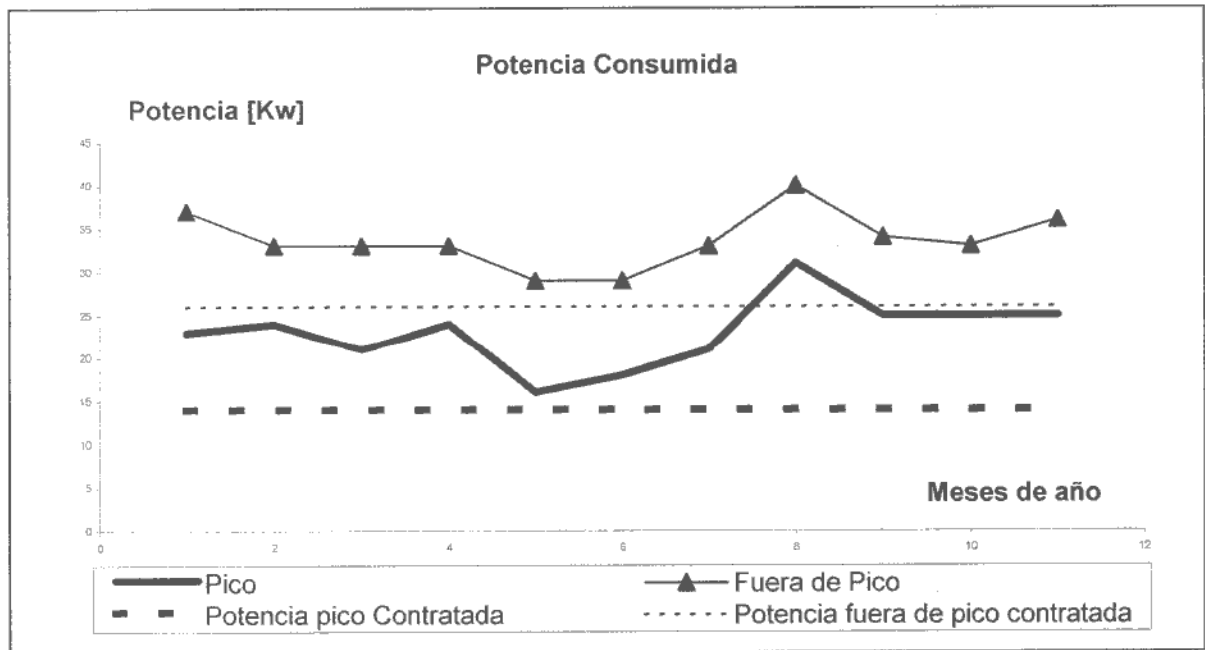
A continuación se detallan los valores de las facturas de consumos:

Consumos		Potencias [KW]		Energías [KWh]		Suma	Ereact	Exceso Reactiva
		F.Pico	Pico	F.Pico	Pico			
Noviembre	2003	37	23	6300	985	7285	4975	2582
Diciembre	2003	33	24	4920	411	5331	3908	2156
Enero	2004	33	21	5260	625	5885	4127	2192
Febrero	2004	33	24	4657	525	5182	3453	1748
Marzo	2004	29	16	4374	298	4672	3379	1842
Abril	2004	29	18	4810	432	5242	4026	2303
Mayo	2004	33	21	5530	420	5950	4531	2578
Junio	2004	40	31	6904	667	7571	5507	3017
Julio	2004	34	25	7108	810	7918	6197	3598
Agosto	2004	33	25	6024	716	6740	5488	3272
Septiembre	2004	36	25	5989	606	6595	5281	3116
Octubre	2004	33	25	6024	716	6740	5488	3272
Noviembre	2004	36	25	5989	606	6595	5281	3116
Promedios anuales =		33,6	23					
Potencia máxima =		40	31					
Potencia mínima =		29	16					

Los cargos por excesos, de potencia y de energía reactiva son:

Exc Pot total[\$]	Exc Energia reactiva[\$]	Total [\$]
66,1	64,55	130,6
62,7	53,9	116,6
48,2	54,79	103,0
62,7	43,71	106,4
15,8	46,07	61,9
25,5	57,58	83,1
48,2	64,47	112,7
110,9	75,41	186,3
69,5	89,95	159,5
67,5	81,79	149,3
73,7	77,89	151,6
67,5	81,79	149,3

Mediante el siguiente gráfico se puede observar cuales son los inconvenientes en los valores de potencia contratada.



Se ve claramente que en ningún momento de todo el año, el consumo disminuyó por debajo del valor contratado. Esta claro que dada la forma de contratación se ha estado abonando prácticamente a lo largo de todo el año un 50% más de lo que se consume en exceso; cuándo en realidad se hubiesen abaratado los costos con valores más elevados de potencia de contratación.



Utilizando las herramientas informáticas que se disponen mediante la planilla de cálculo de Excel, es posible determinar cuál es el valor de potencia a contratar a los efectos de mejorar la relación entre la potencia que se abona y no se utiliza y el excedente de potencia por un valor de contrato bajo. A continuación se trazan las curvas de costos que muestran cuales son los valores óptimos de contratación de potencia a fin de minimizar las multas por excesos, o bien pagar demás.

Las curva que corresponde a las franjas horarias son las que siguen a continuación:

Gráfico óptimo de contrato de potencia en Pico

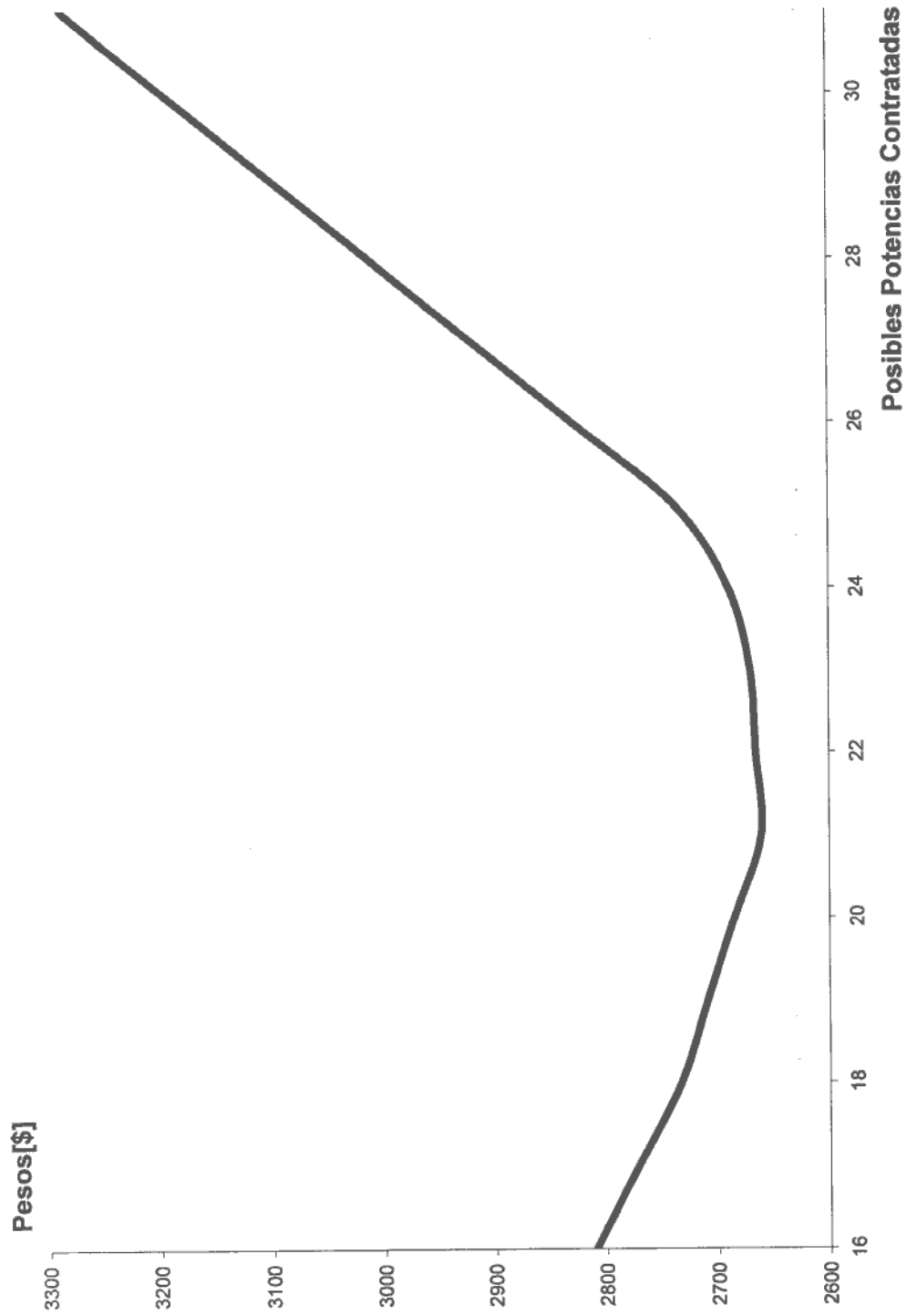
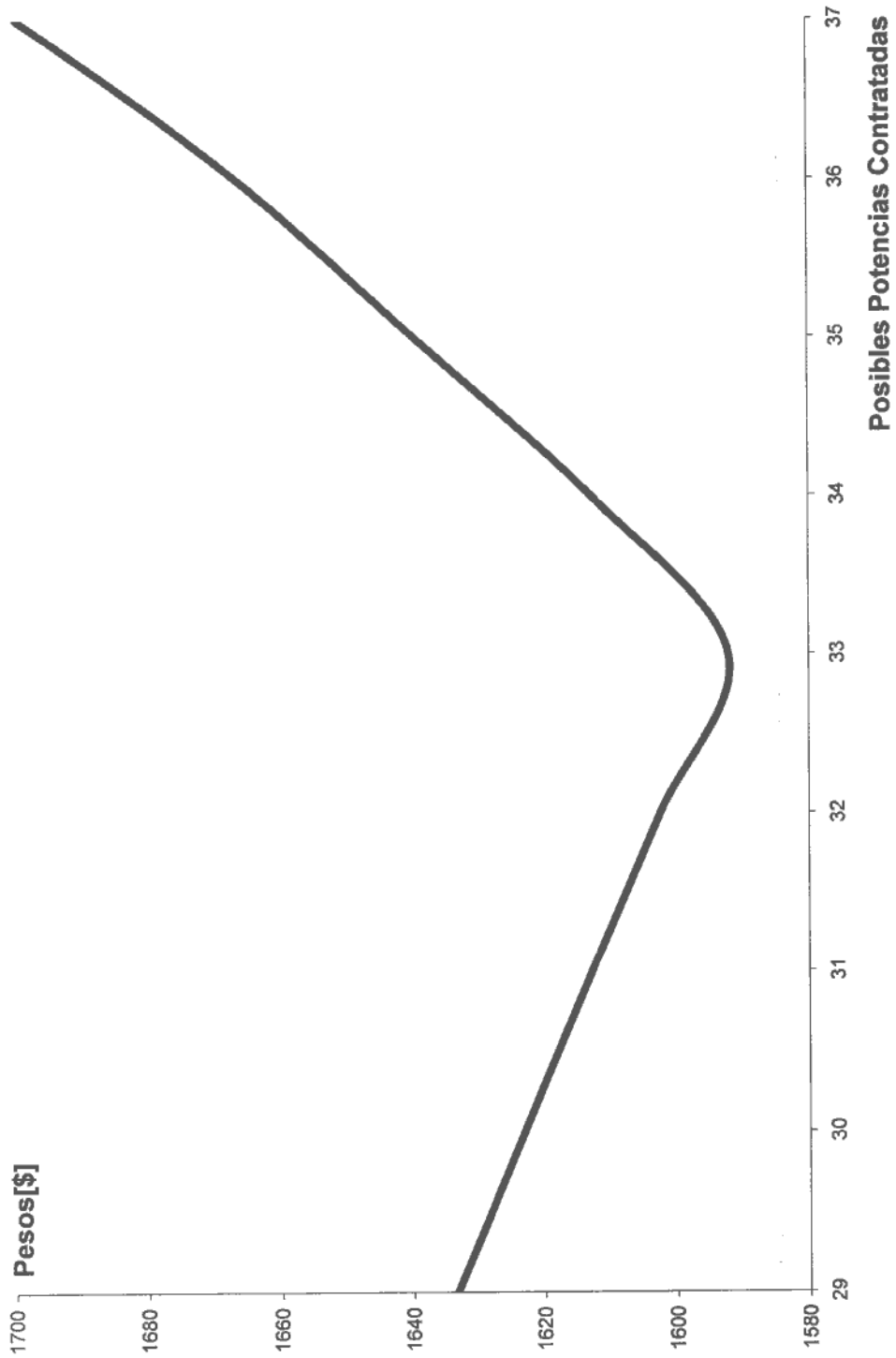


Gráfico óptimo de contrato de Potencia Fuera de Pico





De los gráficos se obtienen los valores óptimos de contratación de energía eléctrica para reducir costos.

Estos valores son:

Potencia	Fuera de Pico	en Pico
Valor Optimo a contratar	33	21
Valor anterior	26	14

De lo observado se puede concluir que resulta conveniente, en términos monetarios, recontratar potencia y consecuentemente con una buena compensación de energía reactiva se llegaría a una economía en los gastos de consumo eléctrico, bastante apreciable, juntamente con la reducción de los montos afectados por los impuestos, que ascienden a un 39,2% sobre el subtotal de costo de energía.

## Introducción

El sistema de protección contra rayos no provee de una protección cien por cien segura, pero lo que logra es minimizar los daños que podrían llegar a ocasionar un tipo de descarga atmosférica.

Los parámetros utilizados para la determinación de su necesidad están basados en experiencias realizadas las cuáles están lejanas a cualquier exactitud.

En el desarrollo nos remitiremos a la Normativa vigente en cuanto al tema refiere, dándole el marco local y Nacional.

## Situación actual

El taller a la fecha no cuenta con ningún sistema de protección contra rayos. Por lo tanto remitiéndose al marco legal que corresponda continua el desarrollo.



**Desarrollo**

Se comenzó previamente, realizando la verificación sobre la necesidad de la colocación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas según lo normado por la **Municipalidad del Partido de General Pueyrredón**.

Dentro de la reglamentación de instalaciones Eléctricas Mecánicas, Térmicas y de Inflamables en el Partido de General Pueyrredón (Ordenanza 12236), se trata la obligatoriedad de la constitución de un sistema de protección contra rayos. La misma esta determinada en función de la ponderación de ciertos parámetros los cuáles al final son sumados y comparados a un valor de referencia local.

A continuación se muestra con más detalle:

**Análisis de la obligatoriedad**

Elementos a ponderar de la instalación en cuestión

- A) Uso de estructura
- B) Tipo de Construcción
- C) Contenido de la misma
- D) Grado de aislamiento en que se halla
- E) Tipo de Región
- F) Altura de la Estructura
- G) Actividad atmosférica de la región

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
A) Establecimiento Industrial, de montaje y reparaciones	6
B) De Hormigón armado con cualquier techo no metálico	2
C) Fabricas o talleres que contienen elementos valiosos	2
D) Localizada en una gran área de estructuras de mayor altura	2
E) Región llana	2
F) Altura no excede de 9 metros	2
G) Actividad ceraunica excede de 18 hasta 21	21
<b>Total</b>	<b>37</b>

**Dado que el valor de la suma resulta menor a 40 se determina la no-obligatoriedad.**

En virtud de que no es requerido la colocación de un sistema de protección contra rayos, no quiere decir que no sea necesario. De esta manera se ha propuesto la colocación de un sistema de protección, remitiéndonos a la Norma IRAM en vigencia del tema.

La Norma en vigencia que trata el tema es la N° 2184 del año 1996 establece ciertos parámetros sobre el tema.

En el análisis de la necesidad de la colocación de un sistema de protección atmosférica, el procedimiento tiene en cuenta la densidad de rayos caídos a tierra, de la zona, la proximidad a otros edificios, y el área equivalente del inmueble.

Una vez obtenidos los valores se determina la frecuencia de rayos directos ( $N_d$ ); mediante la expresión:

$$N_d = \text{densidad de rayos a tierra} \times \text{Area} \times 1.10^{-6}$$

A partir de aquí se obtiene la frecuencia aceptada de rayos teniendo en cuenta el tipo de estructura del inmueble; donde se detalla el tipo de construcción, techo (C1), su contenido (C2), el nivel de ocupación (C3) y las consecuencias de un impacto (C4). De aquí se obtiene el valor de  $N_c$ :

$$N_c = \frac{3.10^{-3}}{C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4}$$

Una vez obtenido el valor de  $N_c$ , se debe compara con  $N_d$ . Cuando  $N_d$  es menor o igual a  $N_c$  no será necesaria la protección, caso contrario si lo es.

Dado el cálculo realizado, que se muestra más adelante, se ha determinado la necesidad de la colocación de un sistema de protección atmosférica, y se calcula la eficiencia del sistema. Esta es la relación entre el número promedio anual de rayos directos que no pueden causar daños en una estructura y el número de impactos directos en la misma.

Mediante el nivel de protección se obtienen las distancias de protección de un elemento captor.

El detalle de los cálculos son:

#### 1) Datos

Densidad de rayos a tierra:	$N_g =$	3,5	(2,5 - 3,5)
Proximidad de otros elementos:	$h =$	5	m
Valor a limitar la distancia:	$X_s =$	3	m
Área equivalente:	$A_e =$	5397	m <sup>2</sup>

**2)Frecuencia de Rayos directos Nd.**

Nd= 0,019

**3)Frecuencia aceptada de rayos**

Valoración de las constantes Ci

- C2= 1 Estructura Común y Techado metálico
- C3= 0,5 Contenido no inflamable
- C4= 3 Normalmente Ocupada
- C5= 1 Sin necesidad de continuidad en El servicio

Nc= 0,002

**4)Determinación de la necesidad de la protección**

Nc= 0,002  
Nd= 0,019 **Protección necesaria**

**5)Nivel de eficiencia**

Ec= 0,788

**6)Nivel de protección**

E= 0,800 > al valor de Ec=0,788

**Nivel de protección IV**

Colocación del dispositivo captor en función del nivel de Protección

Nivel de Protección	R[m]	h[m]	ángulo alfa °	Distancia media[m]
IV	60	20	55	25

- Altura de techo = 9 m
- Ancho de la estructura = 43 m
- Largo de la estructura = 43 m
- Radio máximo a cubrir = 21,5 m
- Altura de Punta Captora = 15 m

Evidentemente la altura de la punta captora resulta excesiva.

De aquí que se optó por otra alternativa.

Dentro de lo establecido por la Norma IRAM, se podrá utilizar como alternativa a elemento captor, una malla de conductor desnudo a lo largo del perímetro del techo. Por lo tanto se ha establecido:

**Elemento captor:** malla de conductores.

Estos conductores rodearán todo el perímetro del inmueble, y estarán firmemente abulonados a una separación de 1.5m.

Componente natural: se utilizará el techo de chapa, el cuál no presenta discontinuidades apreciables en su superficie; no posee elementos aislantes en él y su espesor es mayor a 0.5mm donde no es importante su perforación.

**Conductores de bajada:** existirán varias bajadas, evitando bucles. Se procederá a realizar una por cada esquina saliente del perímetro del local; llegando a ser siete (7).

Se verifica lo establecido por la Norma en lo que respecta a la separación media entre bajadas ( $D < 25m$ ) de acuerdo al nivel de protección (IV).

Perímetro del local = 172 m

Distancia media = 24.6 m

Cada una de las bajadas ira a un electrodo de puesta a tierra (7) e interconectada con las otras. La conexión deberá disponer de una unión a fin de poder realizar pruebas sobre aquella.

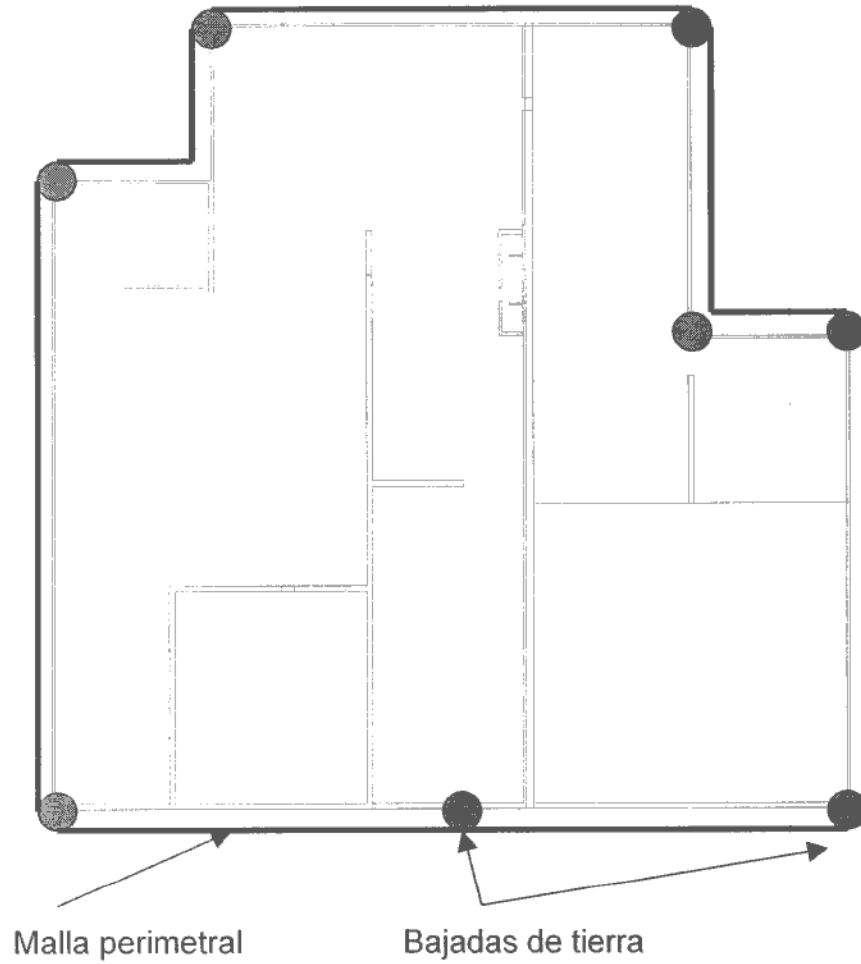
Desde el punto de vista de la protección contra rayos, lo mejor es un sistema único de puesta a tierra. Su disposición es del tipo A, según la Norma donde los electrodos son verticales y cada bajada va con un electrodo distinto.

La Norma establece que la longitud total entre todos lo electrodos deberá ser como mínimo 2.5m, la cuál es ampliamente superada.

Dimensiones de los componentes del sistema de protección contra rayos

Componentes	Material	Sección[mm <sup>2</sup> ]	Obs.
Malla perimetral	Cobre	35	Desnudo
Bajadas a los electrodos	Cobre	16	Aislado
Tierra	Cobre	50	

Esquema de los puntos de bajadas.



## Introducción

### **Protección de las personas y animales. Introducción**

Los contactos que pueden producirse son del tipo indirecto o directo.

El directo es aquel que se da cuando, existe un contacto con una parte de la instalación eléctrica normalmente bajo tensión (partes activas de la misma); aunque no exista una falla.

El indirecto es aquel que sucede cuando, existe un contacto con partes de la instalación eléctrica que se encuentran bajo tensión accidentalmente debido a una falla de aislamiento del equipo.

Por lo tanto cualquier instalación deberá proveer las medidas mínimas de protección por cualquiera de los dos tipos de contactos, a fin de proteger la integridad física de las personas y animales que circulan la instalación.

### **Protección contra contactos directos**

Se pueden optar por varias formas de proteger contra contactos directos y se pueden describir de la siguiente manera:

- Aislamiento de las partes activas.
- Utilización de barreras o envolturas.
- La puesta fuera del alcance.
- Disposición de obstáculos.
- Transformado de aislación.

### **Protección contra contactos indirectos**

- Equipos, dispositivos y canalización de doble aislamiento.
- Emplazamiento en locales no conductores.
- Corte automático de la alimentación (requiere valores muy bajos de resistencia de puesta a tierra).



### Sistema actual

El sistema actual de protección contra contactos directos e indirectos en el Taller que es motivo de este análisis, es obsoleto y se halla fuera de cualquiera de los requisitos exigidos por la normativa vigente.

La medición de la resistencia de puesta a tierra de la instalación (se utilizó Telurímetro) dio como resultado un valor de  $R_{\text{epat}}^1 = 6 \Omega$ .

No existe ninguna medida de protección por corriente diferencial de fuga; y por ende la resistencia de puesta a tierra es muy elevada.

Debido a este valor se puede observar que cualquier falla que exista seguramente se excederá del tope máximo dispuesto como tensión de seguridad (65V); y por tanto esta en peligro la seguridad e integridad física de las personas y animales que circulan por el Taller.

Teniendo en cuenta que la protección colocada en el tablero de principal son fusibles de  $I = 100A$  al momento; se podrían estimar los valores de la corriente de falla y de la tensión de contacto.

$$I_{k1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z + Z_n)} \quad \text{y la se puede estimar como } U_{\text{contacto}} = I_{K1} \cdot R_{\text{tierra}}$$

Si tomamos una falla en el tablero principal la impedancia total sería aproximadamente:  $Z + Z_n = 8,1\Omega$  (considerando que la puesta a tierra de la subestación es de  $2\Omega$ ) por lo tanto la corriente de falla  $I_{k1}$  tomaría el valor:

$$I_{K1} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot (0,1 + 6 + 2)} = 15,68A \quad \text{y el fusible no actuaría nunca}$$

La tensión de contacto sería:

$$U_c = 15,68A \cdot 6,1\Omega = 95,65v \quad \text{siendo totalmente inaceptable.}$$

Para obtener el valor de la resistencia de puesta a tierra utilizando como elemento de protección los fusibles se puede obtener de:

$$R_t \leq \frac{U_c}{I_{0,2\text{seg}}} \quad R_t \leq \frac{65v}{400A} = 0,1625\Omega \quad R_{\text{tierra}} = 0,1625\Omega \quad \text{la cual es}$$

prácticamente imposible lograr.

<sup>1</sup> Repat : resistencia del electrodo de puesta a tierra

### Recomendación

Como una medida de resguardo, se puede optar por una urgente colocación en el tablero de acometida de un interruptor por corriente diferencial de fuga sin retardo, y al mismo tiempo realizar una implementación del sistema de puesta a tierra de acuerdo a la normativa vigente que conlleve a una protección eficiente y eficaz.

Teniendo en cuenta que típicamente un interruptor diferencial actúa para una corriente diferencial de  $I_{\Delta n} = 30\text{mA}$  el valor tentativo de resistencia de puesta a tierra sería:

$$R_t = \frac{65\text{v}}{30\text{mA}} = \frac{65}{0.03} = 2166\Omega \quad \text{valor fácil de obtener prácticamente.}$$

## Desarrollo

El sistema de puesta a tierra de la instalación es tipo TT y se encuadra en la Reglamentación para la ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la AEA; juntamente a la establecido por IRAM 2281.

Condiciones:

- Que el valor de la Resistencia este de acuerdo a la normativa ( $10\Omega$ ).
- Que las corrientes de falla y fuga puedan circular sin peligro.
- Que el sistema posea la robustez y protección mecánica necesaria dadas las distintas influencias externas.

De acuerdo a la instalación y sus sistemas de protección previstos se detalla a continuación las partes constitutivas del sistema de puesta a tierra y sus observaciones.

**Electrodo:** Jabalina. Se deberán disponer de conexiones que permitan realizar pruebas y mediciones y su desmontaje deberá efectuarse indefectiblemente por medio de una herramienta. Pueden observarse dentro de los cálculo realizados los valores de resistencia obtenido con la disposición de las jabalinas. Debido a la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas la cantidad de electrodos es siete; uno por cada arista saliente del inmueble, y uno a la mitad del frente, donde se respeta la relación de distancia entre electrodos mayor a  $10.R_e$  (radio equivalente del electrodo).

**Material:** acero galvanizado en caliente (por su resistencia a la corrosión)

**Requerido:** una jabalina JL 16 de 3000mm; de 12.6mm (1/2 pulg.). Se deberá tener en cuenta el posible aumento de la resistencia debido al efecto corrosivo.

**Mediciones:** deberán efectuarse periódicamente mediante la utilización de telurímetro.

**Equipotencialización:** se deberán interconectar, mediante un conductor de protección; otros electrodos dispuestos en el área; todas las instalaciones de agua, gas, calefacción central y demás. La barra de

Equipotencialización estará dispuesta en el tablero de Acometida donde se conectarán a la misma; la puesta a tierra; el conductor de protección y las uniones equipotenciales principales.

**Conductores de puesta a tierra:** como primera exigencia dada por la Norma 2184-1 de Protecciones Atmosféricas no podrá ser menor a 50mm<sup>2</sup>. Este conductor va desde la conexión de bajada del conductor de protección atmosférica hasta la conexión con el electrodo de puesta a tierra.

**Conductor de protección:** la sección no podrá ser menor al valor que se obtiene de la verificación térmica por corriente de cortocircuito para un tiempo entre 0,1 y 5 segundos. Dado que se optó que el conductor de protección sea aislado y no incorporado a otros cables; su sección tampoco podrá ser inferior a 4mm<sup>2</sup>; y también estará de acuerdo a la siguiente tabla

S mayor cond fase [mm <sup>2</sup> ]	S prot y puesta a tierra mm <sup>2</sup> ]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

**Conexiones del conductor de protección:** serán accesibles para su inspección y ensayo. Las masas conectadas a un sistema de protección no podrán hacerlo en serie (guirnalda AEA 771-C.3.3.5).

## Cálculos en la determinación de la Resistencia de puesta a tierra

Para la determinación del valor aproximado de la resistencia de puesta a tierra, es necesario conocer los siguientes parámetros:

- Resistividad del suelo.
- Tipo de electrodo; dimensiones.
- Disposición dentro del terreno.

Estos datos influyen determinadamente sobre el valor de la resistencia de puesta a tierra.

- $\rho_{\text{suelo}} = 40 \Omega/\text{m}$ ;
- Jabalina enterrada vertical de 3000mm, acero galvanizado en caliente;
- Dentro de la superficie del taller se dispondrán siete, donde las dos más cercanas se hallarán a 12,5m de distancia.

Dado que la resistividad del suelo varía punto a punto, incluso dentro del mismo terreno y también lo hace con la profundidad, es recomendable, por tanto:

- efectuar previamente una medición de la resistividad del suelo, dado que depende de muchos factores;
- enterrar las jabalinas, y tomar la medición de su valor; pero no tomarlo como definitivo; el conjunto de las siete jabalinas con el paso del tiempo llegará a un valor distinto de resistencia que el esperado, en virtud de un reajuste de las capas que se encuentran en contacto con la misma.

Como cálculo previo se procedió a la constatación de que variable de afectaba más al valor de la resistencia de puesta a tierra, llegándose a la conclusión que pesa más la longitud de la jabalina que su diámetro y se puede observar de las gráficas obtenidas.

Debido a que el sistema de puesta a tierra posee siete jabalinas, esto por un requerimiento de la Norma IRAM de Protecciones Atmosféricas, el valor de la Resistencia global de puesta a tierra será mucho menor que la de una sola, esto es, como si se tratara de un paralelo de impedancias.

Este valor dependerá de cuán alejadas estén una de otras, cuánto más cercanas se encuentren unas de otras, el valor total de la resistencia tenderá al valor de una sola jabalina; por lo tanto se deberán verificar las distancias a las cuales serán colocadas. En este caso la distancia más cercana es de 12,5 m.

Básicamente podemos definir el valor de la resistencia de puesta a tierra como:

$$R_{global} = \frac{0,159 \cdot \rho_{suelo}}{K_{paralelo} \cdot L} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot L}{radio\ jabalina}\right)$$

$$\rho_{suelo} = 40$$

$$L = 2,5$$

$$radio\ jabalina = 0,0127 = 0,5''$$

Por otro lado los valores para determinar el  $K_{paralelo}$  son:

$$a = 12,5m$$

donde  $a$  es la separación entre jabalinas

$$\frac{a}{L} = 5 \Rightarrow K_{paralelo} = 6\text{ aproximadamente}$$

$$R_{global} = 2,5 \Omega$$

Tomando a este valor como el real; caso de existir una falla la tensión de contacto llegaría a ser:

$$U_{contacto} = I\Delta n \cdot R_{tierra} \quad \text{teniendo en cuenta que una protección diferencial}$$

en el tablero principal actua para 100mA el valor será:

$$U_c = 0,1A \cdot 2,5\Omega = 0,25v \quad \text{dentro de los valores aceptables.}$$

### Costos de la Instalación

La siguiente tabla demostrativa tiene por objeto dar una idea de cual serían los costos para la efectiva realización de la instalación eléctrica descrita.

Descripción	Pr.Unit	Cant.	Total [€]
Bandeja portacable 100x50	37.4	45	1683
Bandeja portacable 50x50	27	2	54
Ménsulas (cada 1.5m)	4.95	92	455,4
Caño 16/14	3.48	220	765,6
Caño 19/17	4.22	120	506,4
Caño 22/20	8.48	2	16,96
Caja de paso	9	77	693
Lámparas HPI 400W (incluye equipo auxiliar)	105	31	3255
Lámparas HPI 250W (incluye equipo auxiliar)	102	4	408
Tubos TL-DNG 36/840	19.78	40	791,2
Tubos TL-DNG 18/840	8.16	3	24,48
Balasto electrónico 2x36W	55.9	20	1118
Balasto electrónico 1x36W	48.76	3	146,28
Luminarias HPI AI 525 C	72	35	2520
Luminarias Anfa	80	10	800
Luminarias TMS	40	3	120
Lámpara Sodio de alta presión 250W	42	1	42
Luminaria Far Baco II	190	1	190
Jabalina 1/2" 3000mm	41.95	7	293,65
Caja DIN 12 bocas	43.42	36	1563,12
Gabinete tablero principal	150	1	150
Gabinete tablero seccional	290	1	290
Conductor 3x70+1x35 mm <sup>2</sup>	31	32	992
Conductor 1x4 mm <sup>2</sup>	1.17	516	603,72
Conductor 1x10 mm <sup>2</sup>	1.95	204	397,8
Conductor 1x2.5 mm <sup>2</sup>	0.5	1180	590

Descripción	Pr.Unit [\$]	Cant.	Total [\$]
Interrupor Sentron VL 250	2252	1	2252
Módulo diferencial RCD 250	2511	1	2511
Banco de capacitores de 15KVAR	360	1	360
Seccionador Fusible	150	8	1200
Fusible NH 100 A	11.1	3	33,3
Fusible NH 80 A	11.1	18	199,8
Fusible NH 50 A	11.1	3	33,3
Fusible aR 63 A	23.5	3	70,5
Interrupor Diferencial In = 6 A	120	3	360
Interrupor Diferencial In = 10 A	144	7	1008
Interrupor Diferencial In = 16 A	153	13	1989
Interrupor Diferencial In = 25 A	93	12	1116
Interrupor Diferencial In = 40 A	106.5	3	319,5
Interrupor Diferencial In = 63 A	207	1	207
Interrupor Termomagnético In = 6 A	54	3	162
Interrupor Termomagnético In = 10 A	75	7	525
Interrupor Termomagnético In = 16 A	84	12	1008
Interrupor Termomagnético In = 25 A	93	7	651
Interrupor 3RA1 hasta 4KW	270	30	8100
Interrupor 3RA1 de 7.5KW	332.4	1	332
Interrupor 3RA1 de 11KW	597	1	597
Contactador de 15KW	312	2	624
Contactador de 22KW	525	1	525
Contactador de 30KW	819	2	1638
Relevo térmico 22-32 A	267	3	801
Relevo térmico 18-25 A	267	1	267
Relevo térmico 36-50 A	336	1	336
Relé temporizado on-delay 0.5 10segundos	237	1	237
<b>TOTAL APROXIMADO EN MATERIALES</b>			<b>\$ 45932</b>



En la siguiente tabla se describen, nuevamente, un valor tentativo de los costos por mano de obra; proyecto y dirección técnica.

Descripción	Prec Unit.[\$]	Cant.	Total [\$]
Bocas de tomacorriente	35	43	1505
Bocas de iluminación	35	52	1820
Tablero de cada máquina	105	36	3780
Tendido de conductores en bandeja <small>(por cada una de 3mts)</small>	60	45	2700
Proyecto y Dirección Técnica	5070	1	5070
<b>TOTAL EN CONCEPTO MANO DE OBRA</b>			<b>\$ 14875</b>

De esta manera el costo de toda la instalación asciende a **\$ 60807**.

## Introducción

La Gestión Ambiental es reconocida entre las más altas prioridades de la empresa, la cual establecerá políticas, programas y prácticas para desarrollar sus operaciones de manera ambientalmente segura, cumplimentando estrictamente la legislación vigente en la materia.

La empresa utilizará equipos y procesos diseñados para proteger el ambiente de trabajo y el exterior controlando todas las emisiones que se generan durante el desarrollo de su actividad productiva.

Dentro de los objetivos se encuentran:

- Reducir residuos.
- Reducir la liberación de contaminantes.
- Promover la conciencia ambiental entre los empleados y la comunidad.
- Analizar los posibles accidentes ambientales.

Como beneficios se pueden mencionar:

- El mantenimiento de buenas relaciones con la comunidad.
- Mejoramiento de la imagen frente al mercado.
- Limitar riesgos.
- Mejoramiento del ambiente de trabajo.

## Desarrollo

Cuando nos referimos al análisis del impacto ambiental y social, nos remitimos al tema de competencia de este proyecto que es el desarrollo de una nueva instalación eléctrica dentro del área del taller.

No es motivo de este análisis el tratamiento de los distintos procesos que lleva a cabo el mismo.

Como primera instancia se puede identificar las distintas variables a tener en cuenta.

IMPACTO	VARIABLES
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima</li> <li>• Geología</li> <li>• Suelo</li> <li>• Fauna, vegetación y ecología</li> <li>• Paisaje</li> <li>• Hidrología superficial y subterránea</li> <li>• Aire</li> <li>• Emisiones atmosféricas</li> <li>• Ruidos</li> </ul>
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultura y costumbres</li> <li>• Economía</li> <li>• Urbanística (poblamiento, uso y propiedad de suelo)</li> <li>• Patrimonio</li> </ul>

Como puede observarse; las variables ambientales reconocidas hasta el momento no son afectadas por el proyecto de instalación eléctrica llevado a cabo.

En las variables de índole social se pueden encontrar varios aspectos importantes a tratar. Este impacto social viene con motivo de una generación de conciencia colectiva entre el personal del taller y en el mejoramiento de las condiciones de trabajo, seguridad e higiene, etc..

En efecto, al mejorar las condiciones de trabajo se pueden lograr cambios en las costumbres del personal juntamente con la adición de cursos o jornadas de capacitación e información. En la siguiente página, a modo de recomendación, se mencionan los distintos tópicos a tratar en jornadas de capacitación para el personal de la empresa.

El buen manejo dentro del área de trabajo y el logro de condiciones ambientales óptimas conllevará a una economía de los recursos, consecuentemente con reducción en los tiempos de los procesos y hs / hombre y de los costos de los procesos que se realizan.

En última instancia el reto se centra en la necesidad de comprender la función de la conducta individual y grupal en el origen y evolución de los problemas ambientales y como estos últimos afectan aspectos sociales.

### **Conclusión**

La realización de un proyecto de instalación eléctrica eficiente en cuanto a operatividad y realizado acorde a las Normativas vigentes llevan a que la instalación eléctrica utilice más eficientemente los recursos energéticos disponibles; contribuyendo de esta forma a una optimización de la gestión ambiental.

Por ende, la realización del proyecto lleva al mejoramiento del ambiente laboral. Esto produce un efecto realimentador en el personal de la empresa, aumentando la calidad de las tareas que son llevadas a cabo.



## Curso de Capacitación

A modo de recomendación se destaca la importancia del dictado de distintas jornadas de capacitación e información a todo el personal de la empresa en lo que respecta a seguridad eléctrica y su entorno. Se mencionan los siguientes puntos de importancia a tratar:

- ✓ Conceptos generales de electrotecnia.
- ✓ Concepto de sobrecarga y cortocircuito.
- ✓ Fusible, relé, interruptor termomagnético, guardamotor.
- ✓ Contactor, seccionador.
- ✓ Seguridad, riesgo eléctrico e interruptor diferencial.
- ✓ Interpretación de plano eléctrico y su importancia.
- ✓ Cálculo y verificación de conductores.
- ✓ Coordinación de las protecciones.
- ✓ Detección de fallas.
- ✓ Reglamentación Municipal.
- ✓ Detalles de sistema de puesta a tierra y de protección contra rayos.

Resulta totalmente obligatorio e imprescindible el conocimiento de todos los puntos antes mencionados por el personal de mantenimiento eléctrico. Esto asegurará un ambiente laboral seguro y confiable.

## Bibliografía de consulta

En este trabajo final se tomaron de referencia para toda consulta teórico prácticas la bibliografía que se menciona a continuación:

- Manual de baja tensión. Siemens (1988)
- Manual de instalaciones de distribución eléctrica. BBC Brown Boveri (1979)
- Manual de aplicaciones de fusibles alta capacidad de ruptura. Semikron (1999)
- Manual de Luminotecnia. Taboada (1983)
- Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas. AEA (2002)
- Manual de luminotecnia. AADL
- Catalogo NS K. Controlgear, Switchgear and System. Siemens (2002)
- Catálogos Beta de interruptores termomagnéticos y diferenciales. Siemens (2004)
- Apuntes de cátedra accionamientos eléctricos (2004)
- Apuntes de cátedra instalaciones eléctricas II (2003)
- Apuntes de cátedra Ingeniería económica. (2002)
- Normas IRAM 2281 y 2184 (1996)

A fin de obtener información más actual en temas diversos también fueron visitadas los sitios web de las siguientes empresas:

- Merlin Gerin (Interruptores diferenciales superinmunizados)
- Pirelli (conductores)
- Zoloda (seccionadores)
- SICA (fusibles de media tensión)

## Agradecimientos

No puede finalizar este trabajo sin antes mencionar a todas aquellas personas que me apoyaron tanto en lo técnico (teórico-práctico) como en lo anímico a lo largo de estos diez meses:

- ✓ Tutor de proyecto Ingeniero Ruben Ferreyra.
- ✓ Ingeniero Claudio Oscar Dimenna.
- ✓ Ingeniero Rubén Zazzali de Siemens.
- ✓ Ingeniero Falcone, Alejandro y Gustavo de la Cooperativa de electricidad de Mar del Plata.
- ✓ Ingeniero Bogoslavsky.
- ✓ Ingeniero Martín Morán.
- ✓ Socio Gerente de TecnoPesca Argentina Enrique Godoy.
- ✓ Personal de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería, Juan Pablo y Dolores.
- ✓ Personal del Centro de Impresiones de la Facultad de Ingeniería, Mariano y Celeste.
- ✓ Delegado de Normas IRAM en Mar del Plata.
- ✓ Y últimos pero no menos importantes a toda mi familia y compañeros de estudios, Mariano Bruno, Fabricio Yitani, Augusto Schaffer, Nicolas Belmartino, Dario Caporaletti, Demián Bao, Pablo Suttora, etc.

A todos ellos, mi eterno agradecimiento.

Germán Bernabé Figallo

Octubre de 2005