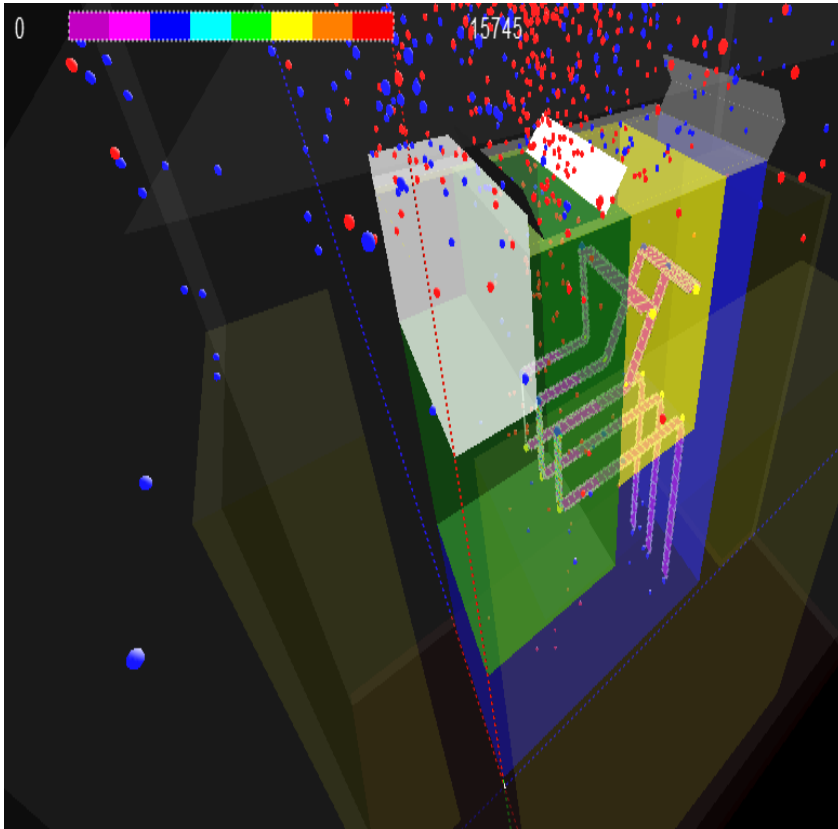


APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

Sergio Feitoza Costa



Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES

y

EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

Sergio Feitoza Costa

1ª Edición

Câmara Brasileira de Jovens Escritores

Copyright © Sergio Feitoza Costa

Câmara Brasileira de Jovens Escritores
Rua Marquês de Muritiba, 865 sala 201 – Cep21910-280
Rio de Janeiro – RJ
Tel : (21) 33932163
cbje@globo.com

Enero 2013

Primera Edición

Coordenación editorial: Gláucia Helena
Editor: Georges Martins
Producción gráfica: Sergio Costa Feitoza
Revisión del autor
Tapa: Sergio Costa Feitoza

Sergio Feitoza Costa

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES

y

EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

Enero 2013

Rio de Janeiro - Brasil

Mensaje de Sergio Feitoza Costa

Durante mucho tiempo estaba pensando de dejar , como un "libro libre " , este texto que uso como referencia para dos cursos de formación que he estado aplicando desde hace muchos años en todo el mundo . Ahora se hace y espero que este material puede ser útil para los profesionales que no participaron en los cursos , a los profesores ya los estudiantes de ingeniería eléctrica .

Estoy aún ministrando los cursos, pero con una frecuencia mucho más baja debido a mi participación cada vez mayor en el diseño de nuevos laboratorios de ensayo eléctricos y con el trabajo de consultoría que hago para los fabricantes de equipos en el desarrollo de productos.

Yo también estoy haciendo disponible el software SwitchgearDesign_307 desarrollado por mí para el diseño de aparamenta , celdas, canalizaciones y otros equipos para subestaciones (parte 7 de este libro) . La explicación sobre cómo conseguir está en la primera página del sitio de COGNITOR <http://www.cognitor.com.br> (en Inglés , español y portugués).

Allí podrá encontrar también "libre" , mi último libro no técnico titulado " Entre los cálculos , música y meditaciones " y un enlace a escuchar las canciones de mi tercero CD . Allá están algunas de las canciones que compuse en los últimos 6 años. He registrado 30 ahora y algunas personas dicen que ellos no son malos para un ingeniero. Así que , si alguno de los lectores es un productor musical en busca de un nuevo talento yo estaré aquí . La divulgación es muy bienvenida y para cualquier comentario, por favor escribir a mi sergiofeitoza@cognitor.com.br

Con un cordial saludo

Sergio

- Ingeniero de pruebas y gerente de 14 laboratorios de alta potencia, alta tensión
- Presidente IEC-Internacional Electrotécnica Comisión-TC 32 - Fusibles (1990-1994)
- Miembro WG A3.24 CIGRE Internacional: Simulación Herramientas.
- Miembro WG IEC SC 17 C / WG31: Guía para la extensión de la validez de los ensayos de tipo de aparamenta bajo envolvente metálica
- El desarrollo del software para diseño de equipos y de simulación de pruebas eléctricas
- Capacitación para subestaciones y el diseño del equipo.
- Diseño de los laboratorios de ensayos

Para contactos con Sergio Feitoza Costa

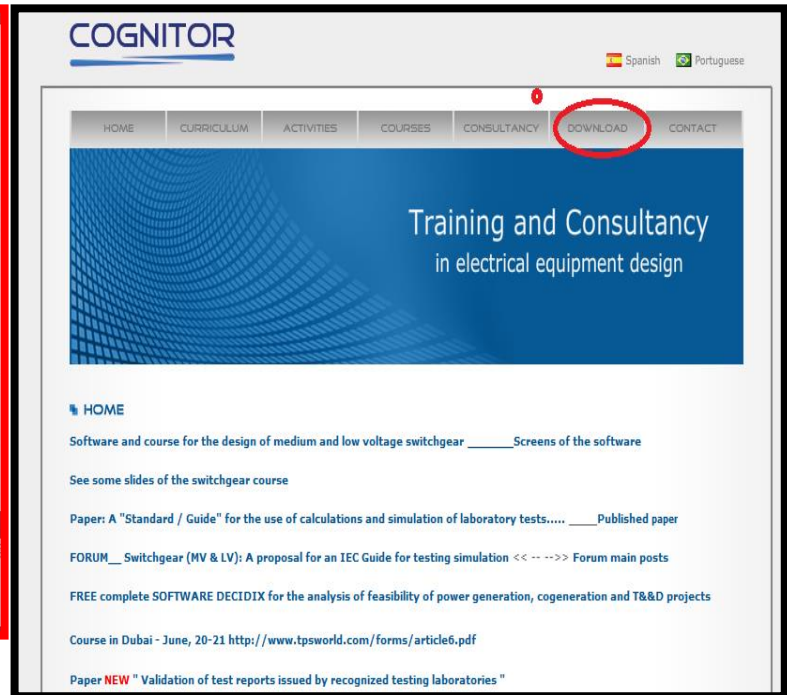
Cognitor - Consultoria , Investigación Tecnológica y Capacitación Ltda

Teléfono:

(055-21) 2465 3689 -- 3393 4600 – 9 8887 4600

E-mail: sergiofeitoza@cognitor.com.br

Sitio <http://www.cognitor.com.br>





http://www.cognitor.com.br/Book_SE_SW_2014_ES

CONCEPTOS PARA LA ESPECIFICACION Y PROYECTO

FUNDAMENTOS DE LA UTILIZACION DE ESTUDIOS DEL SISTEMA ELECTRICO.

Flujo de potencia y la definición de las corrientes nominales.

Los estudios de corto circuitos y la definición de corrientes y duraciones

Informaciones sobre el ATP para el cálculo de transitorios de tensión y corriente.

ELEVACIÓN DE TEMPERATURA / CALENTAMIENTO

Conceptos de soportabilidad de materiales para las temperaturas y reducción de vida útil.

Ventilación y resistencias de contacto en apartamentas, celdas, fusibles, transformadores y otros

Prueba de calentamiento.

FUERZAS Y TENSIONES ELECTRODINÁMICAS EN EL CORTO CIRCUITO.

Efectos magnéticos y electrodinámicos de las corrientes de corto-circuito.

Calculo de las fuerzas y de las tensiones mecánicas.

Valores limites en conductores y aisladores.

Pruebas de corrientes soportables de corta duración y de crista.



http://www.cognitor.com.br/Book_SE_SW_2014_ES

ARCOS INTERNOS Y LA SEGURIDAD DE PERSONAS Y INSTALACIONES

Arcos internos en aparamentas de baja y media tensión. (Clasificación IAC y otras)

Como hacer para controlar el arco interno y ser aprobado en los ensayos.

Llegamos al límite de la reducción de dimensiones de equipos ¿

LAS NORMAS TECNICAS Y SUS REQUISITOS

Requisitos en IEC 62271-200 para conjuntos de aparamenta de media tensión.

Requisitos en la IEC 61439 para conjuntos de aparamenta de baja tensión

Planificación del equipo para la prueba en laboratorio para permitir el uso futuro de las normas y simulaciones para reemplazar las pruebas

Seccionadores y especificaciones técnicas de concesionarias de energía

SIMULACIONES DE PRUEBAS EN EQUIPOS ELÉCTRICOS Y USO DEL SOFTWARE

- Estado del arte en el nivel internacional

- Conceptos Y simulación de pruebas de corriente admisible de corta duración y cresta

- Conceptos para simulación de ensayos de calentamiento

- Conceptos Y simulación de pruebas de arco interno

- Estudios de caso con el software y validación de resultados



http://www.cognitor.com.br/Book_SE_SW_2014_ES

OTROS PUNTOS DE INTERESE

Explosiones y incendios en transformadores y como evitar

Arcos de potencia en cadenas de aisladores;

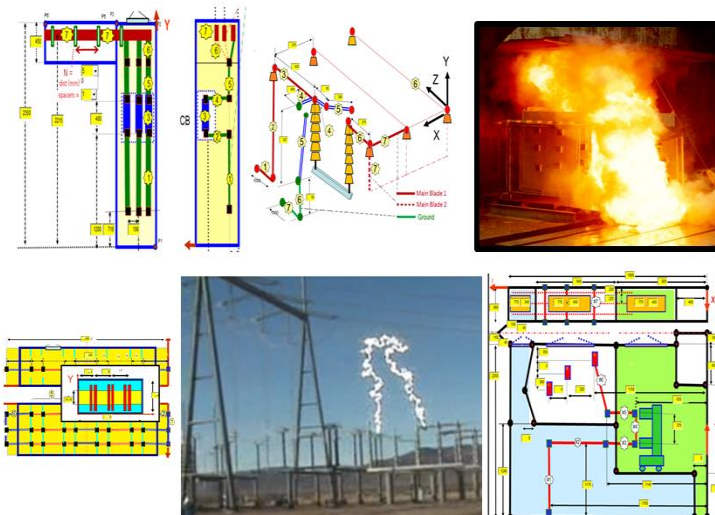
Detalles de especificaciones técnicas para la compra de equipos de subestaciones preparadas por empresas concesionarias de energía (seccionadores, interruptores, para rayos, transformadores, celdas de media tensión, fusibles, transformadores de corriente,...) .

Errores mas comunes en las especificaciones técnicas y como evitarlos

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)

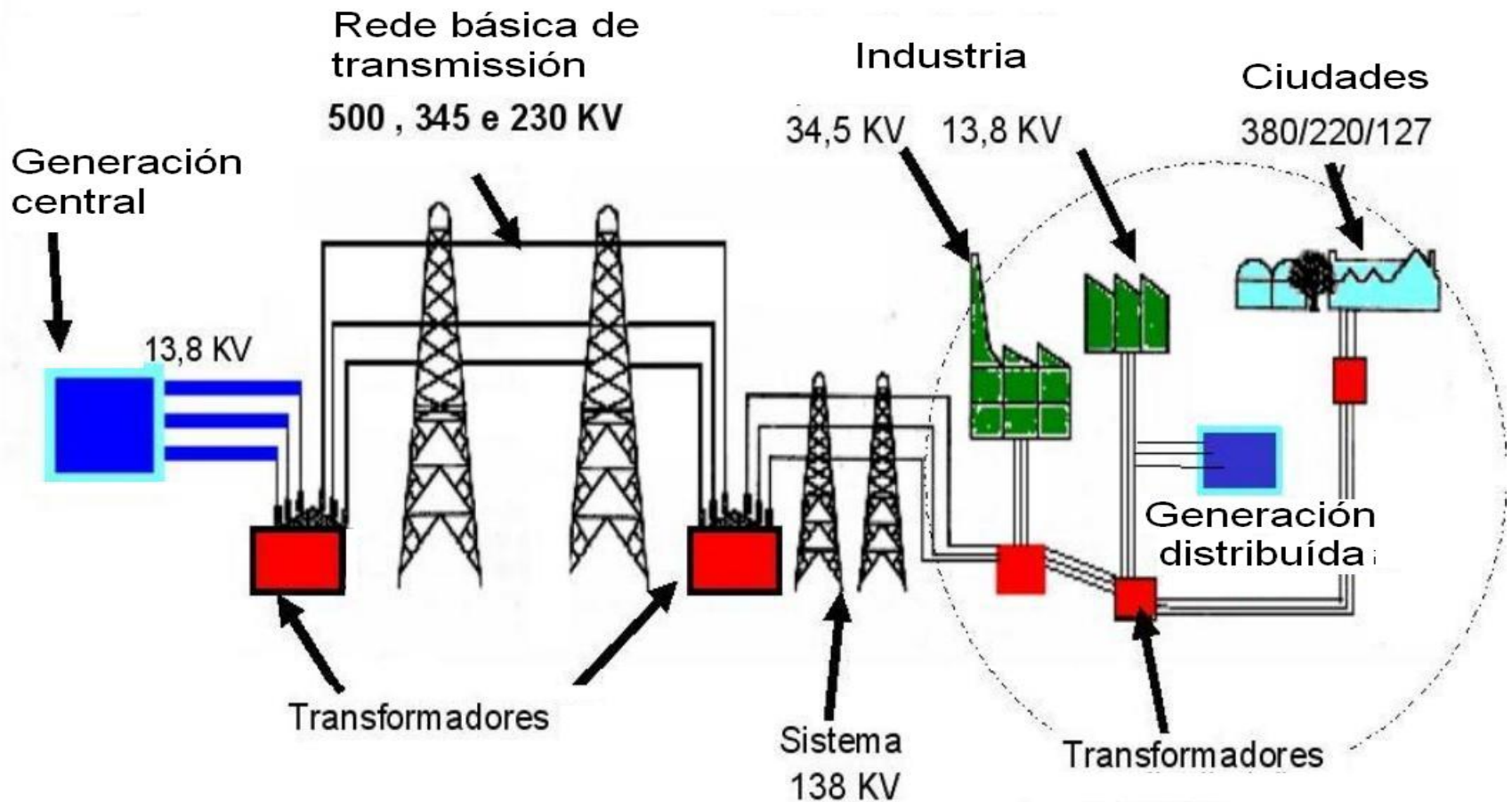


MODULO 1:

LOS ESTUDIOS QUE SON LA
BASE DE LAS ESPECIFICACIONES
DE CORIENTES Y TENSIONES

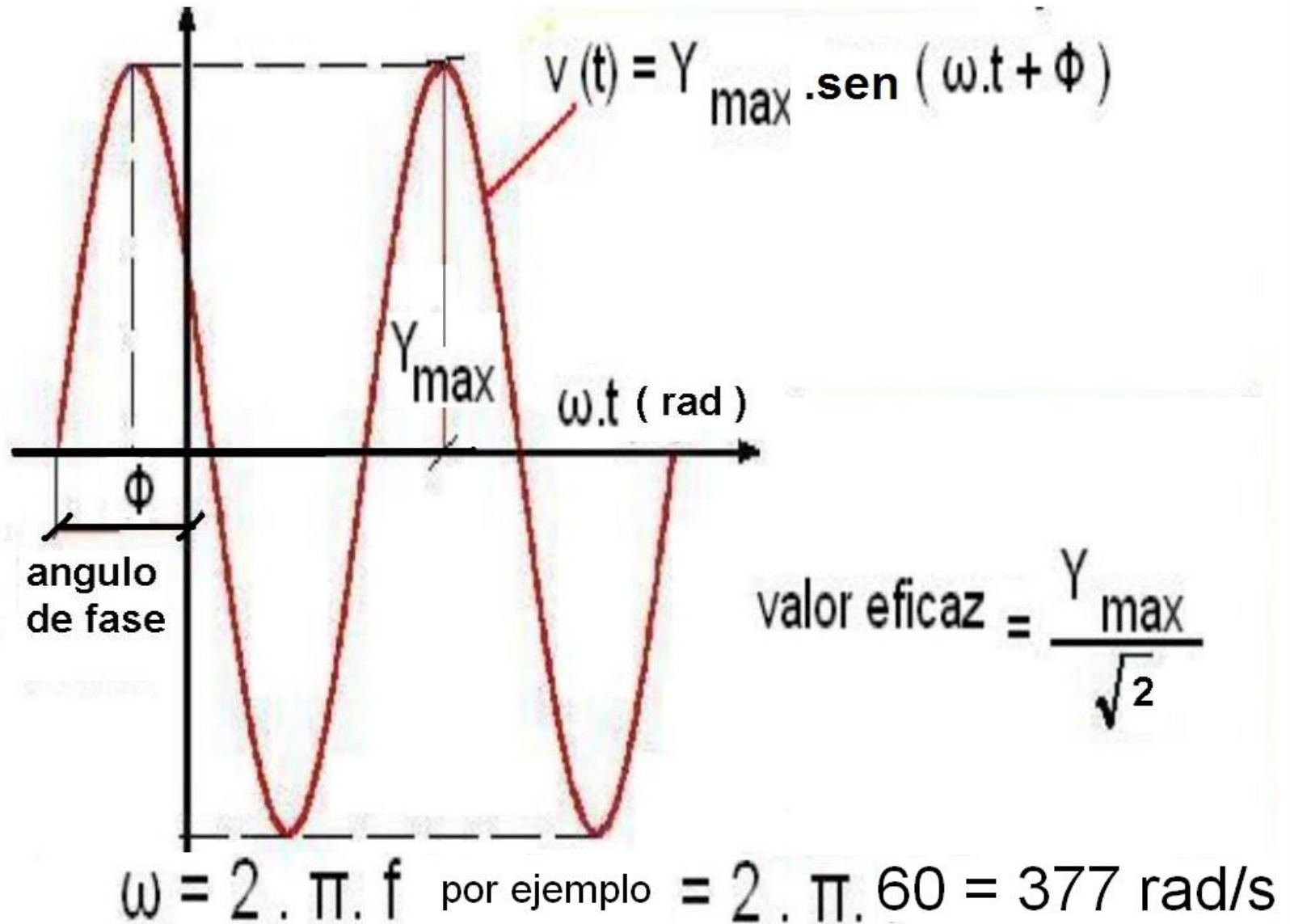
ALGUNOS TÉRMINOS, DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

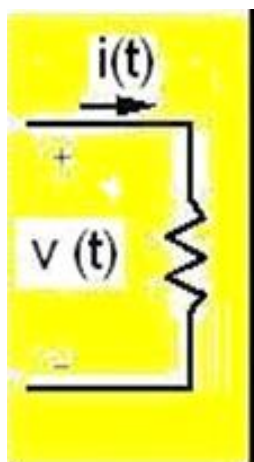
LOS VALORES DE CORRIENTES Y TENSIONES



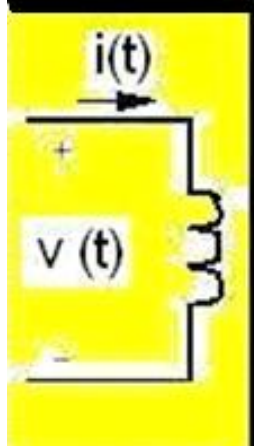
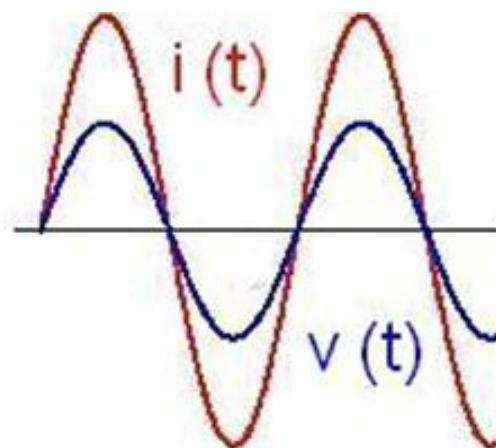
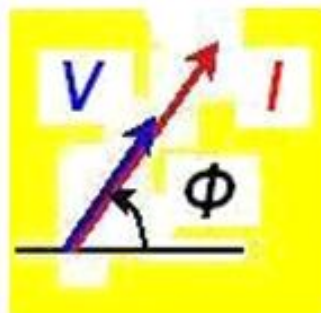
Para transmitir la potencia (voltaje x corriente) de los generadores a las cargas con las mínimas pérdidas en el sistema de transmisión

NOMENCLATURA





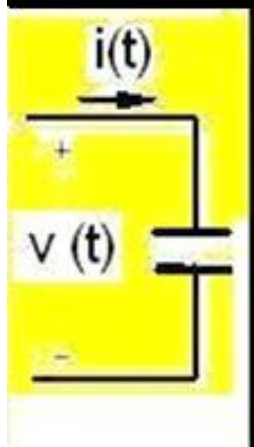
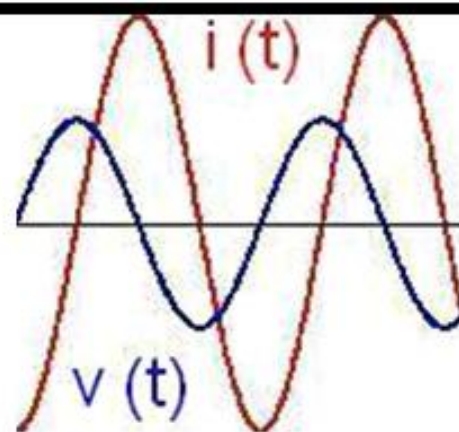
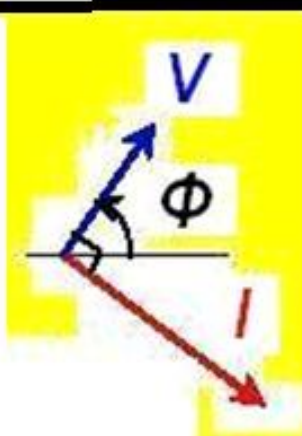
$$V = R \cdot I$$



$$V = X_L \cdot I$$

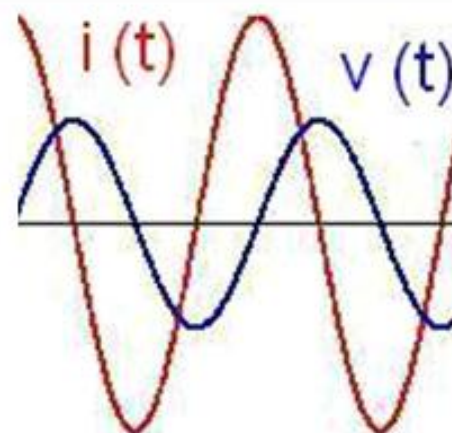
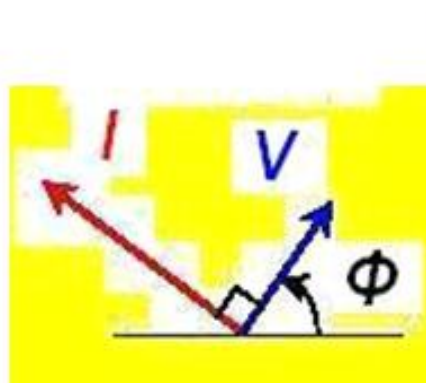
$$X_L = \omega \cdot L$$

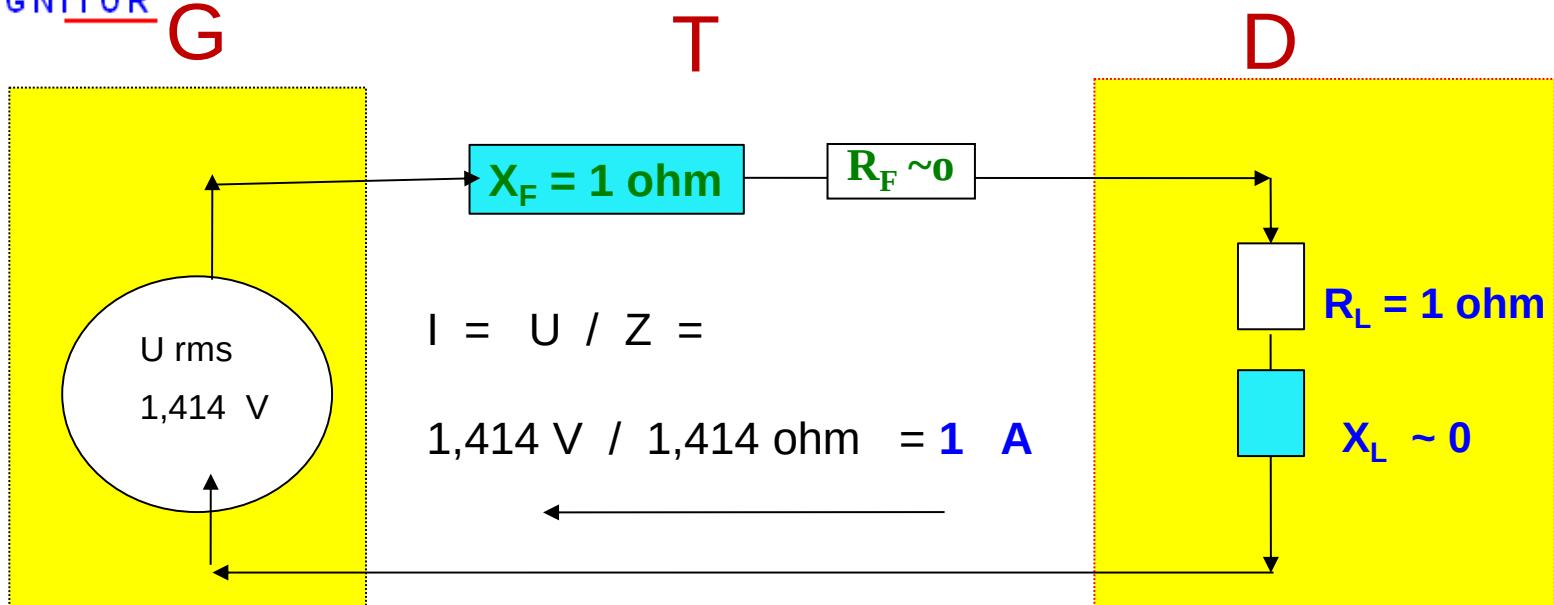
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$



$$V = X_C \cdot I$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$



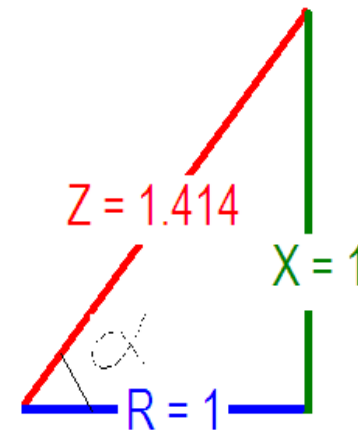


$$R = 1 \text{ Ohm}$$

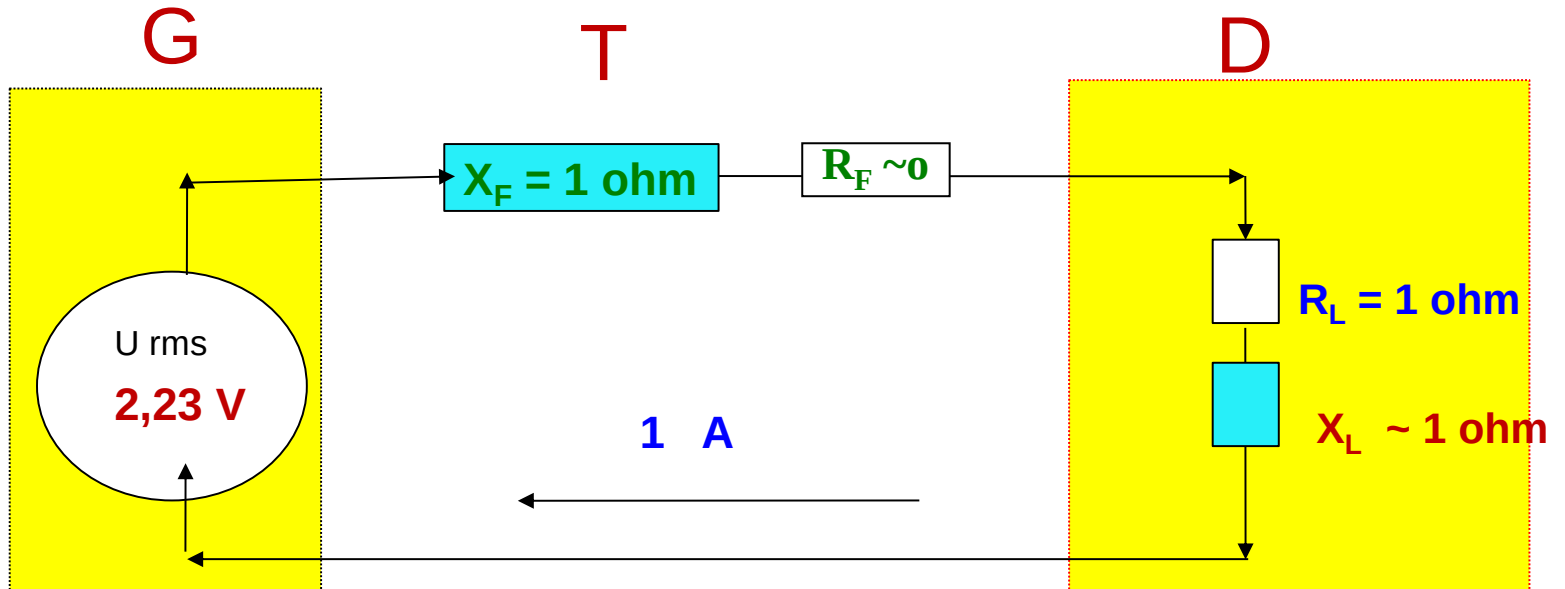
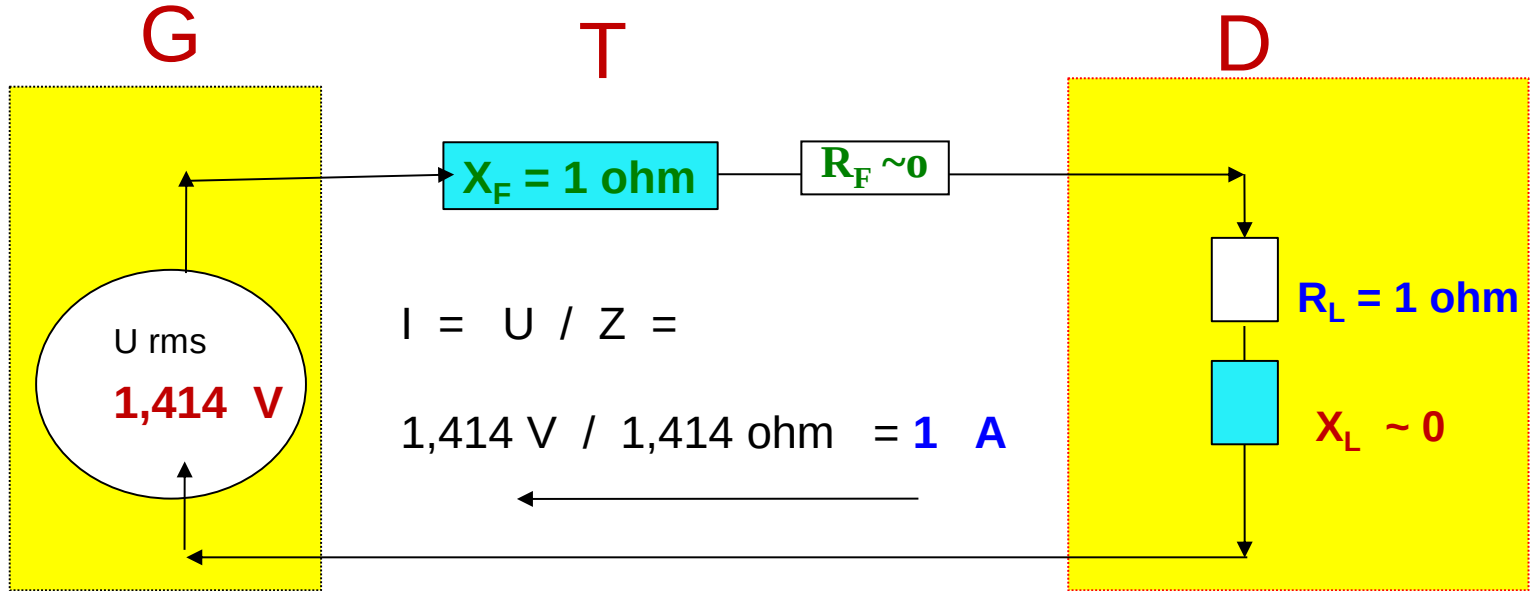
$$L = 0,0031 \text{ Henry}$$

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 1 \text{ Ohm}$$

3,1416 50 Hz 0,0031

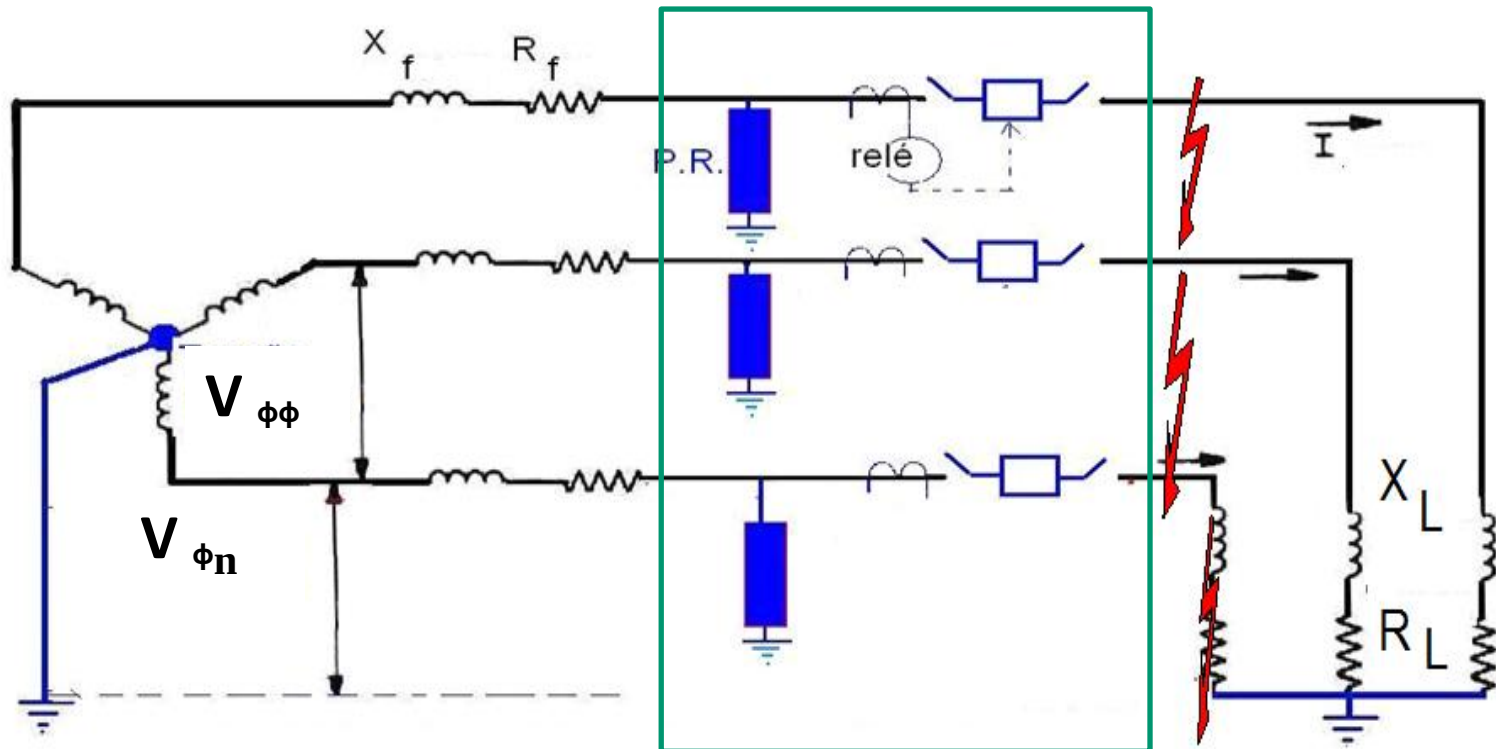


$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = 1,414 \text{ Ohms}$$



$$X_F \ll X_L$$

$$R_F \ll R_L$$



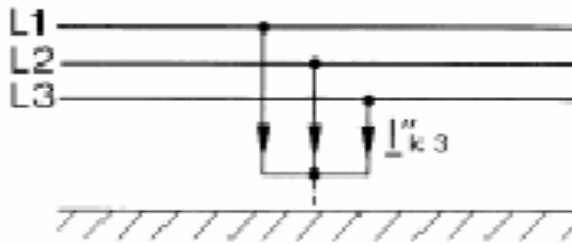
$$V_{\phi\phi} = 145 \text{ kV} > V_{\phi n} = 83,7 \text{ kV}$$

$$I_{sc} = 25 \text{ kA}_{rms}$$

$$P_{sc} = 1,732 \times 145 \text{ kV} \times 25 \text{ kA} = 6280 \text{ MVA}$$

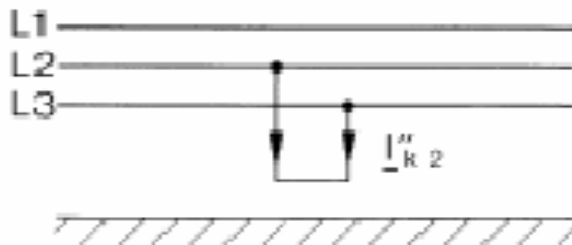
TIPOS DE CORTO CIRCUITO

IEC 60909

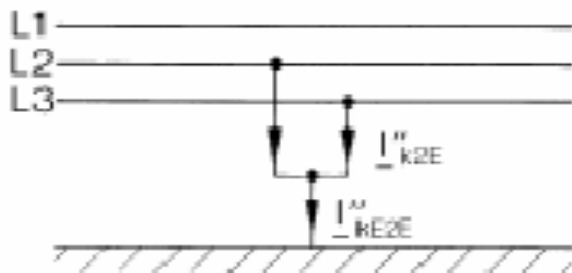


$$I''_{k3} = \frac{1.1 \cdot U_n}{\sqrt{3} |Z_1|}$$

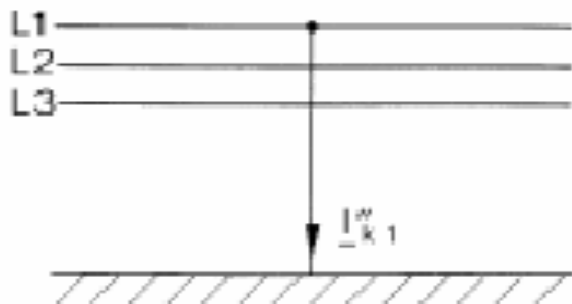
$$S''_k = \sqrt{3} U_n I''_{k3}$$



$$I''_{k2} = \frac{1.1 \cdot U_n}{|Z_1 + Z_2|}$$



$$I''_{k2E} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1.1 U_n}{\left| Z_1 + Z_0 + Z_0 \frac{Z_1}{Z_2} \right|}$$

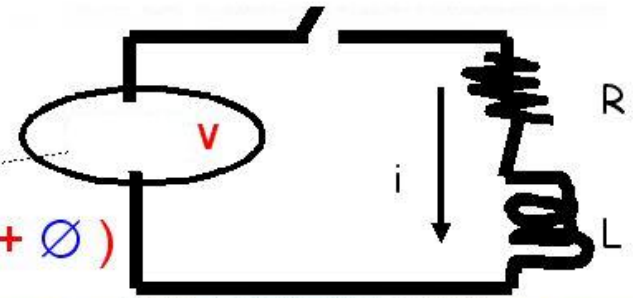


$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1.1 \cdot U_n}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|}$$

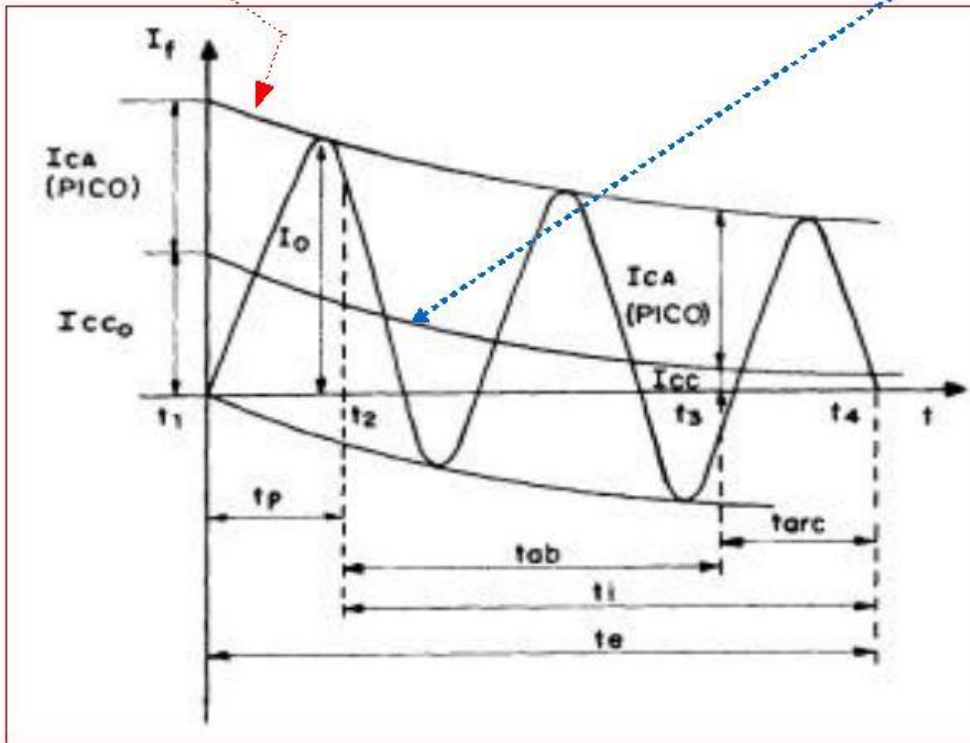
Establecimiento de circuito CA y el ángulo

$\phi =$

$$V = V_{\max} \cdot \text{sen}(\omega t + \phi)$$



$$i = I_{\max} \times \text{sen}(\omega t + \phi - \alpha) - I_{\max} \times e^{-t/\sigma} \times \text{sen}(\phi - \alpha)$$



$L =$

$R =$

$t =$

$\sigma = L/R =$

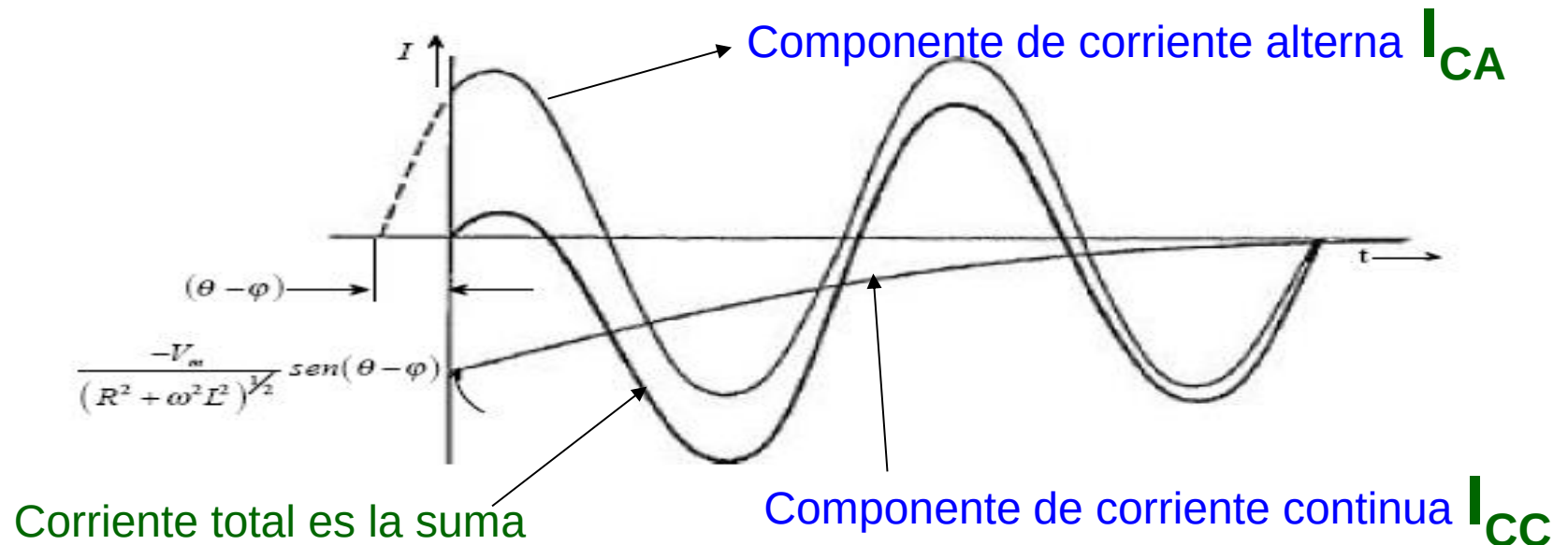
$I_{\max} = V_{\max} / Z$

$\alpha = \arctg(\omega L / R)$

$Z = ((\omega L)^2 + R^2)^{1/2}$

$\omega = 2 \times \pi \times 60 = 377 \text{ s}^{-1}$

CIERRE DE UN CIRCUITO CA Y ASIMETRÍA DE LA CORRIENTE



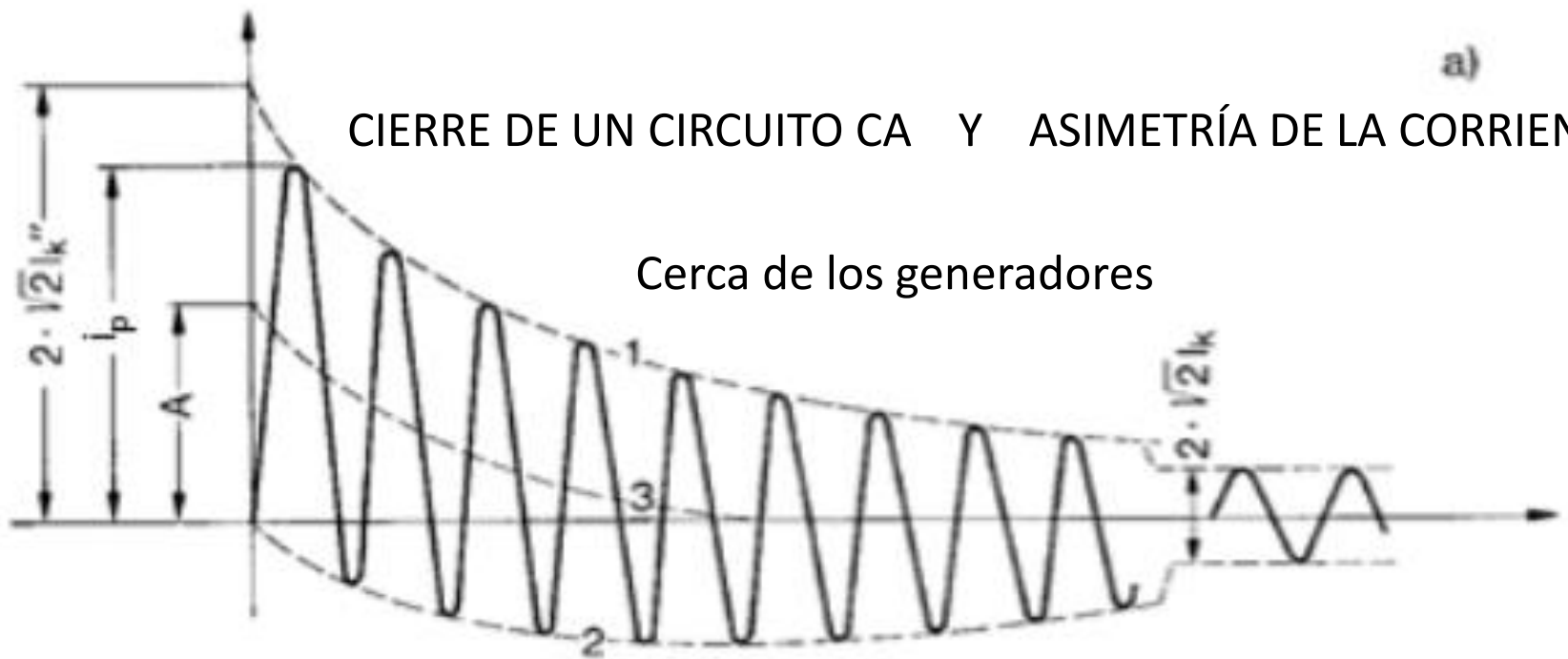
Normas IEC: corriente eficaz simétrica (I_{CA}) y la primera cresta por ejemplo, "Seccionador 40 kAef de 1 s con 100 KAcr (corresponde a un cierto valor de X / R)

ANSI: "valor eficaz asimétrico" = raíz cuadrada ($I_{CA}^2 + I_{CC}^2$)

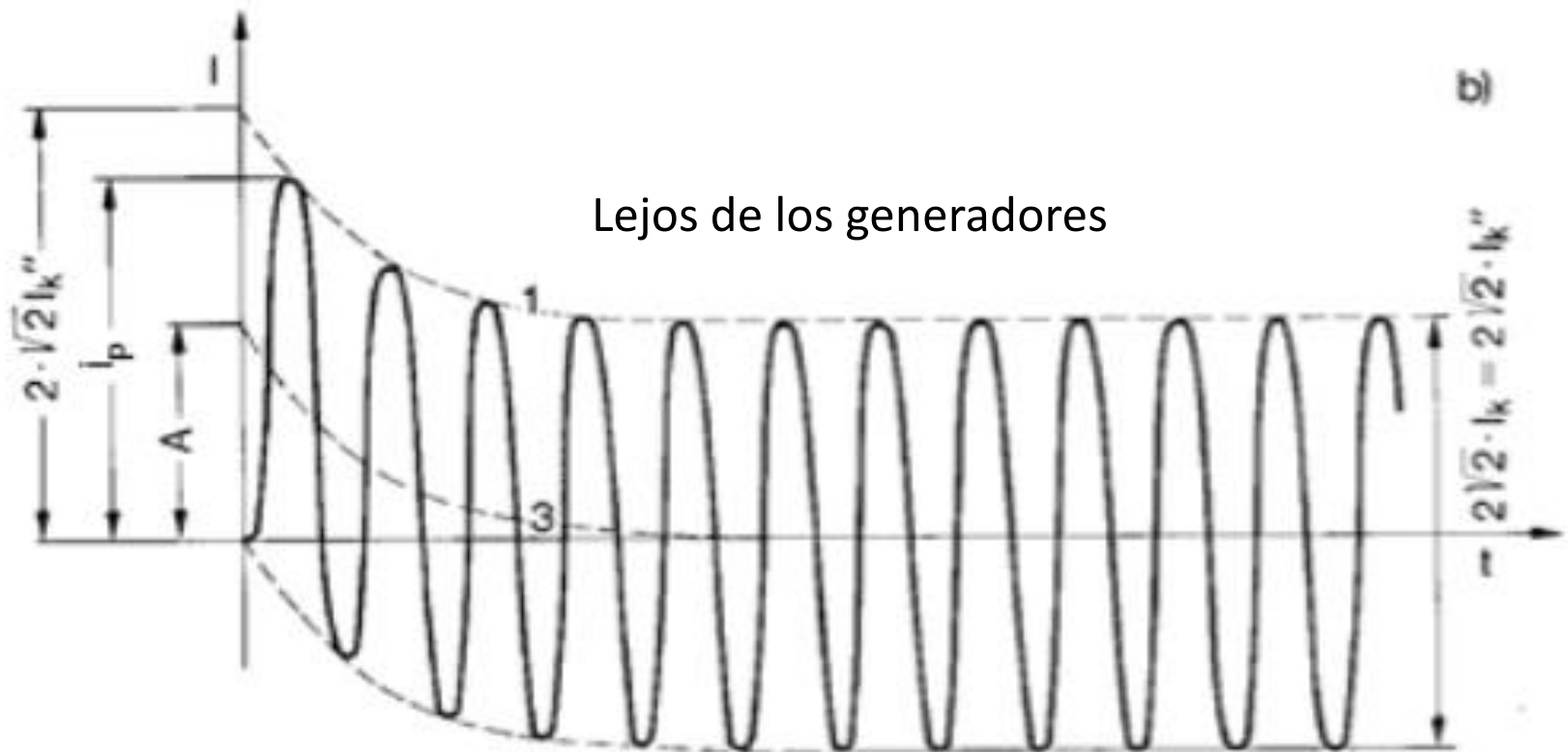
- Menor I_{CC} es mejor en el establecimiento y la interrupción de circuitos
- Circuito más resistivo = menor I_{CC}

CIERRE DE UN CIRCUITO CA Y ASIMETRÍA DE LA CORRIENTE

Cerca de los generadores



Lejos de los generadores



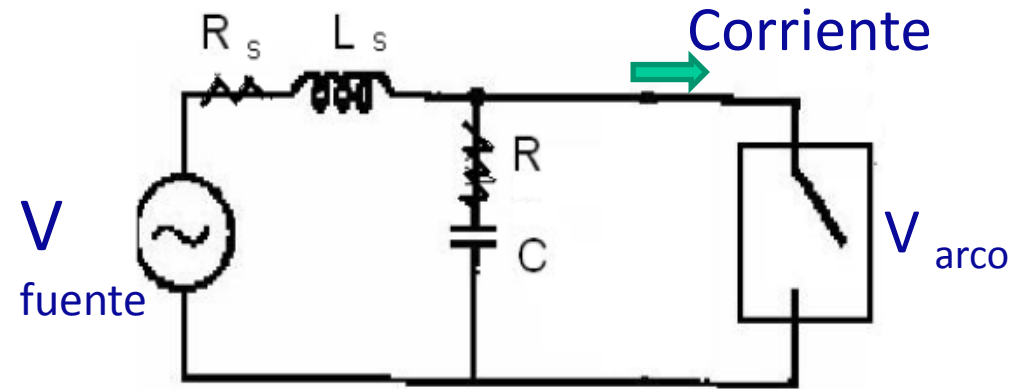
Reactancias de maquinas síncronas (%)

Tipo de generador	Turbo	Polos salientes	
		Con / sin amortiguación	
Reactancia sub transitoria x''	9...22	12...30 ³⁾	20...40 ³⁾
Reactancia transitoria x''_d	14...35 ⁴⁾	20...45	20...40
Reactancia síncrona x''_d	140...300	80...180	80...180

Impedancias de transformadores

Valores típicos de la impedancia de corto circuito (%) para valores de tensión primaria kV

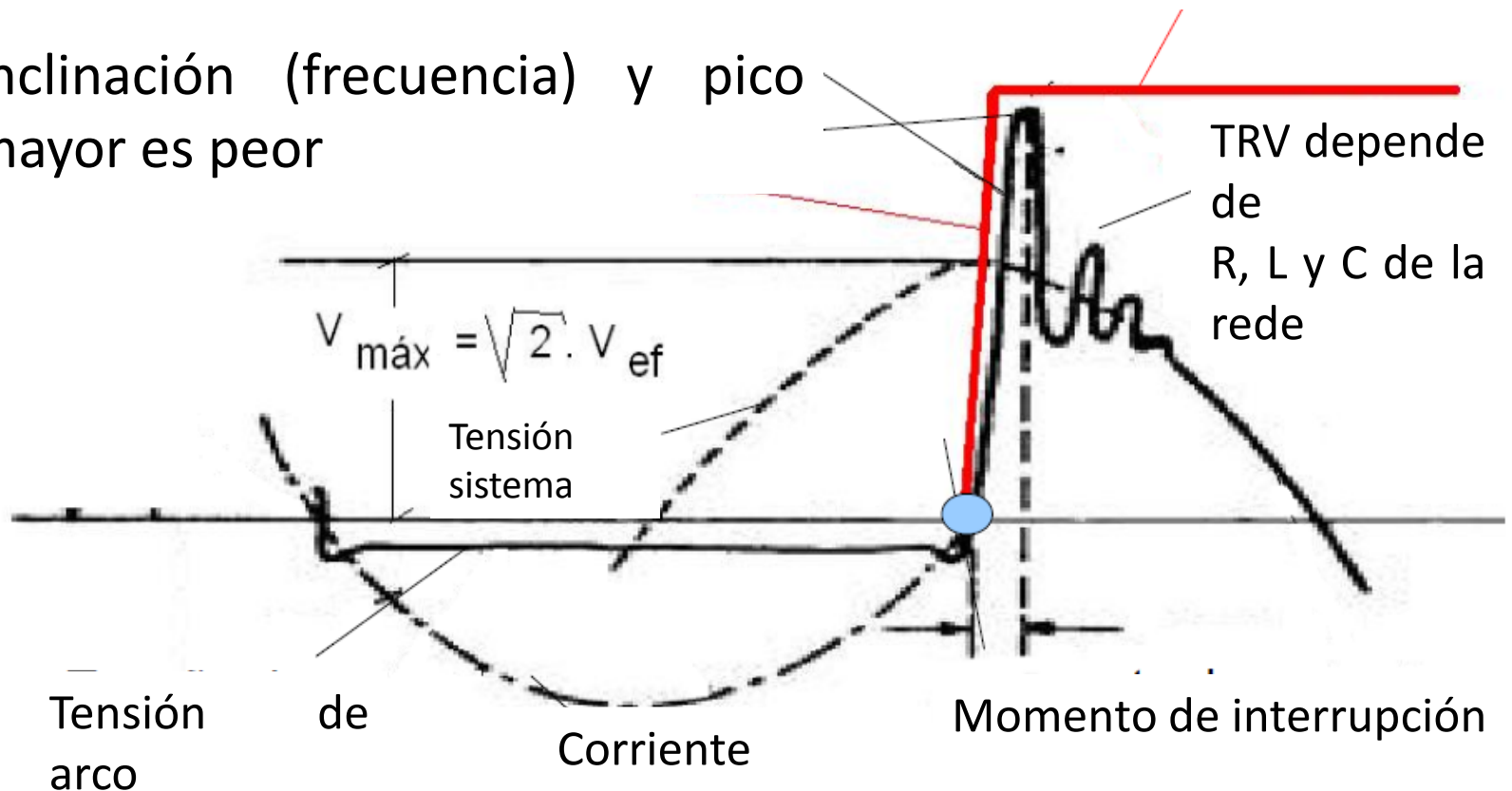
KV	5..20	30	60	110	220	400
u_k in %	3.5..8	6..9	7..10	9..12	10;;14	10..16



Interrupción de la corriente

Característica en frío del interruptor por encima de la TRT

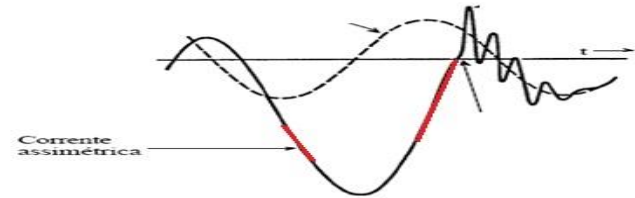
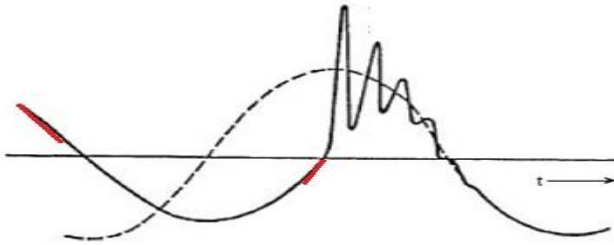
Inclinación (frecuencia) y pico mayor es peor



Tensión transitoria de restablecimiento (TTR)

Corriente simétrica: componente de alta frecuencia +
valor máximo de la tensión del sistema

Asimétrica:
suma con valor mas bajo



$$U(t) = E_m \left[\cos(\omega \cdot t) - \frac{1}{\sqrt{1 - \alpha^2}} e^{-\alpha \cdot \omega_0 \cdot t} \cos(\omega_0 \cdot \sqrt{1 - \alpha^2} \cdot t + \tan^{-1}(\frac{\alpha}{\sqrt{1 - \alpha^2}})) \right]$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2}$$

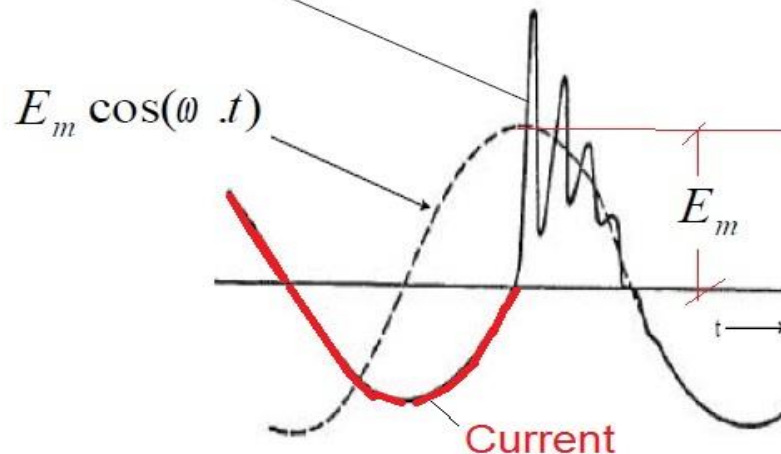
E_m - amplitud

ω - frecuencia de la red

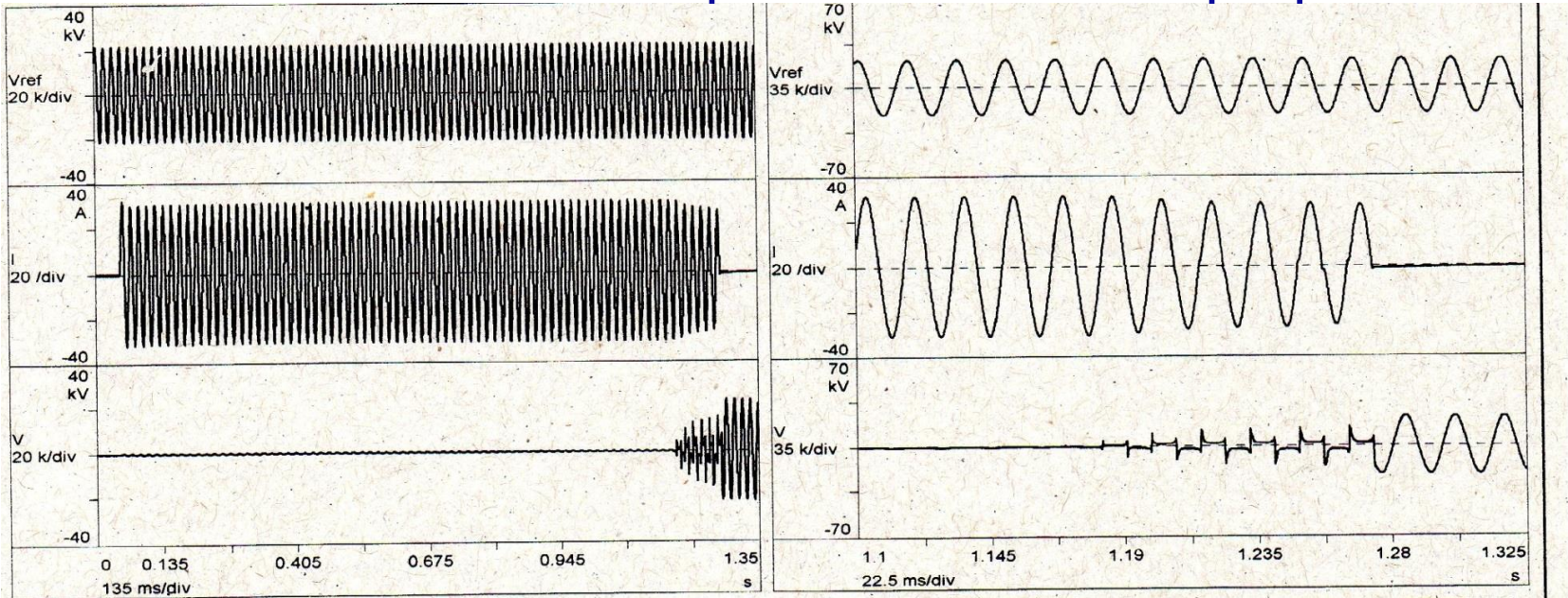
factor amortiguamiento

$$\alpha = \frac{R}{2\sqrt{L/C}}$$

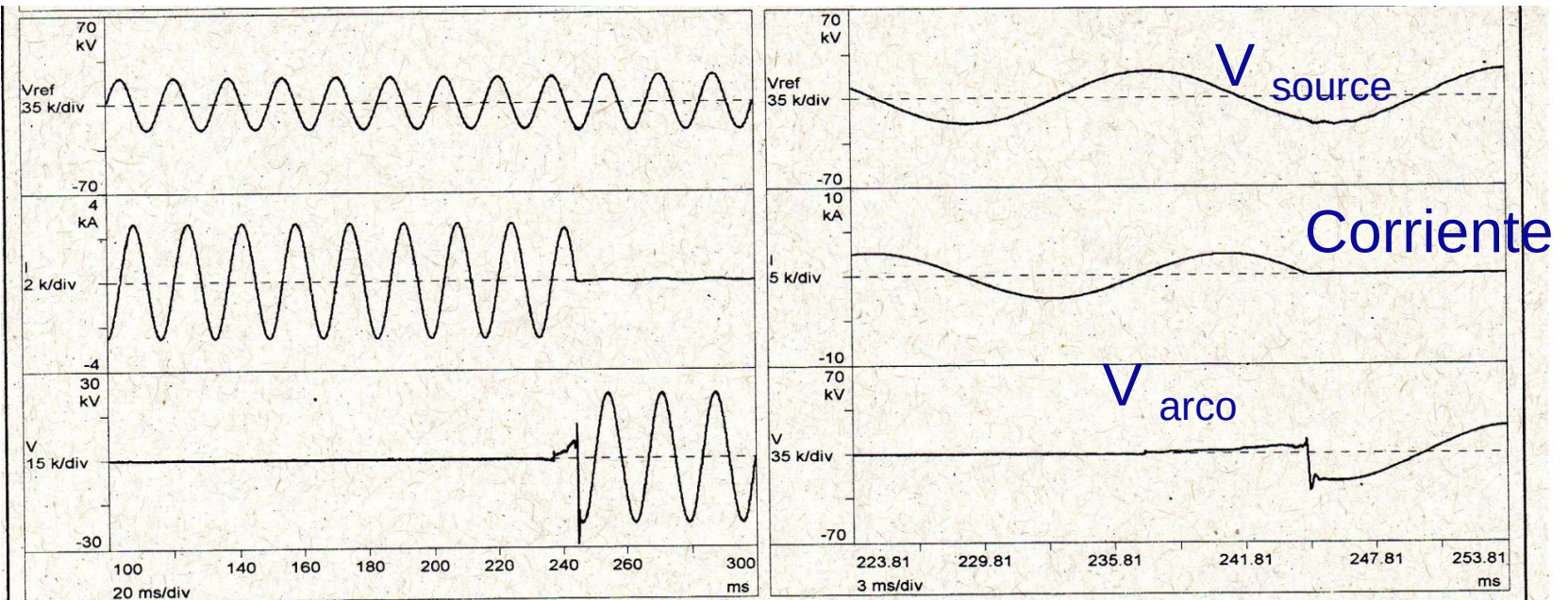
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$



Interrupción de corriente pequeña

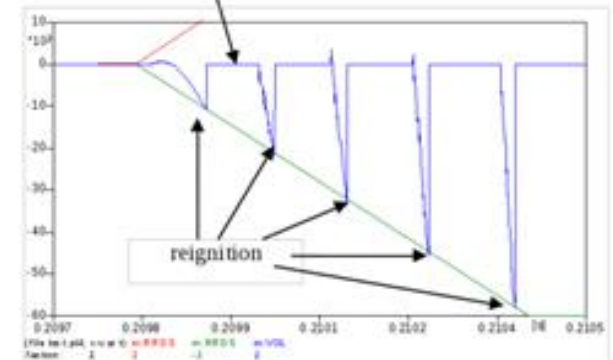
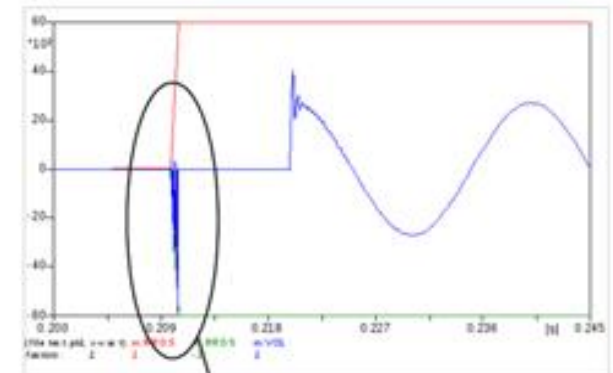
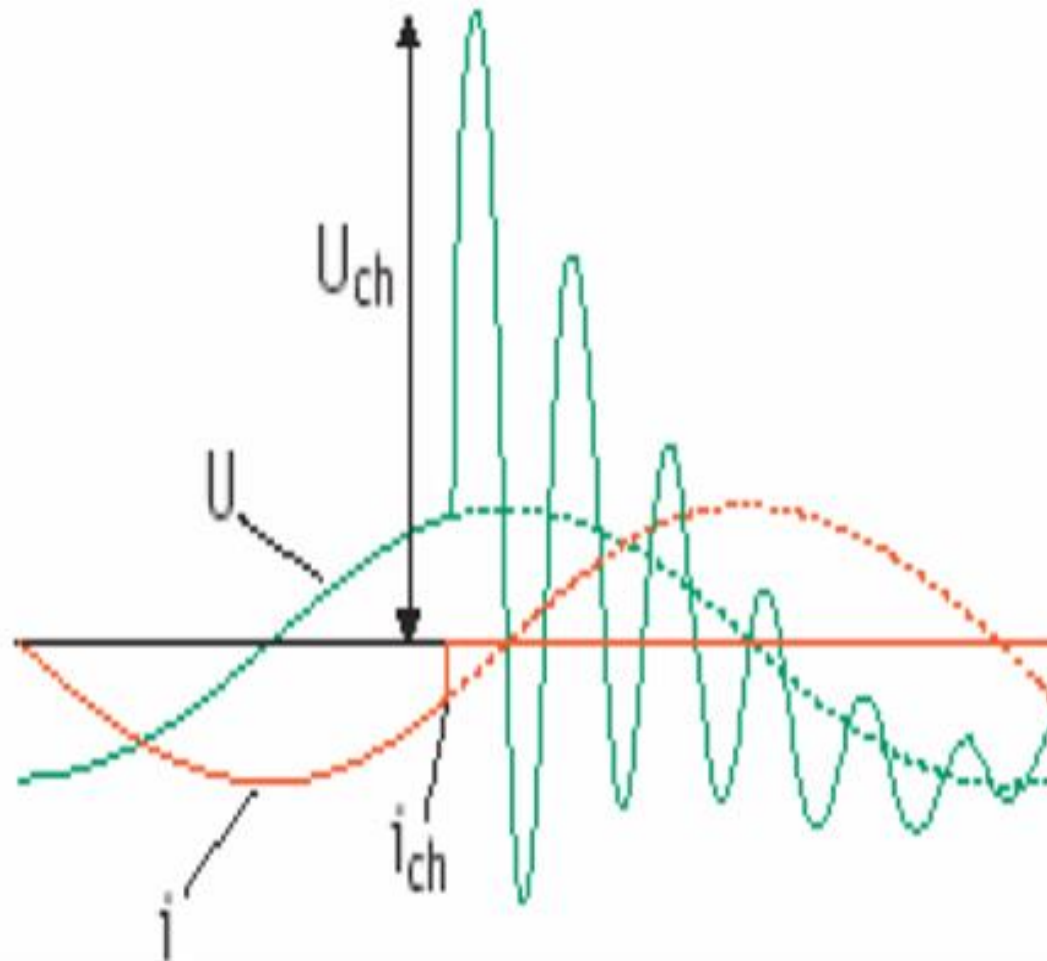
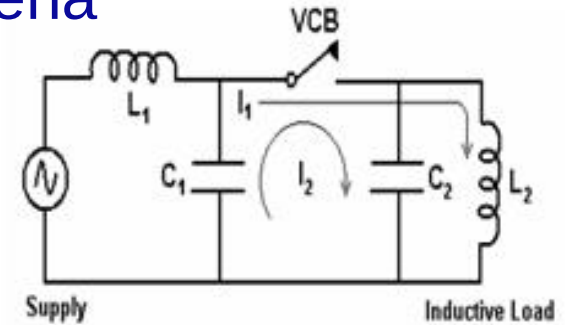
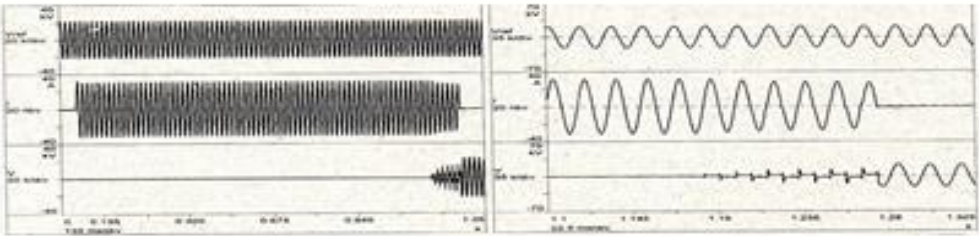


Interrupción de corriente alta

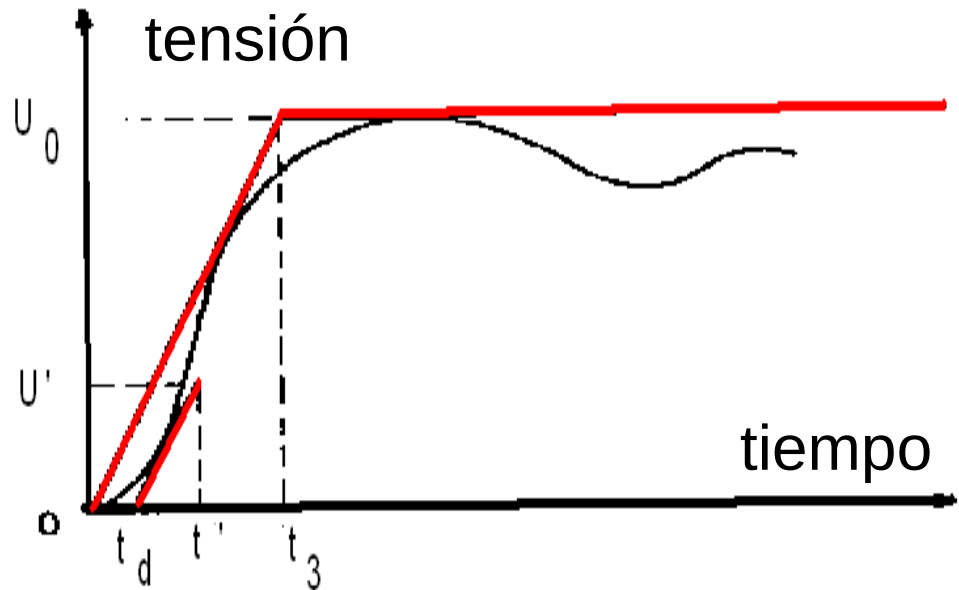
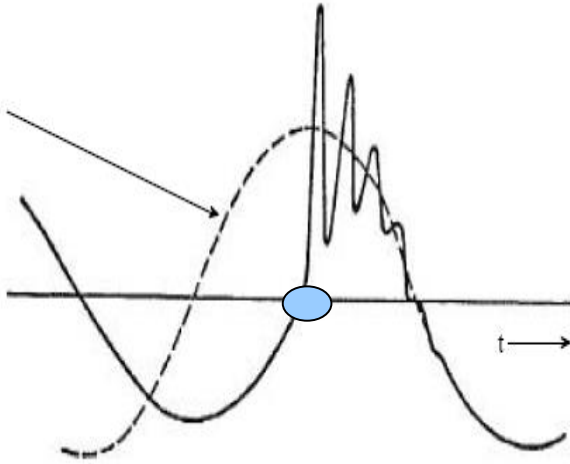




Interrupción de corriente pequeña

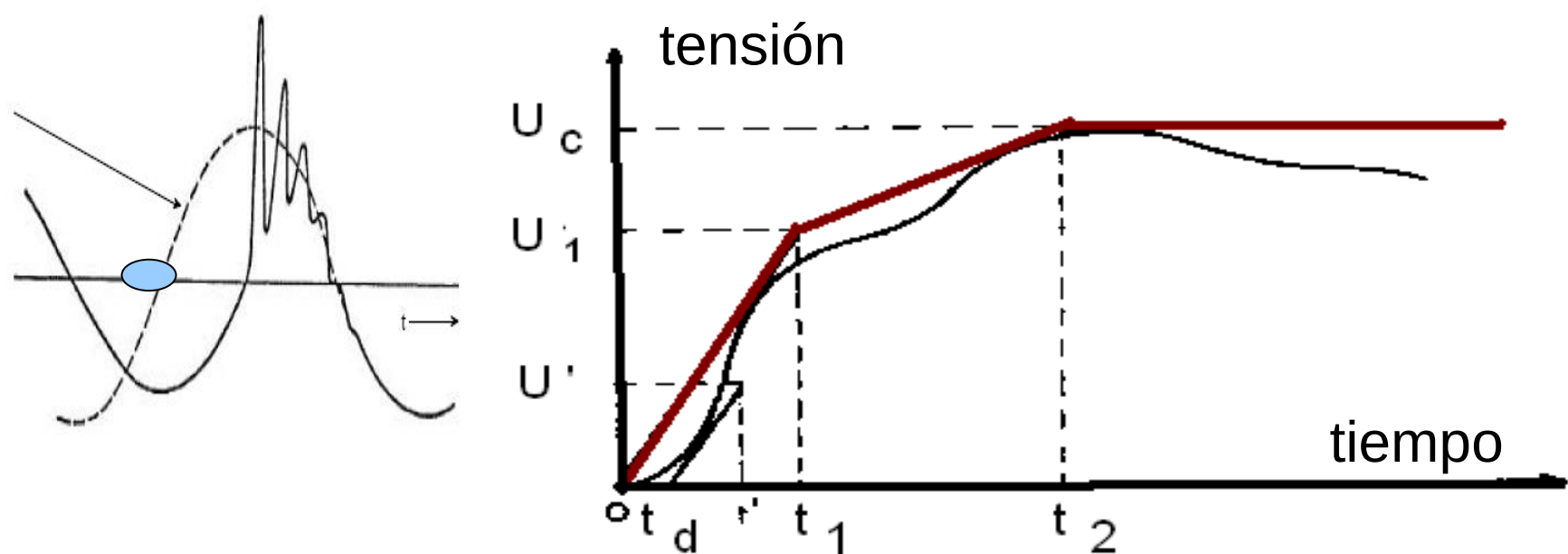


Representación de la TRT a 2 parámetros



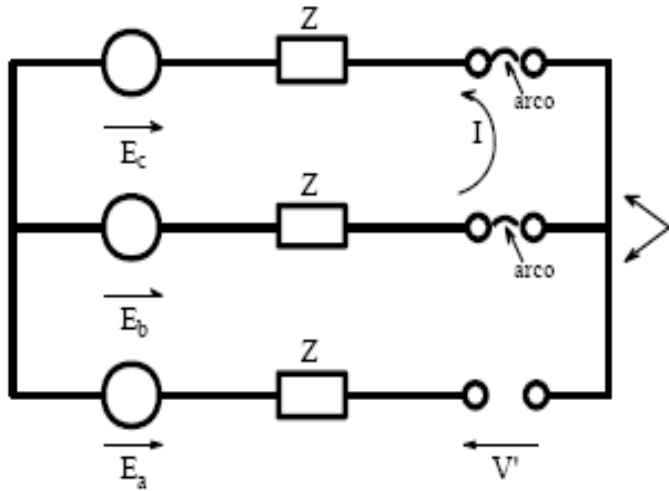
Tensión Nominal	Tipo da interrupção	Fator de primeiro polo	Fator de amplitude	Valor de pico da TRT	Tempo	Tempo de retardo	Tensão	Tempo	TCTR ^b
U_r (kV)		k_{pp} (p.u.)	k_{af} (p.u.)	u_c (kV)	t_3 (μs)	t_d (μs)	u' (kV)	t' (μs)	u_c/t_3 (kV/μs)
4,76 ^c	Falta terminal	1,5	1,4	8,2	51	8	2,7	24	0,16
	Discordância de fases	2,5	1,25	12,1	101	15	4,0	48	0,12
72,5 ^a	Falta terminal	1,5	1,4	124	165	8	41	63	0,75
	Falta quilométrica	1	1,4	83	166	8	28	64	0,50
	Discordância de fases	2,5	1,25	185	336	50	62	163	0,55

Representación da la TRT a 4 parámetros

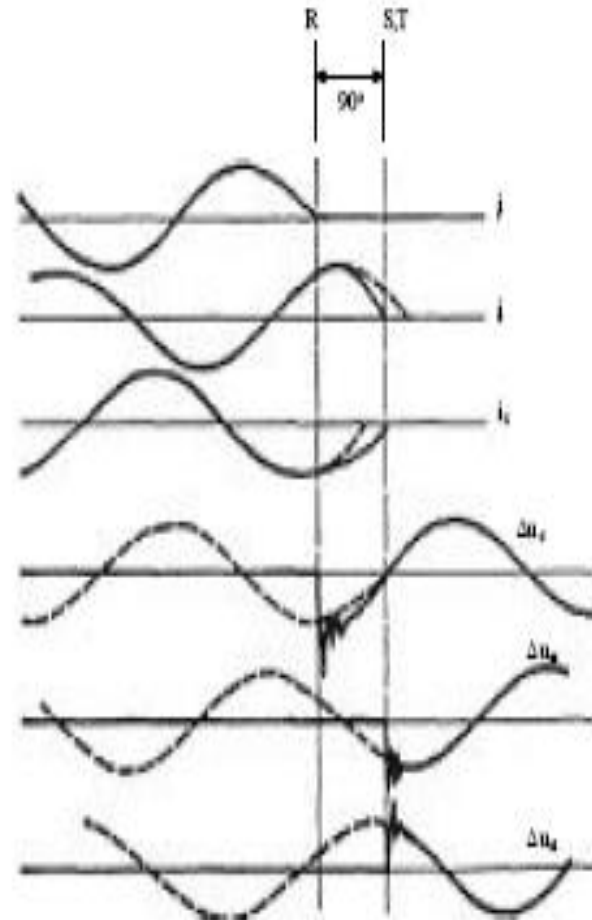
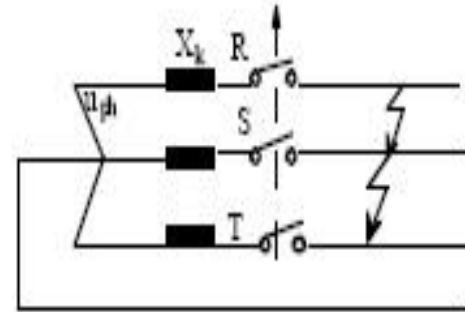
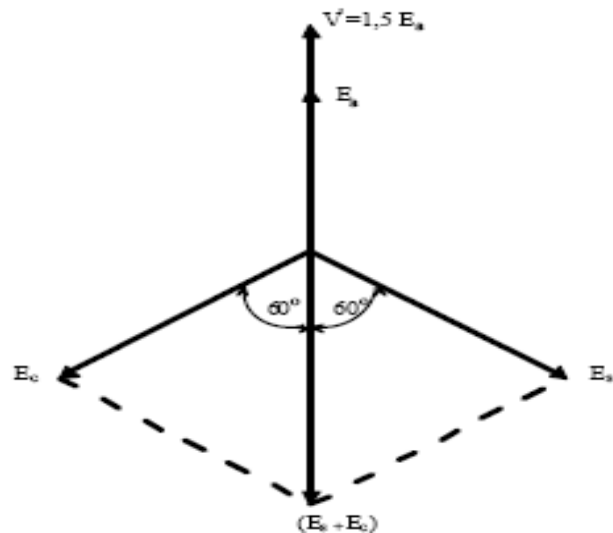


Tensão Nominal	Tipo da interrupção	Fator de primeiro polo	Fator de amplitude	Primeira tensão de referência	Tempo	Valor de pico da TRT	Tempo	Tempo de retardo	Tensão	Tempo	TCTR _b
U_r (kV)		k_{pp} (p.u.)	k_{af} (p.u.)	u_1 (kV)	t_1 (μs)	u_c (kV)	t_2 (μs)	t_d (μs)	u' (kV)	t' (μs)	u_1/t_1 (kV/μs)
245	Falta terminal	1,3	1,4	260	130	364	390	2	130	67	2
	Falta quilométrica	1,0	1,4	200	100	280	300	2	100	52	2
	Discordância de fases	2	1,25	400	260	500	780	49	200	179	1,54

FACTOR DE PRIMERO POLO



Tensión en primero polo:
 $\sim 1,4 - 1,6$ veces la tensión
 fase – tierra.



FUNDAMENTOS DE LA UTILIZACION DE ESTUDIOS DEL SISTEMA ELECTRICO.

- Flujo de potencia y la definición de las corrientes nominales.
- Los estudios de corto circuitos y la definición de corrientes y duraciones
- Informaciones sobre el programa ATP para el cálculo de transitorios de tensión y corriente.

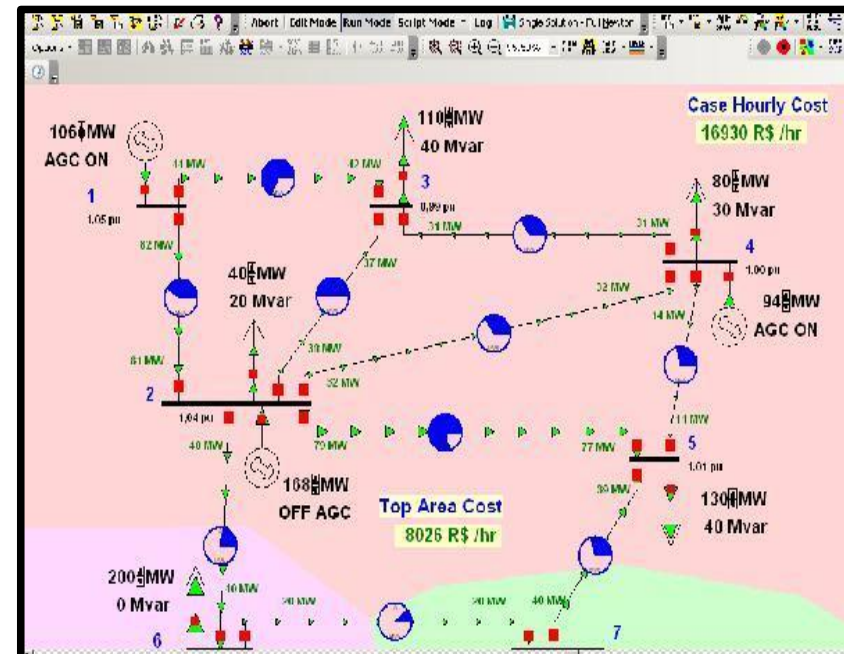
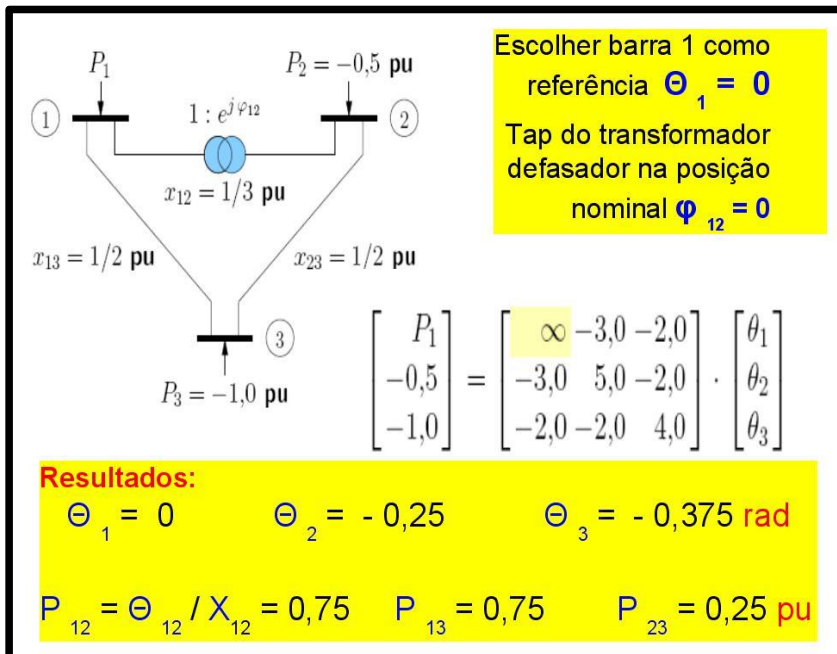
FLUJO DE CARGA

- Para la operación económica del sistema y para planificar la expansión de generación y transmisión
- En la operación: el despacho de los generadores, el uso de dispositivos para el control de tensión y el intercambio entre sistemas vecinos.

La información obtenida:

- la carga de las líneas, generadores, transformadores y equipos de compensación;
- las pérdidas de transmisión
- los módulos de tensión y ángulos de fase de las tensiones en las barras.
- potencias activa y reactiva en las líneas

<http://www.powerworld.com>



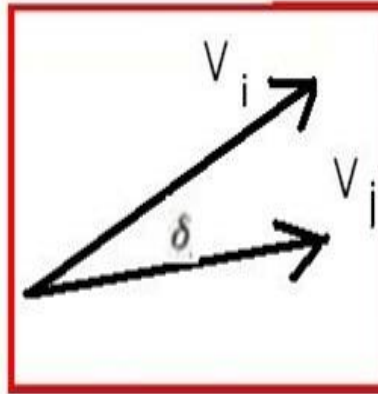
FLUJO DE CARGA

$$I = \frac{V_i - V_j}{Z}$$

$$S_{ij} = P_{ij} + j Q_{ij} = V \cdot I^* = \frac{V_i^* - V_j^*}{Z^*}$$

Angulo de fase

$$\delta = \angle V_i - \angle V_j$$

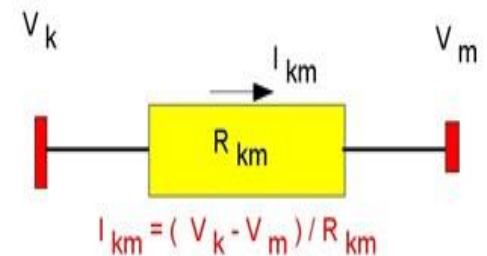
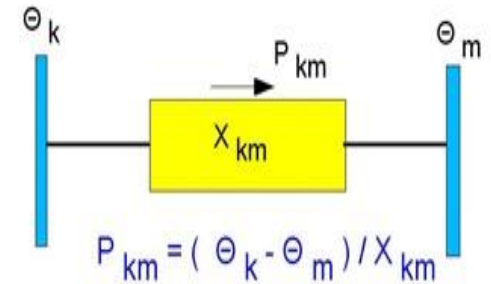
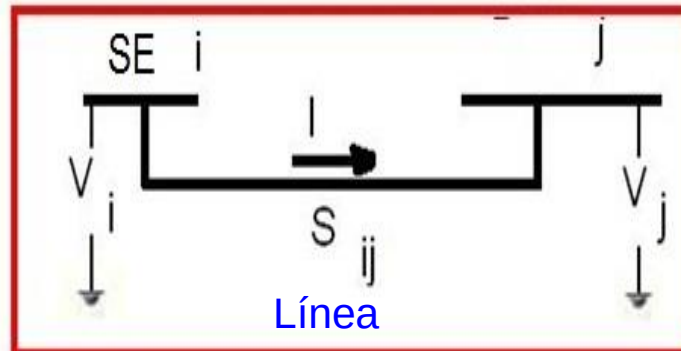


Potencia activa

$$P_{ij} = \frac{1}{R^2 + X^2} (R|V_i|^2 - R|V_i||V_j|\cos\delta + X|V_i||V_j|\sin\delta)$$

$$Q_{ij} = \frac{1}{R^2 + X^2} (X|V_i|^2 - X|V_i||V_j|\cos\delta - R|V_i||V_j|\sin\delta)$$

Potencia reactiva





Situación normal

Emergencia 1

Emergencia 2

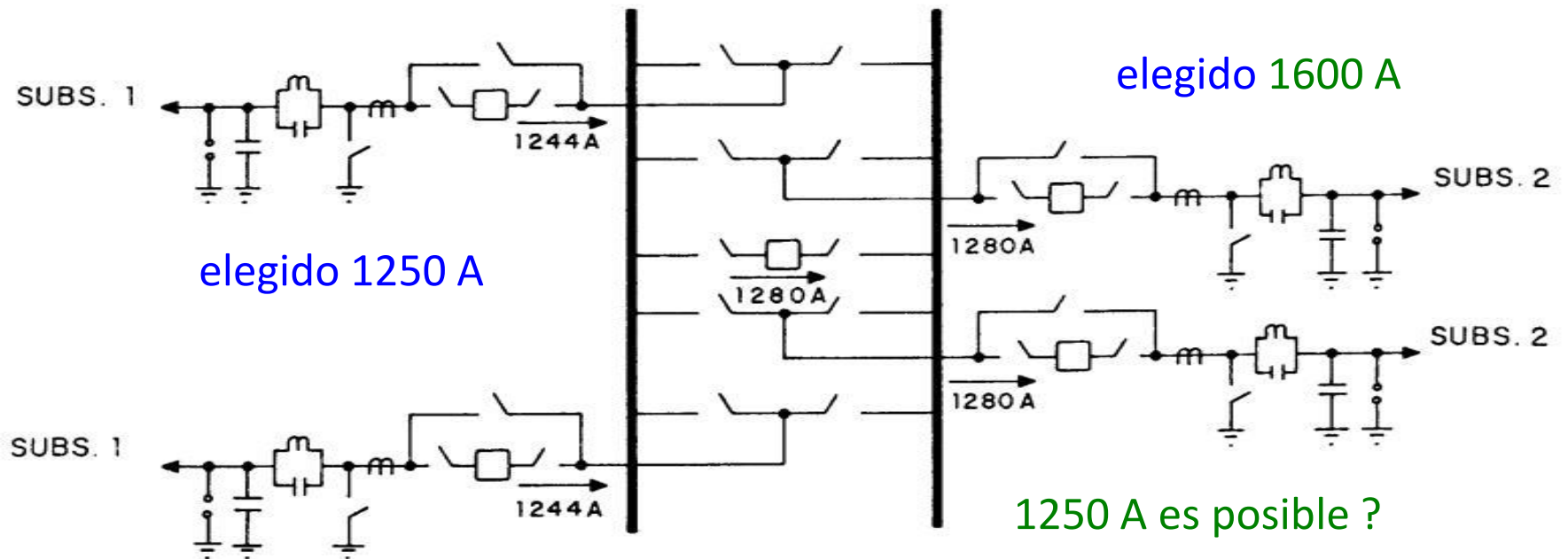
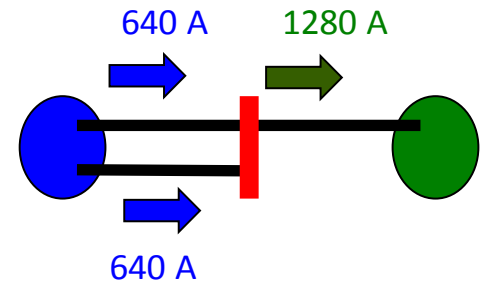
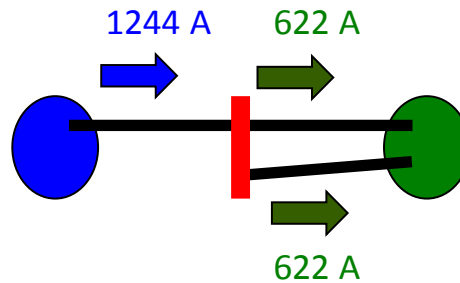
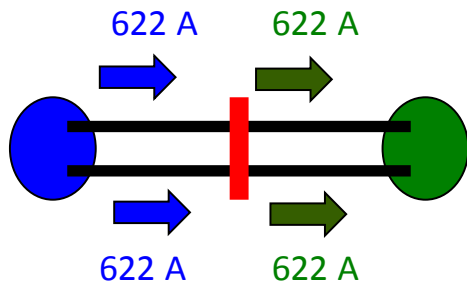




Figura 5

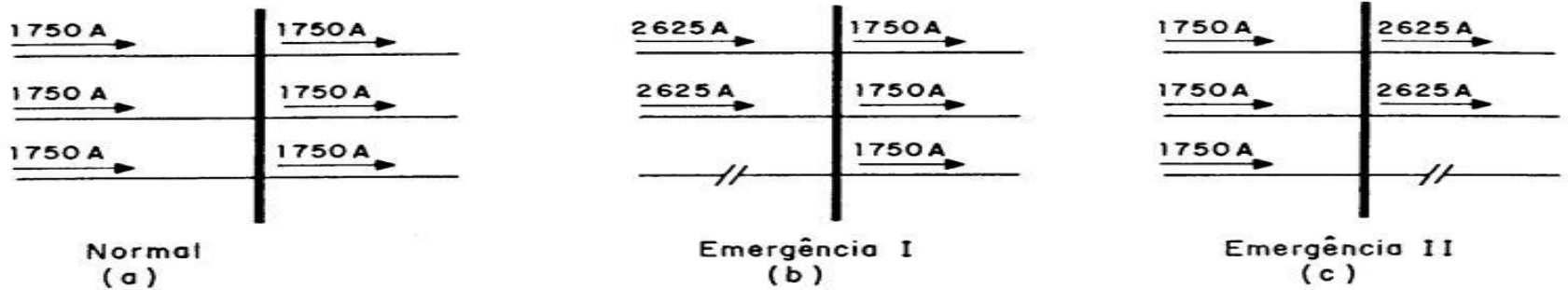
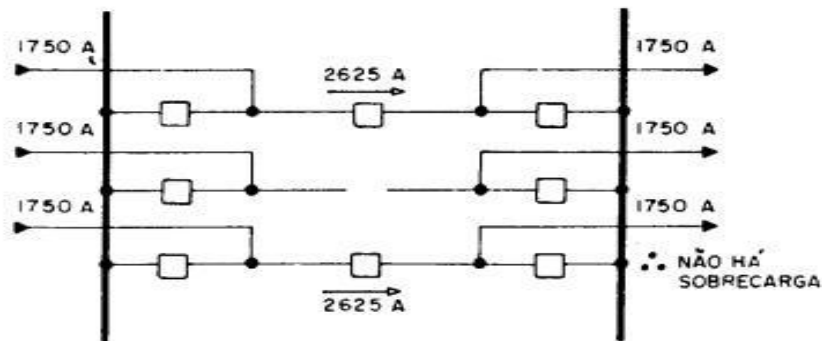
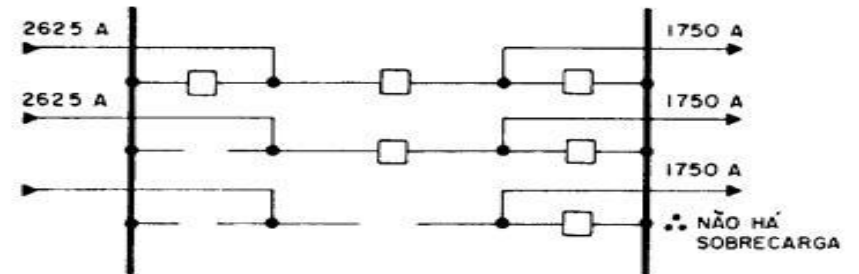


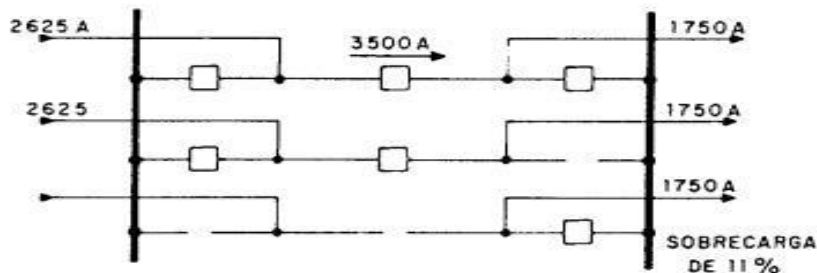
Figura 6



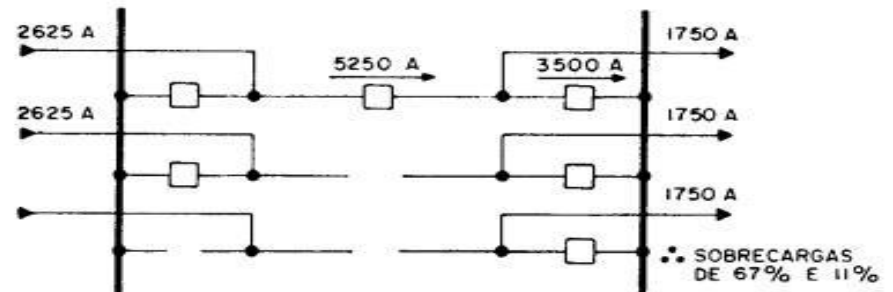
(a) Normal



(b) Emergência I



(c) Emergência I



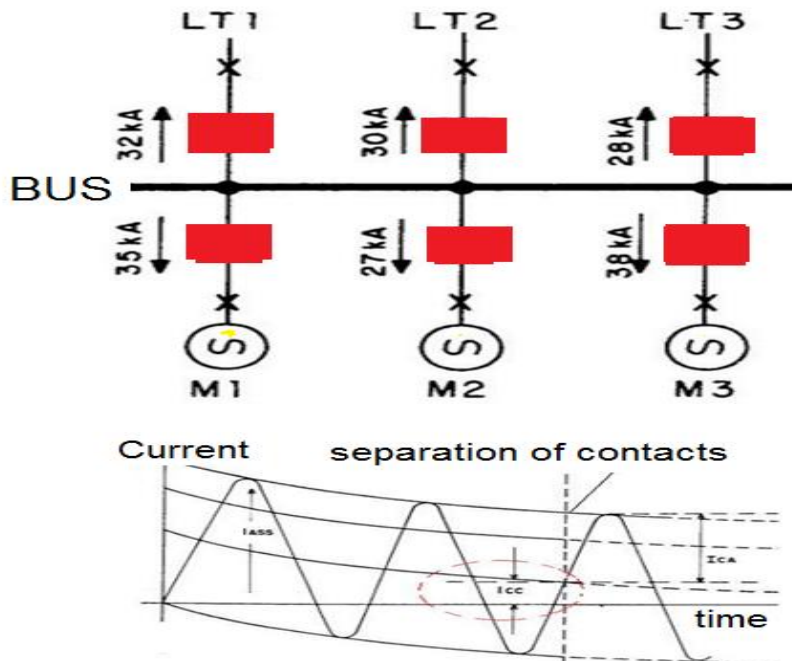
(d) Emergência I

Figura 8

ESTUDIOS DE CORTOS-CIRCUITOS

ESPECIFICAR CORRIENTES SOPORTABLES DE CORTA DURACIÓN Y DE CRESTA Y LA CAPACIDAD DE INTERRUPCIÓN

- Determinar X / R de los circuitos (y L / R componente CC);
- Calcular corrientes, duraciones y su pico más alto (capacidad de establecimiento) .
- Adaptar a los valores de normas técnicas
- Para interruptores, calcular el valor de la componente continua en el momento de la separación de los contactos.



Circuito	Corriente calculada (kA eff)	Eligido (kA eff)
LT1	32	40,0
LT2	30	31,5
LT3	28	31,5
M1	35	40,0
M2	27	31,5
M3	38	40,0

Información sobre el programa “libre”

ATP / ATPDRAW

(Alternative Transient Program)

- El software libre se originó de la EMTP para el cálculo de tensiones y corrientes transitorias.
- Excelente herramienta para el uso diario.



CD

Course_2014_Common

_ElectrodynamicalForces	29-Dec-13 10:30 AM	File folder
_InternalArc	29-Dec-13 10:17 AM	File folder
_MagneticFields	29-Dec-13 10:31 AM	File folder
_OverVoltages	29-Dec-13 10:18 AM	File folder
_TemperatureRise	29-Dec-13 10:12 AM	File folder
ATP_CBUE	21-Sep-12 8:46 AM	File folder
ATP_CBUE2010	18-Jul-13 5:06 PM	File folder
Book_CopperForBusBars	29-Dec-13 10:08 AM	File folder
Book_Manual_ABB	13-Jul-12 7:25 PM	File folder
Cables	30-Dec-13 11:00 AM	File folder
CircuitBreakers	30-Dec-13 2:02 PM	File folder
Fuses	29-Dec-13 10:34 AM	File folder
Normas	29-Dec-13 10:23 AM	File folder
Transp_Filmes_	13-Jul-12 7:41 PM	File folder

ATP installer

instala_atp_cbue_2010.exe

Installation successfully done according to the following structure

c:/ATP_CBUE_2010

ATP_CBUE_2010

Make shortcut

Name	Date modified	Type	Size
Armafit	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
atalhos	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Atp	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
atpdraw	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Bct	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
bnchmark	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Grp	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Hlp	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
LCC	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
main	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Mod	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Plotxy	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Plugins	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Project	30-Dec-13 3:05 PM	File folder	
sfcARTIGOS	30-Jul-13 8:00 PM	File folder	
sfcFiguras	28-Jul-13 7:10 PM	File folder	
usp	22-Apr-10 8:58 AM	File folder	
Web	26-Jul-13 6:39 PM	File folder	
_ISREG32.DLL	07-Feb-96 9:07 AM	Application extens...	
ATPDraw.chm	26-Nov-08 8:09 PM	Compiled HTML ...	
ATPDraw.chw	20-Jul-13 10:25 AM	CHW File	
ATPDraw.CNT	18-Aug-04 12:06 P...	CNT File	
Atpdraw.exe	05-Dec-08 10:41 AM	Application	
ATPDraw.GID	06-Apr-10 12:16 PM	GID File	
ATPDraw.scl	06-Oct-08 8:35 PM	SCL File	
instala_atp_cbue_2010.exe	31-Oct-12 12:11 PM	Application	
Readme.pdf	18-Dec-12 4:17 PM	Adobe Acrobat D...	
runAF.bat	19-Nov-01 11:27 P...	Windows Batch File	
runATP_G.bat	22-Dec-10 8:44 PM	Windows Batch File	

APERTURA DE UN REACTOR

Attributes

DATA	VALUE	NODE	PHASE	NAME
Amp	11267.65	AC	1	
f	60			
Pha	0			
At	1			
TSta	-1			
TSto	1			

Order: 0 Label: 13.8 kV

Comment:

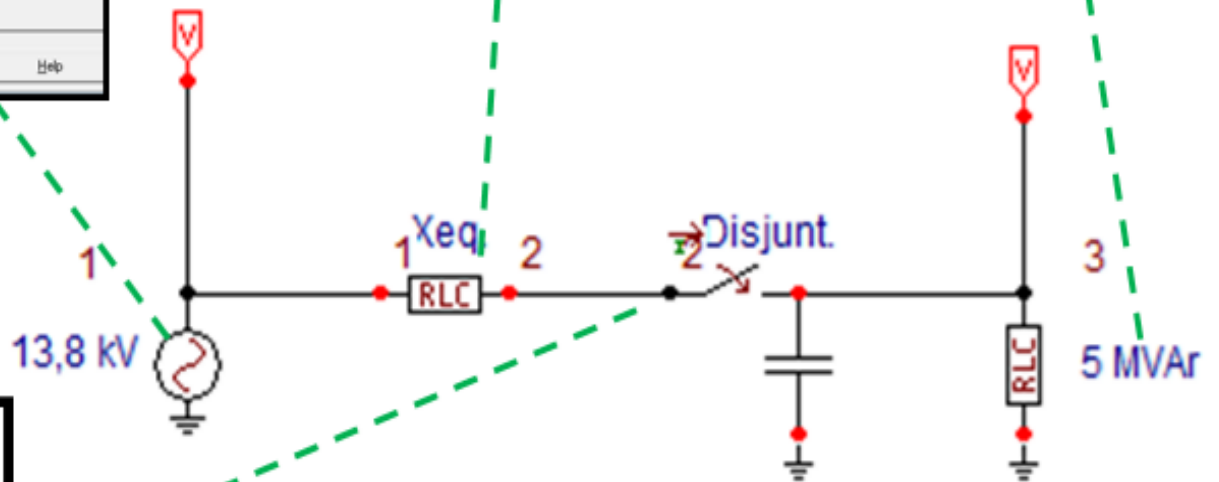
Type of source:
☐ Current
☒ Voltage

☐ Hide ☐ Lock

OK Cancel Help

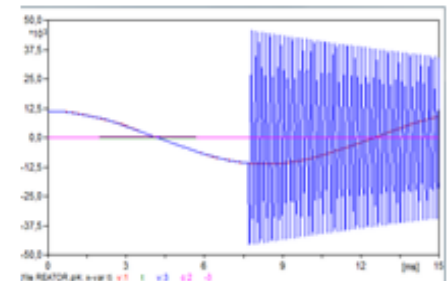
DATA	VALUE
R	1
L	0.1992
C	0

DATA	VALUE
R	8
L	38.088
C	0

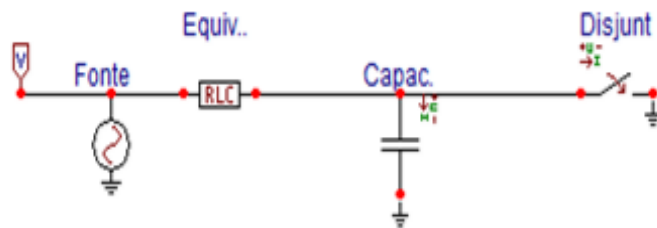


DATA	VALUE
T-cl	1
T-op	0.001
Imar	10

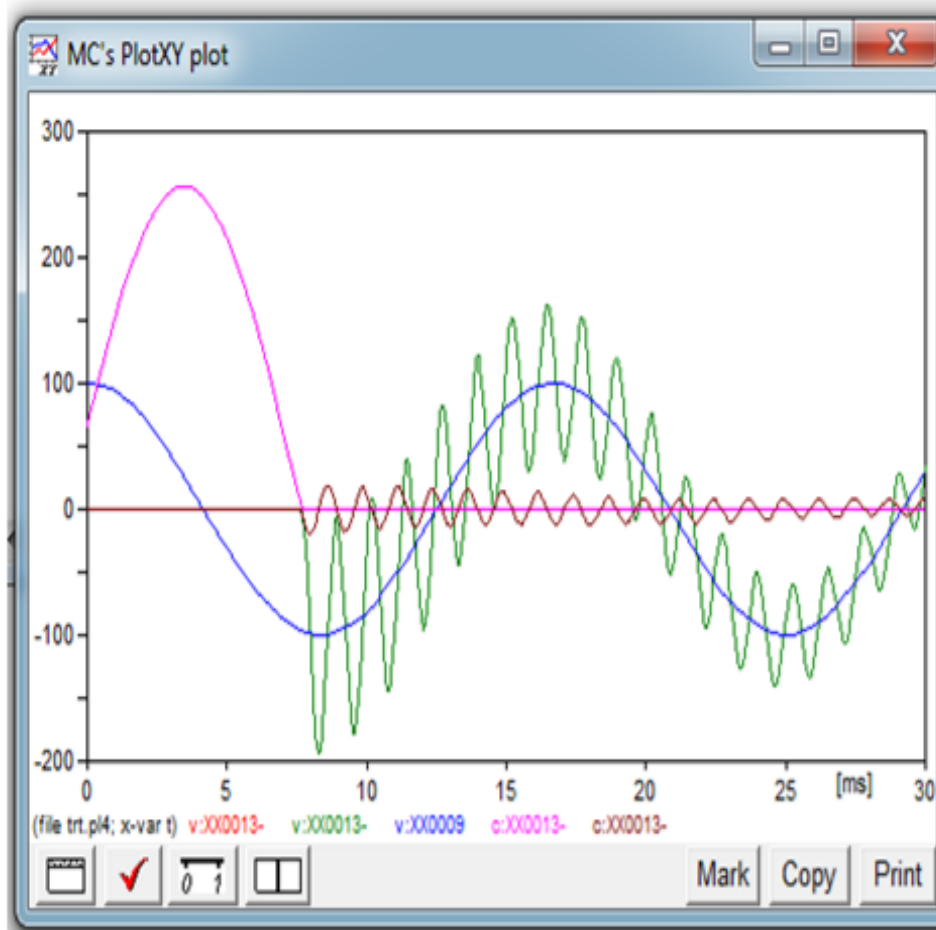
1 - Current



INTERRUPCIÓN DE CORTO-CIRCUITO

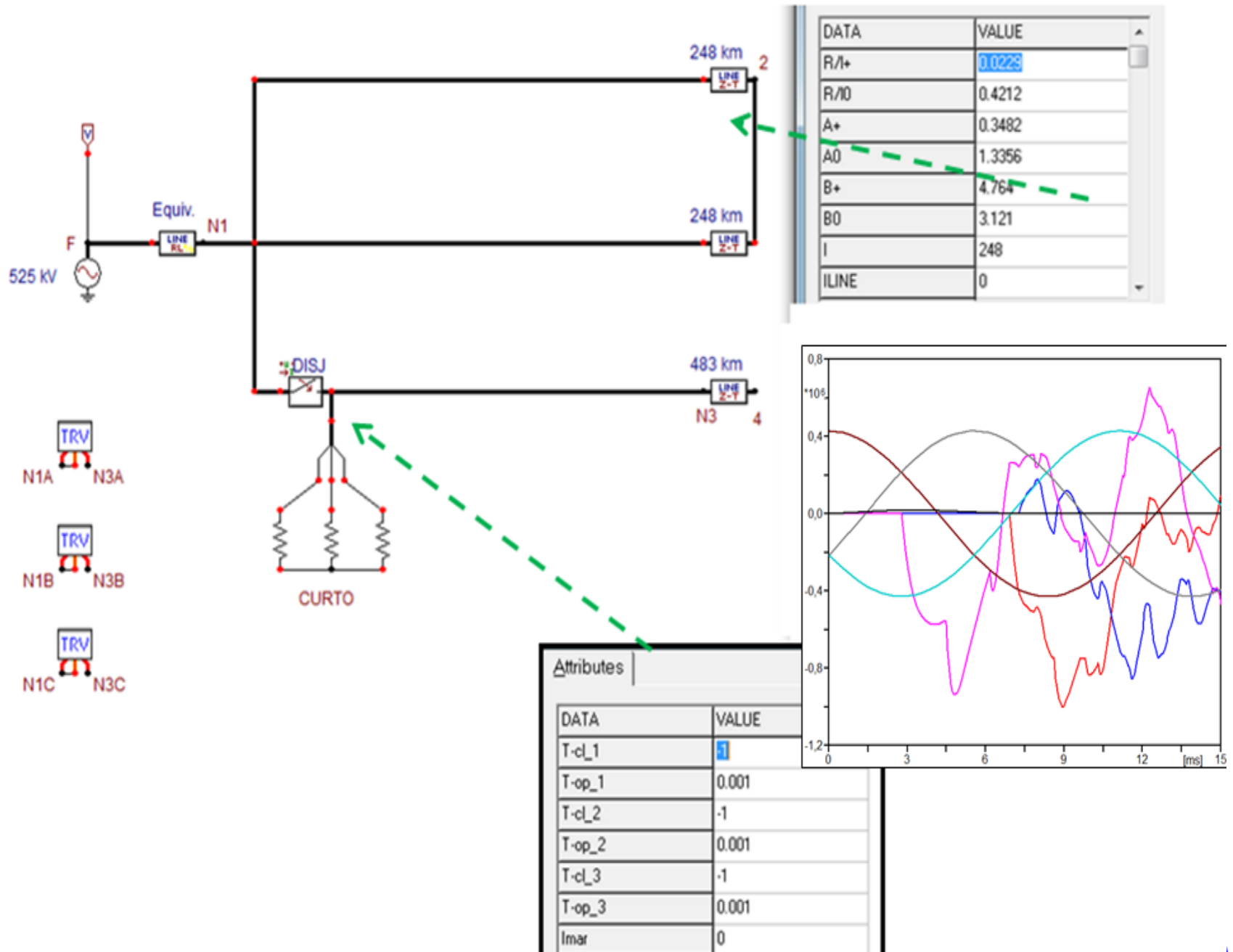


DATA	VALUE
R	0.1
L	1
C	0

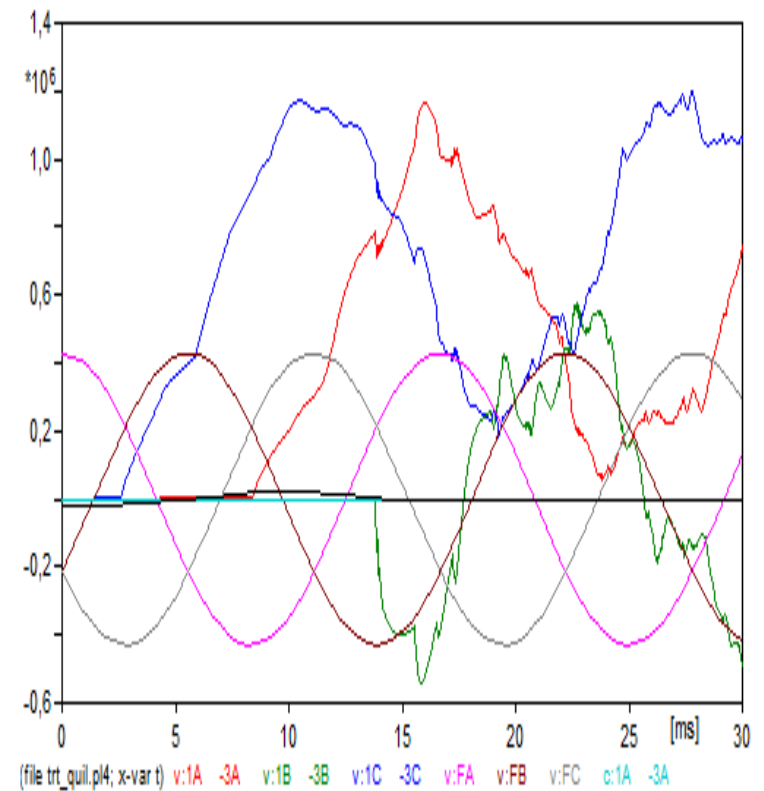


DATA	VALUE
T-cl	-1
T-op	0.001
Imar	0

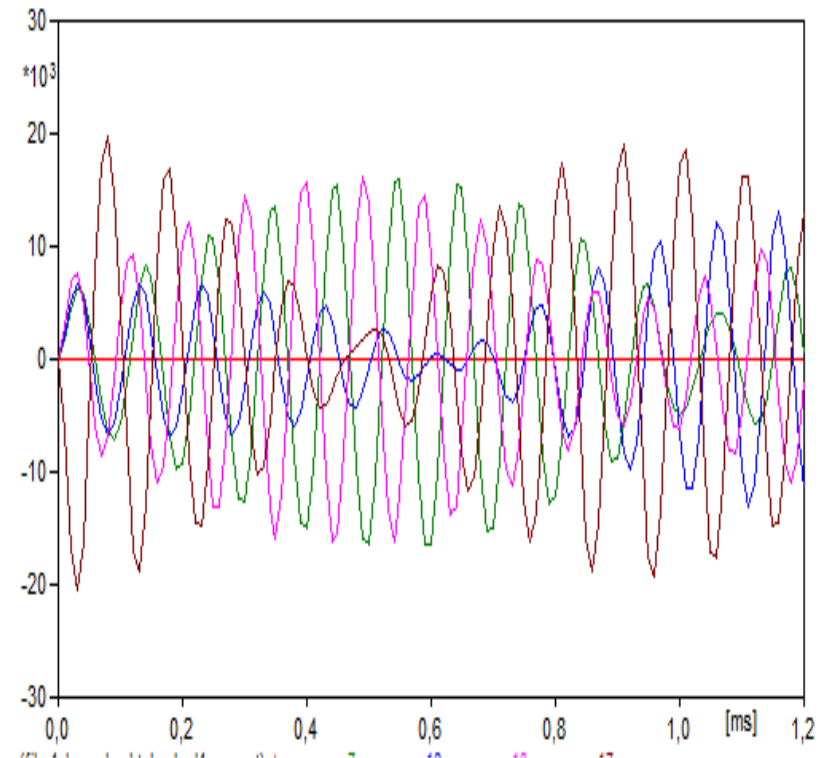
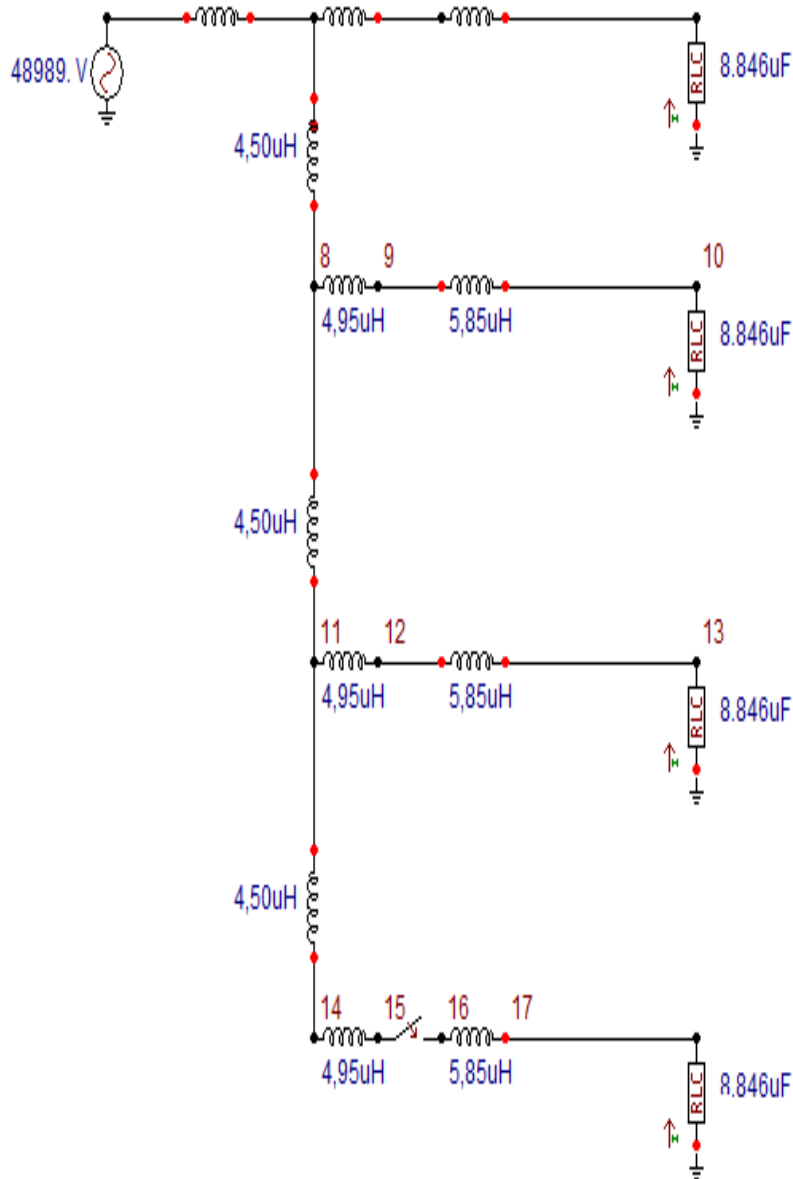
INTERRUPCIÓN DE CORTO-CIRCUITO



Línea corta



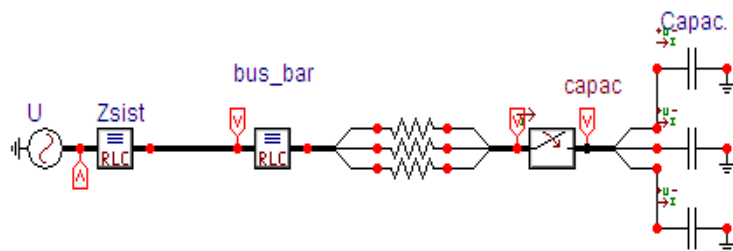
CAPACITORES EN OPOSICIÓN



ATPDraw - [cap_1RLC_trifasico.adp]

File Edit View ATP Objects Tools Window Help

cap_1_RLC_trifasico



MC's PlotXY - Data selection (3)

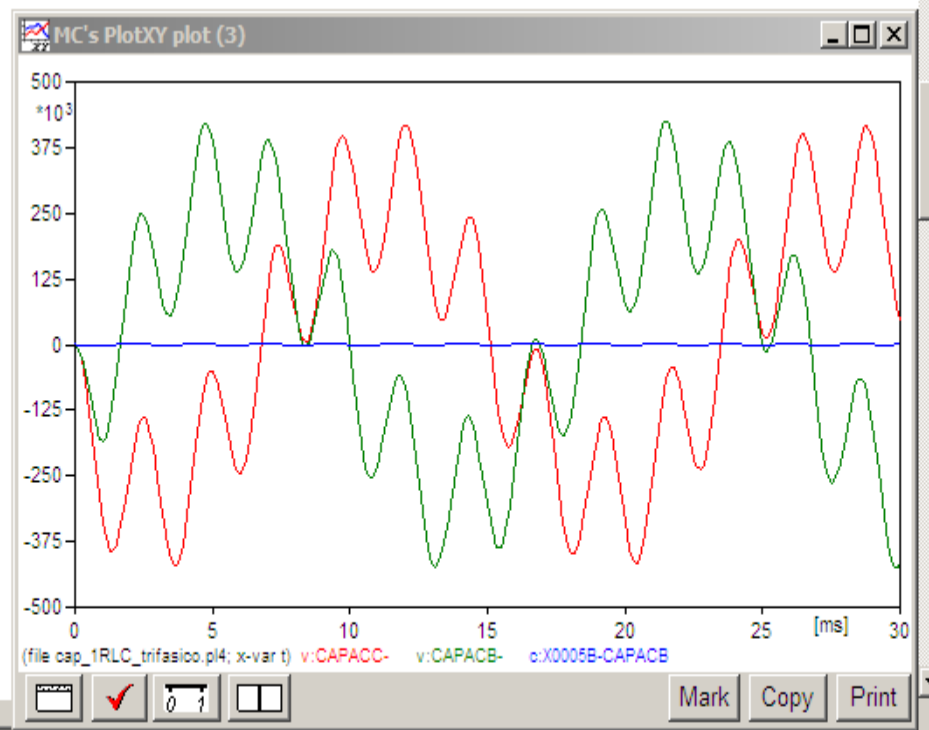
Load... Refresh

#	File Name	# of var	# of Point	Tmax
	cap_1RLC_trifasico	14	20001	0,2

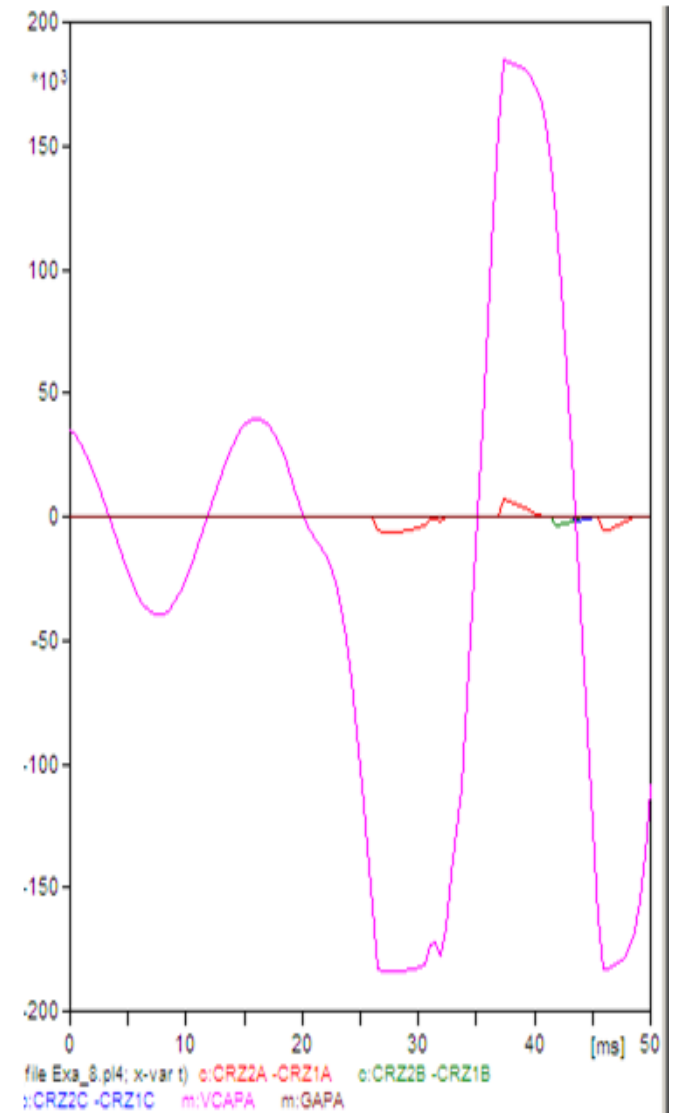
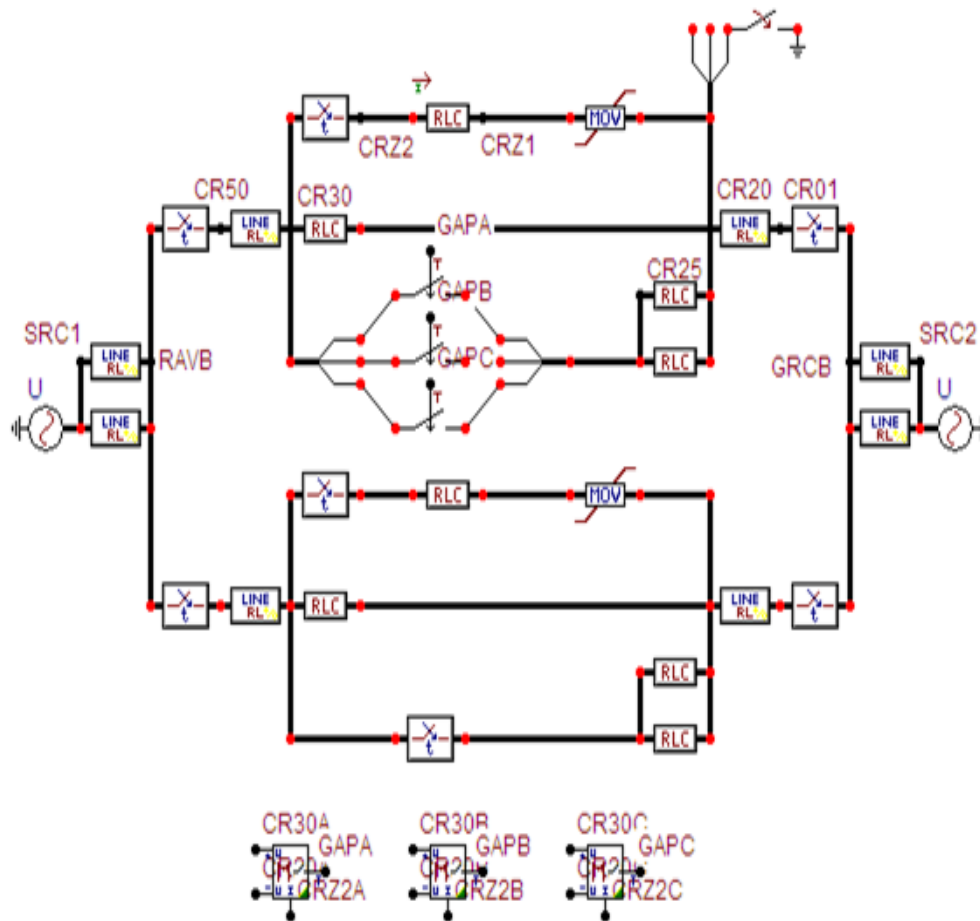
Variables

Variable	X	Facto	Offset
t	x	1	0
v:CAPACC-	1	0	
v:CAPACB-	1	0	
c:X0005B-CAPACB	1	0	

Update Four Plot



exa_8.adp



ALGUNOS LIBROS DE REFERENCIA

ABB Switchgear Manual



ABB Switchgear Manual

More than 50 years after publication of the first edition of the BBC Switchgear Manual by A. Hoppner, we present to you the current edition of today's ABB Calor Emag Switchgear Manual in the internet the first time. As always, it is intended for both experienced switchgear professionals as well as beginners and students.

The ABB Calor Emag Switchgear Manual addresses all relevant aspects of switchgear technology for power transmission and distribution. Not only the technology of low, medium and high voltage switchgear and apparatus is considered but also related areas such as digital control systems, CAD/CAE methods, project planning, network calculation, electro-magnetic compatibility (EMC), etc.

Imprint

ABB Pocket Book - Switchgear Manual
10th revised edition

Edited by

ABB Calor Emag Schaltanlagen AG Mannheim and ABB Calor Emag
Mittelspannung GmbH Ratingen

<http://www.4shared.com/office/ErozeZWB/20269998-5068033-ABB-Switch-Ge.html>

Transients in Power Systems – Lou Van de Sluis
John Wiley & Sons Ltd ISBN 0471486 396

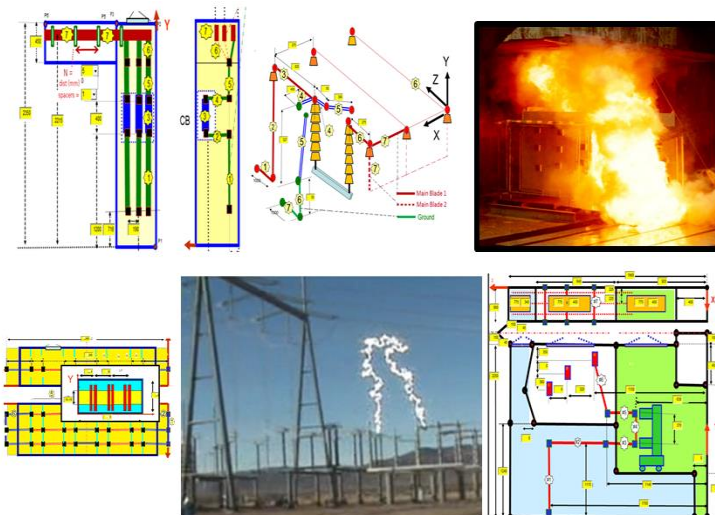
FINAL DEL MÓDULO 1

Presentado por Sergio Feitoza Costa

www.cognitor.com.br

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)

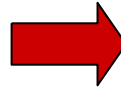


MODULO 2:

Coordinación del aislamiento y sobre tensiones

Efecto de las corrientes y voltajes

Menor o igual a los valores permanentes nominales



Envejecimiento "normal"
(Como 20 o 30 años)

Sobre corrientes de larga duración
(como 1,5 EN x 120 segundos)



Elevación Temperatura moderada
+ Envejecimiento (fácil estimar)



Temperaturas altas como 180 ° C
para cobre recocido, empuños,

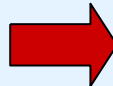
Sobre corrientes de corta duración
(como 20,0 IN x 1s)



Efectos electrodinámicos: fuerzas
(toneladas) y esfuerzos mecánicos en
aisladores y barras

Sobretensiones

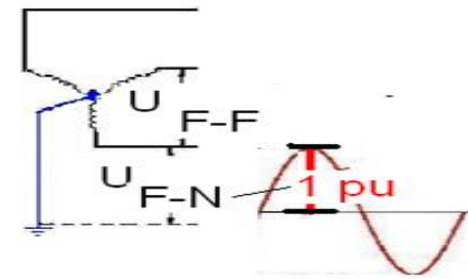
- larga duración
- corta duración (micro- segundos)



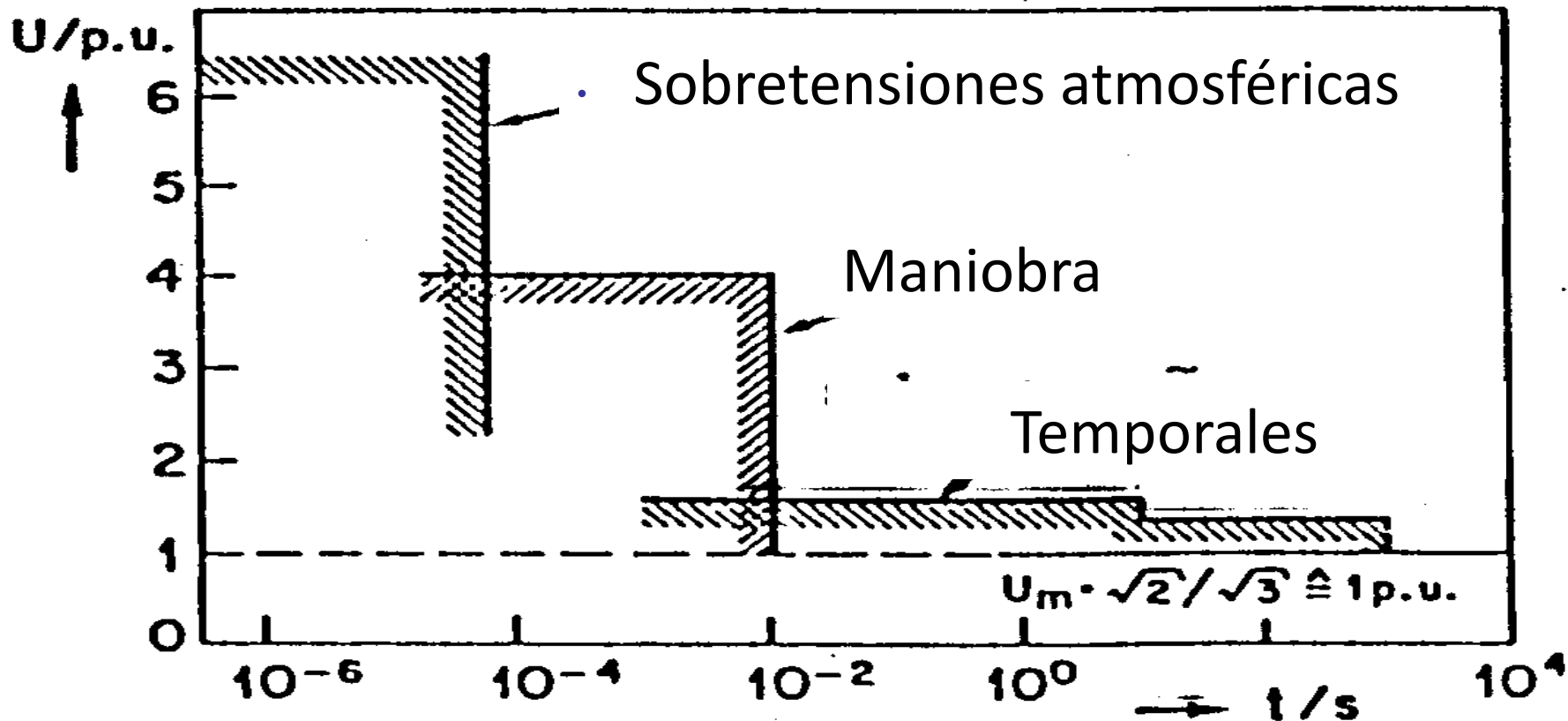
Daño inmediato o envejecimiento
del aislamiento.

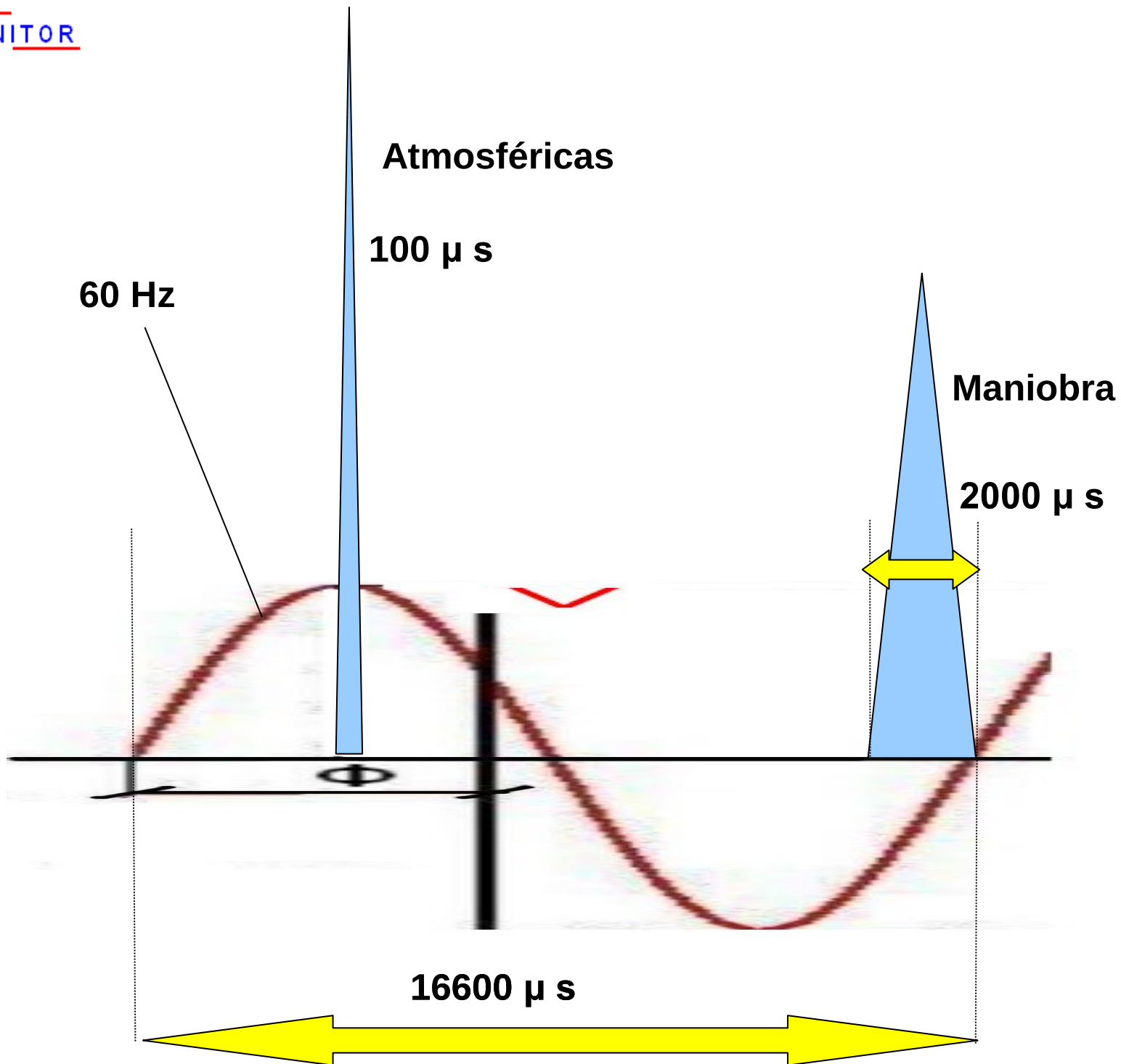
Cómo estimar el envejecimiento?

$$I^2 t \sim V^2 t \quad ?$$

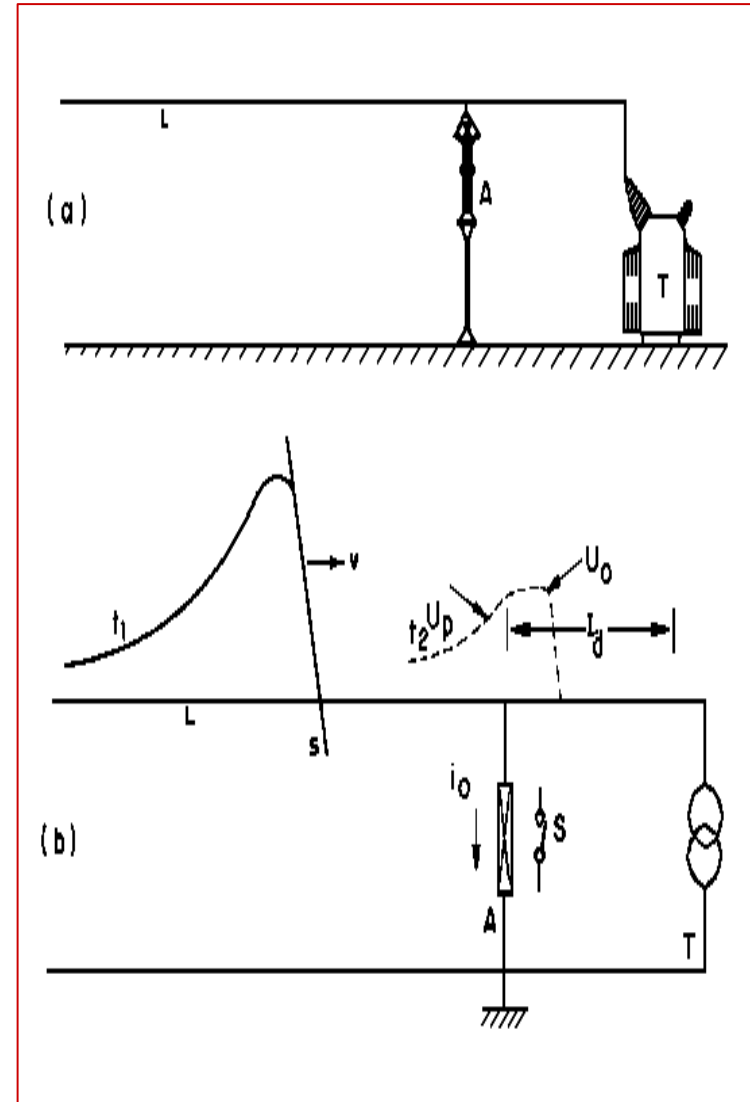
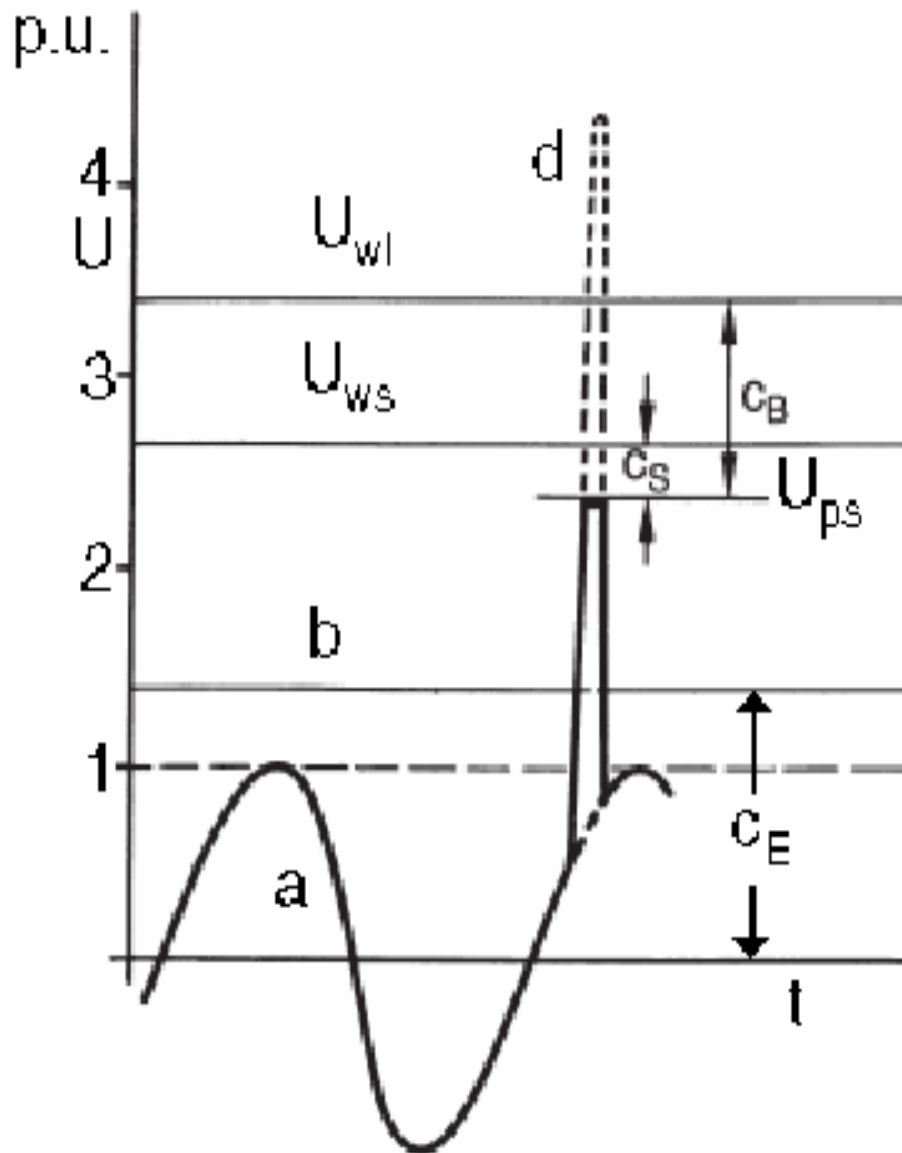


- Atmosféricas
- Maniobra – conexión y desconexión de los elementos, la iniciación o interrupción de fallas
- Temporal: en la frecuencia de alimentación o armónicos - sostenidas o mal amortiguado
- Corta duración amortiguado

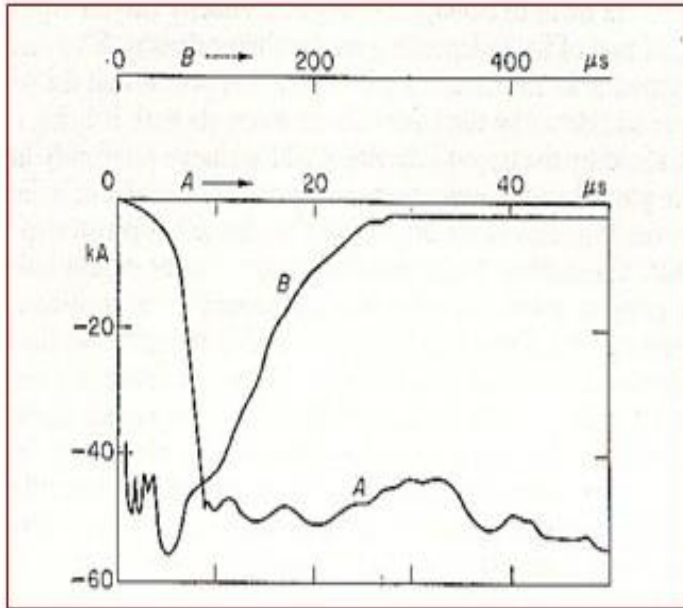




TENSION DE FRECUENCIA NOMINAL + IMPULSO

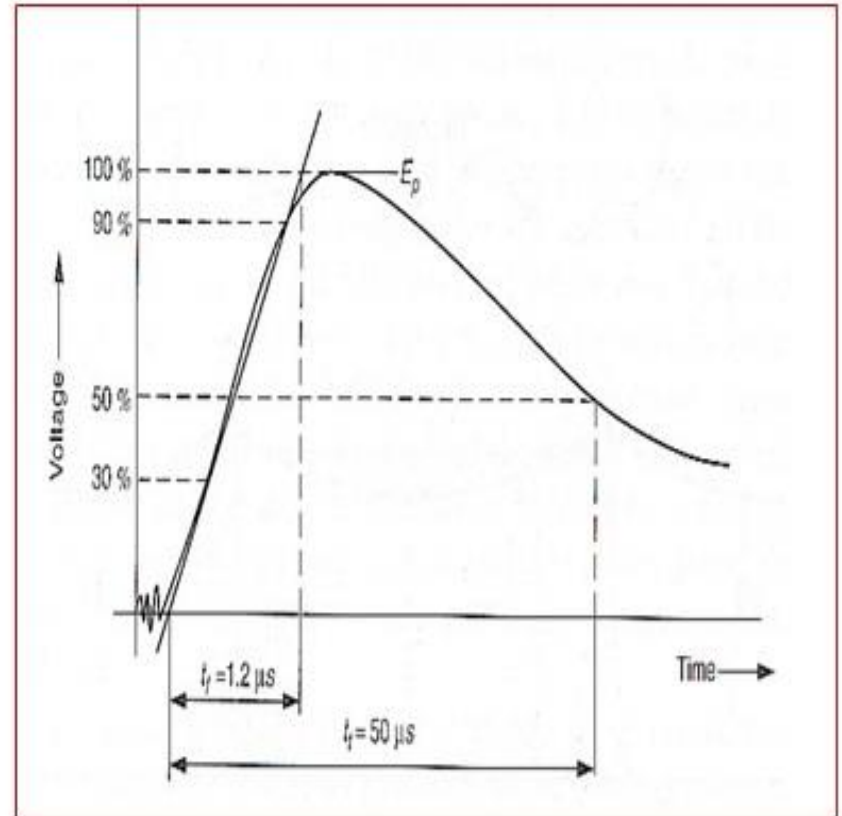


REAL X LABORATORIO



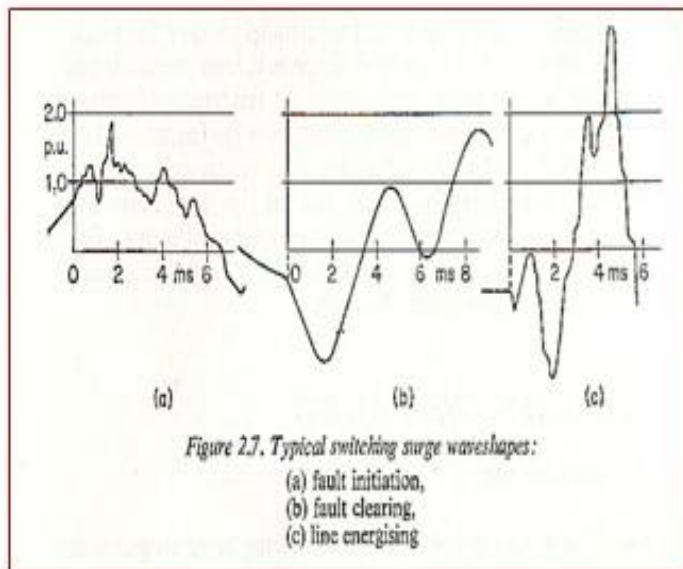
$$t_1 = 1,2 \mu s \quad t_2 = 50 \mu s$$

Atmosférico



$$t_1 = 250 \mu s \quad t_2 = 2500 \mu s$$

Maniobra



Frecuencias de transitorios

Transformers connection	1 kHz
Resonancia	1 kHz
Energización de líneas	20 KHz
Tensión transitoria de restablecimiento (TTR) – cortos en la línea	20 KHz
TTR en líneas cortas	100 KHz
Sobretensiones atmosféricas	3000 KHz
Maniobra de seccionadores en GIS	50.000 KHz

Frecuencia depende de L y C, que depende de la geometría y distancias

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L.C}} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2$$

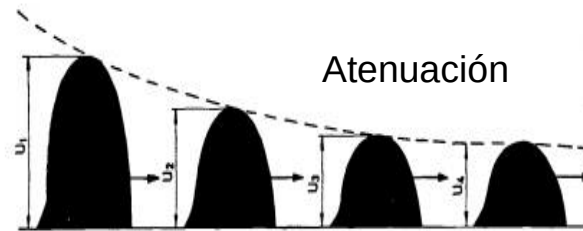
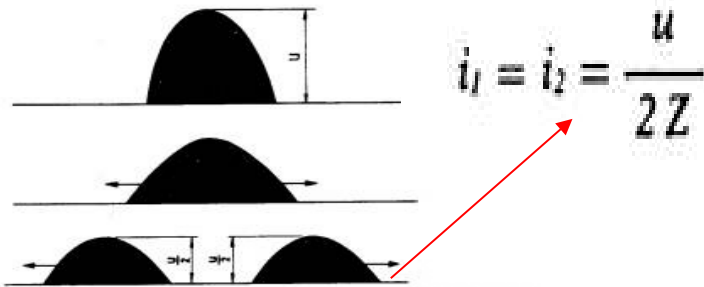
Propagación de impulsos

★ Impacto directo sobre el cable de fase: : $U = (I / 2) \times Z$

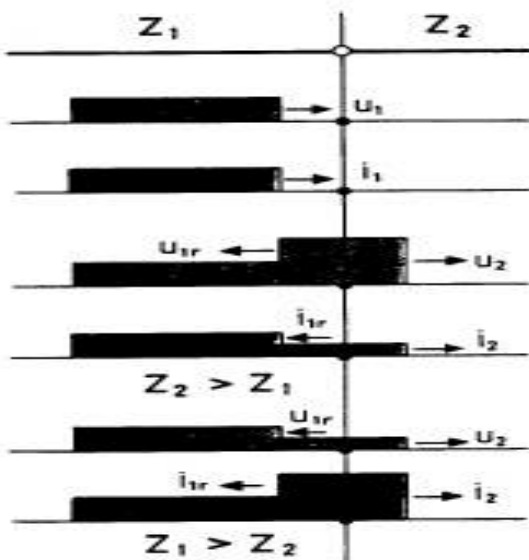
★ Impulso sobre el cable “para-rayos”: "back-flashover.

$$Z = \sqrt{L/C}$$

$$v = 1 / \sqrt{L \cdot C}$$



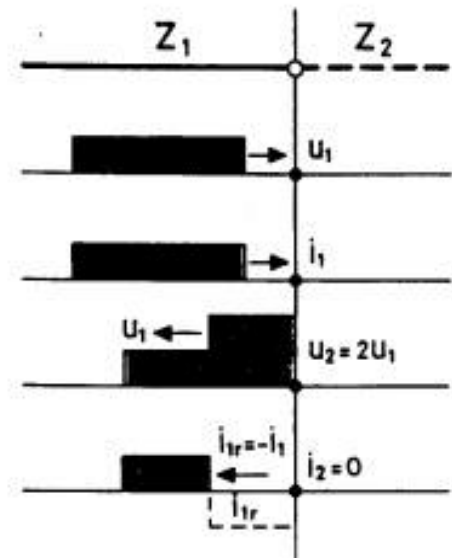
Cambio de medio de propagación



$$U_2 = U_1 \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$U_{1r} = U_1 \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

transformador: Z_2 infinito



SOBRETENSIONES TEMPORALES: FRECUENCIA INDUSTRIAL O ARMÓNICOS. SOSTENIDAS O POCO O AMORTECIDAS

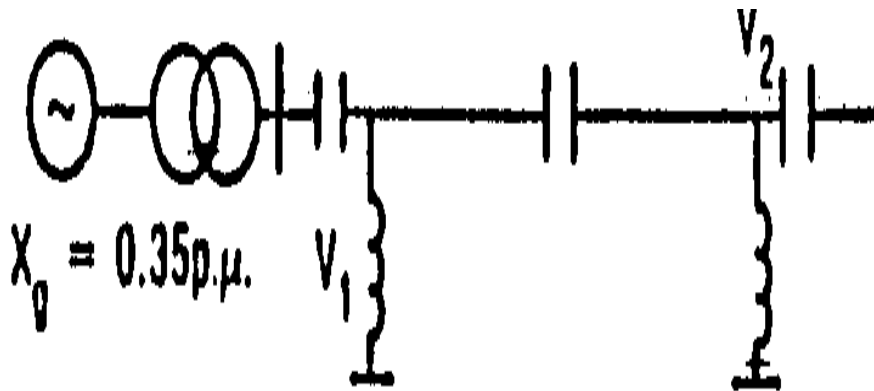
- Magnitud $< 1,5$ P.U.
- Duración: pocos ciclos hasta segundos, dependiendo del tipo de sistema de control de la tensión (más aún si la intervención es manual)

✓ Causas

- Súbita pérdida de carga
- Faltas a la tierra desbalanceadas
- Hierro-resonancia
- Desconexión de cargas inductivas
- Conexión de cargas capacitivas

SÚBITA PÉRDIDA DE CARGA

- ◆ Línea que conduce gran parte de la energía de el generador de energía es abierta.
- ◆ Generadores aceleran y la tensión crece
- ◆ Influencias: la longitud de la línea, la potencia de cortocircuito y la generación de reactivos
- ◆ Más ramificaciones = menos sobretensiones.



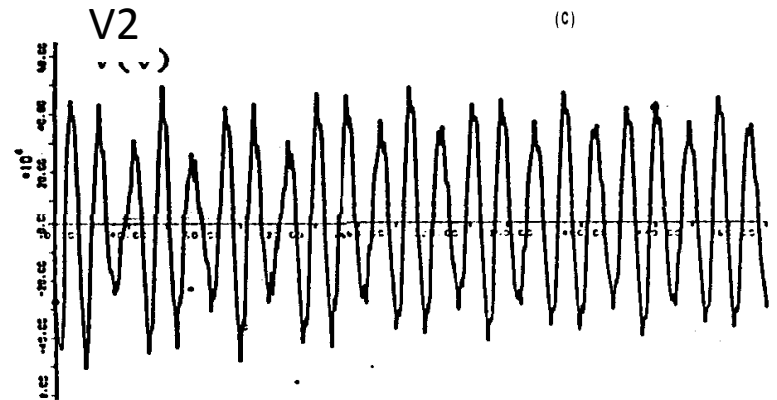
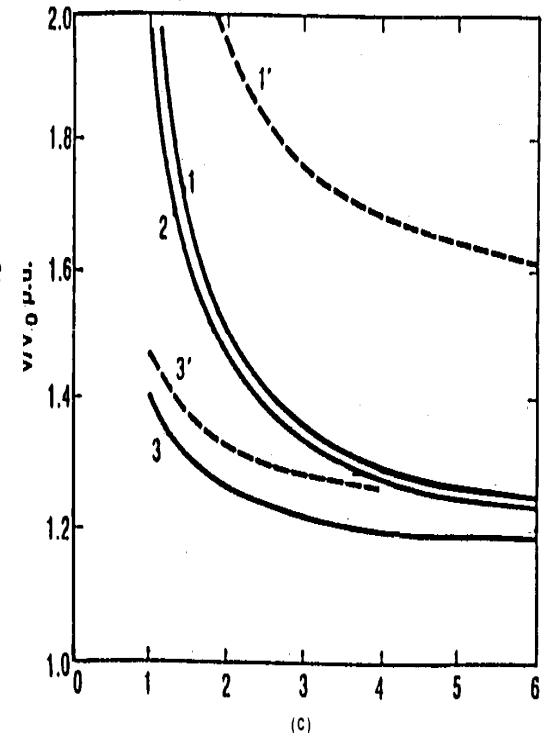
1,2,3 - Emisor

1', 3' - Receptor

1-1' - Sin compensación

3/ 3' - 50% compensación capacitiva serie / 50%

capacitiva serie + 70% de inductiva en derivación

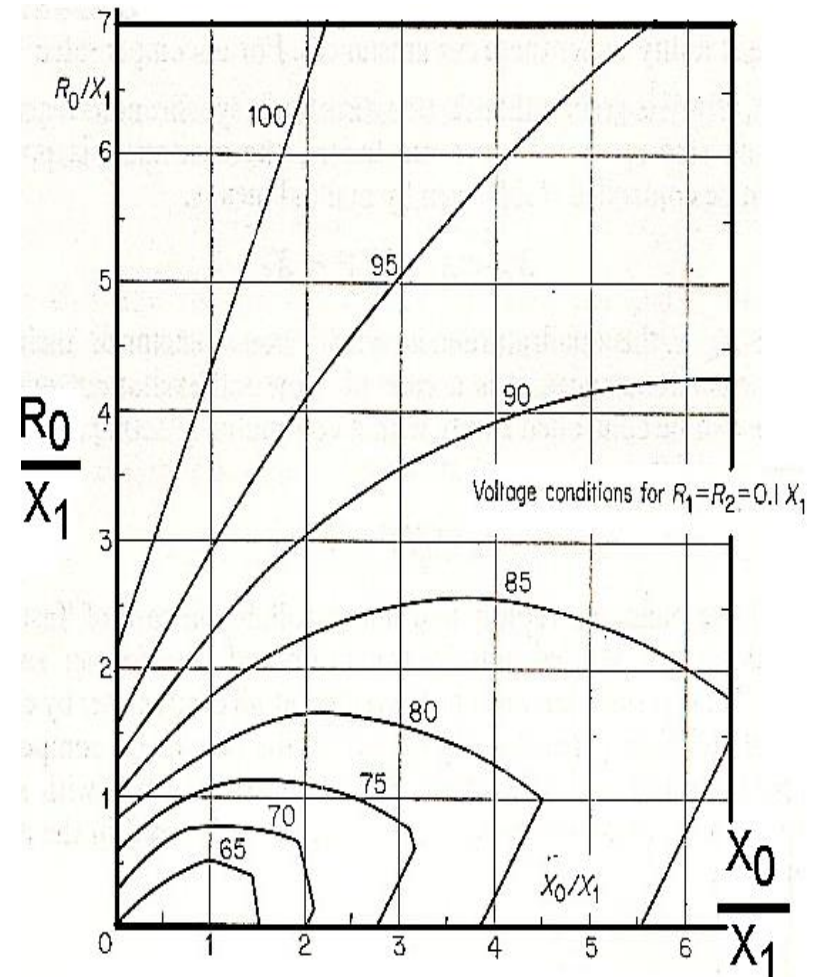
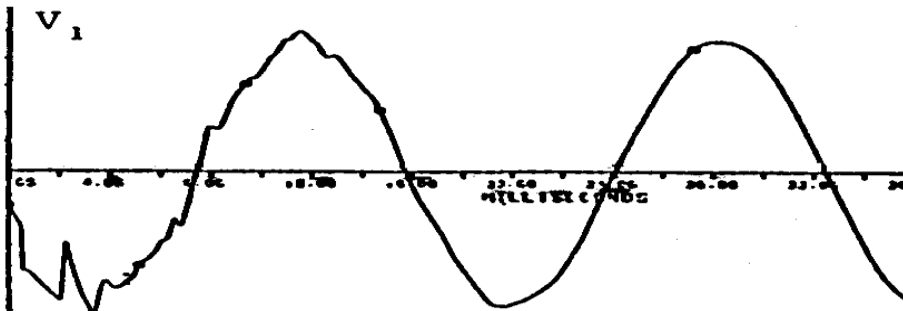


FALTAS A LA TIERRA DESBALANCEADAS

★ Defecto fase-tierra en una fase provoca una elevación de la tensión fase-tierra en las fases buenas

★ Para sistemas aislados la tensión fase-tierra en las fases buenas puede superar la tensión fase - fase

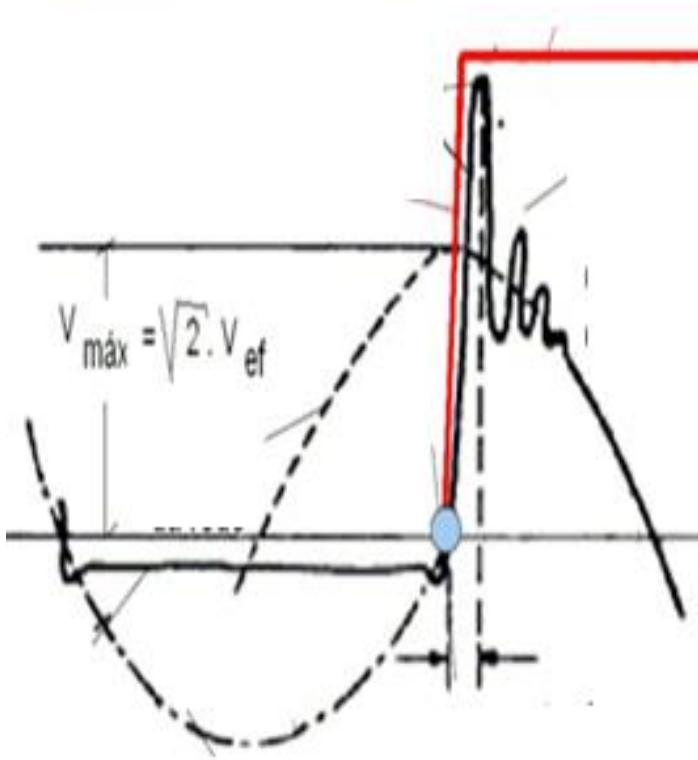
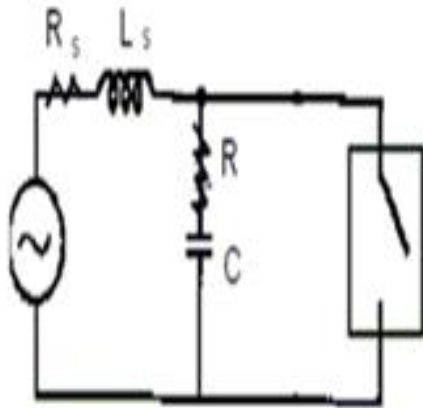
★ Para los sistemas con tierra sólida la tensión aumenta, pero se queda abajo de la tensión fase - fase



Tensión fase-tierra durante el defecto / tensión fase - fase

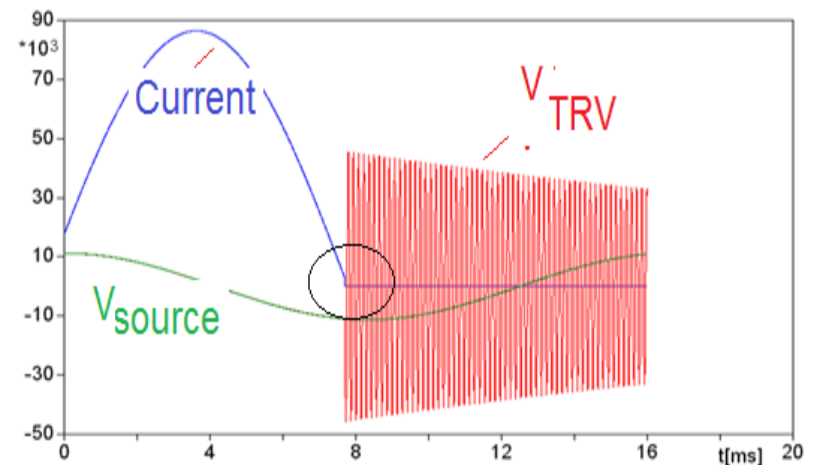
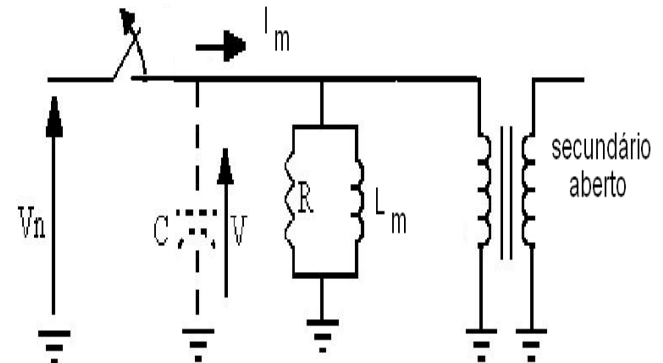
INTERRUPCIÓN DE CORRIENTES INDUCTIVAS

Corrientes de corto-circuito



Pequeñas corrientes inductivas

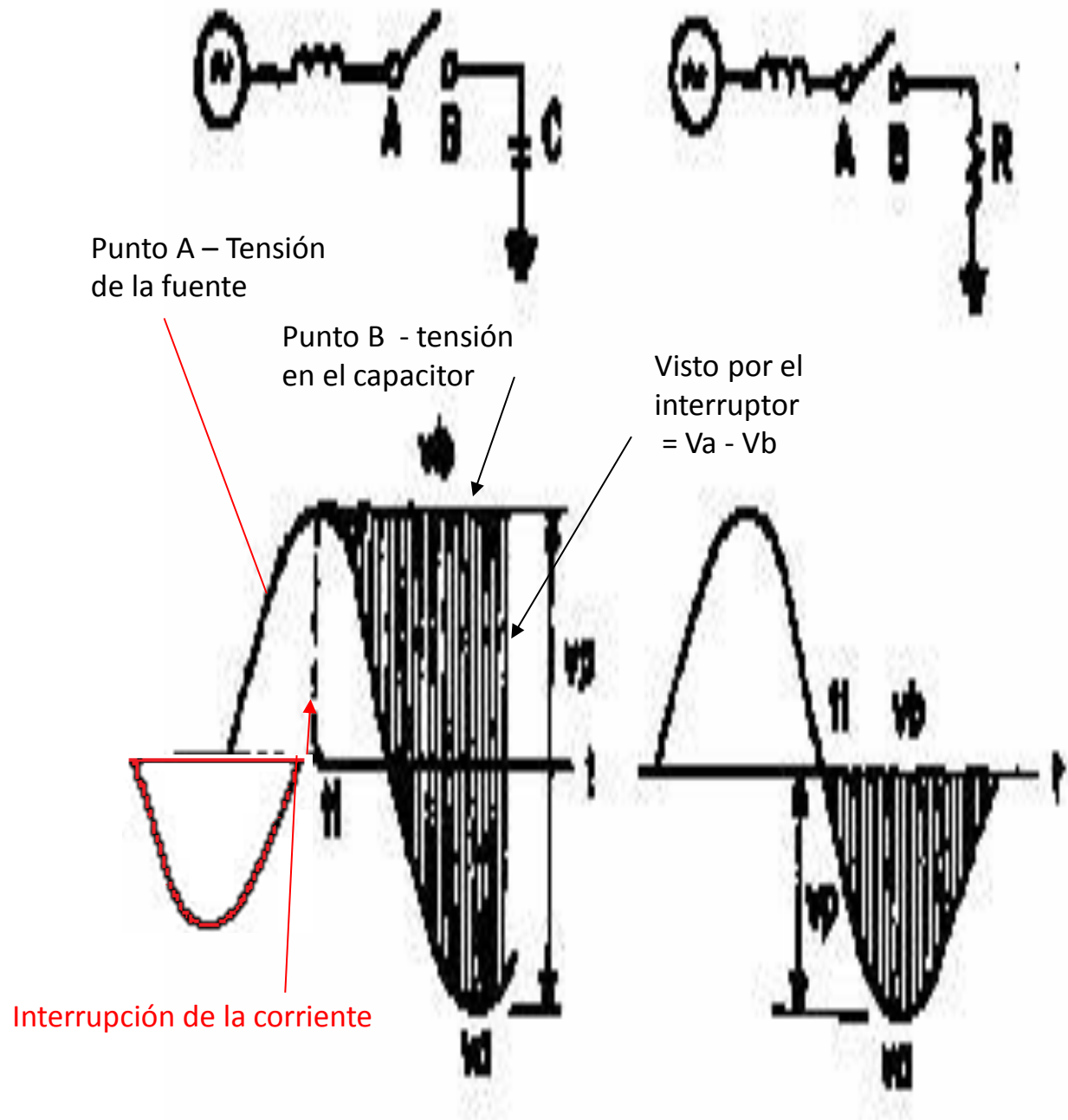
$$I_m : 0,5 \text{ a } 5\% \text{ de } I_n$$



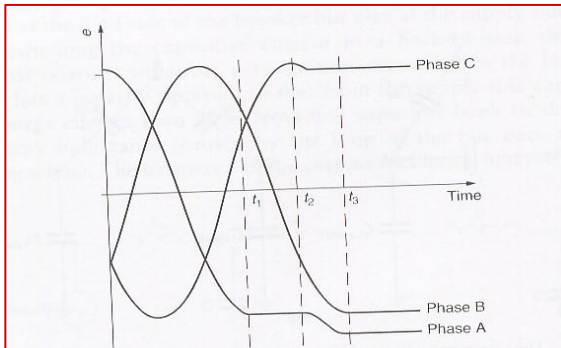
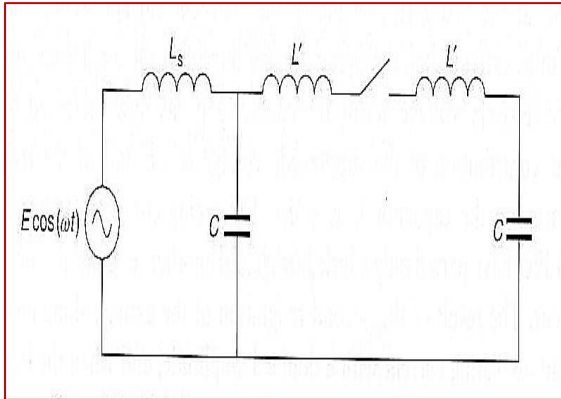
INTERRUPCIÓN DE CORRIENTES CAPACITIVAS

-TTR crece lentamente pero $V = 2$ pu puede causar reencendido del arco si no hay suficiente separación de los contactos.

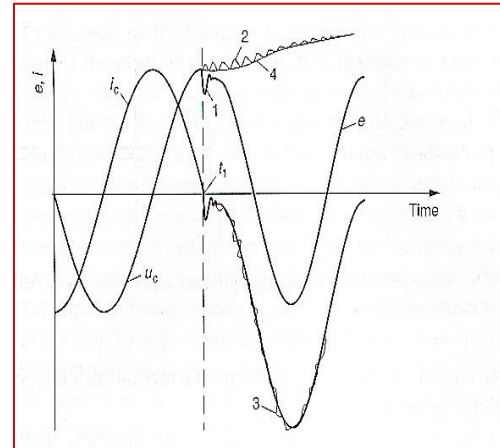
-
-Si hay un nueva interrupción puede se tener 4 pu, y así sucesivamente hasta la falla del interruptor



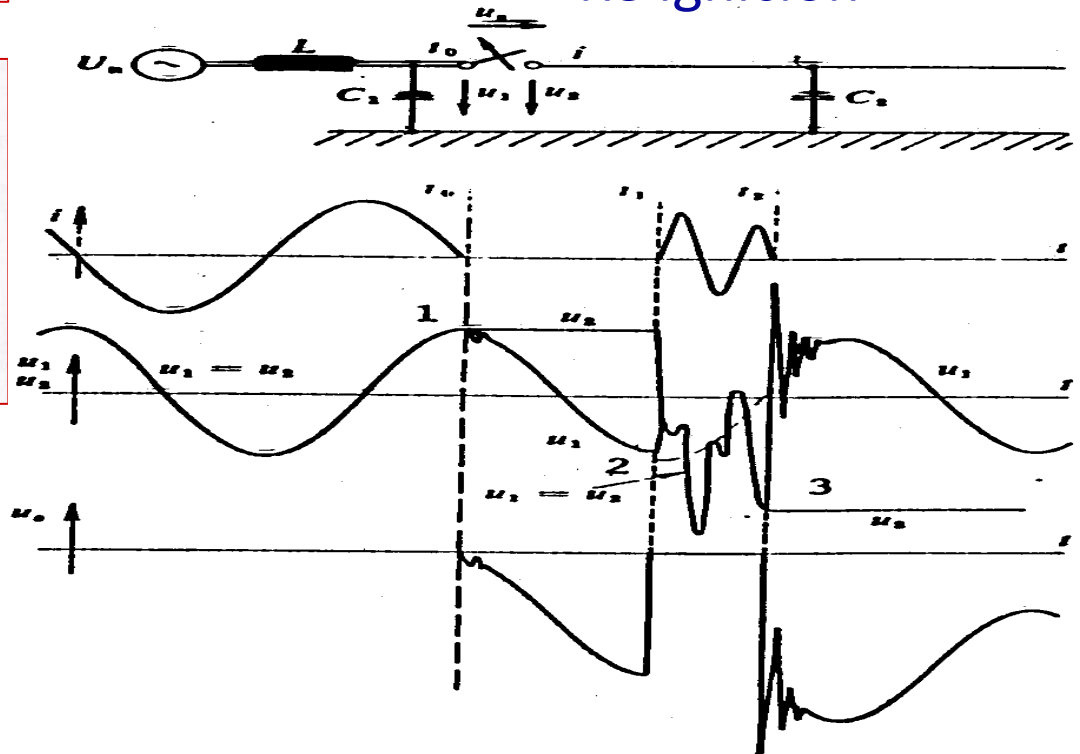
Capacitores en oposición



Líneas en vacío



Re ignición



INTERRUPCIÓN DE CORTOS EN LÍNEAS CORTAS ("short line fault")

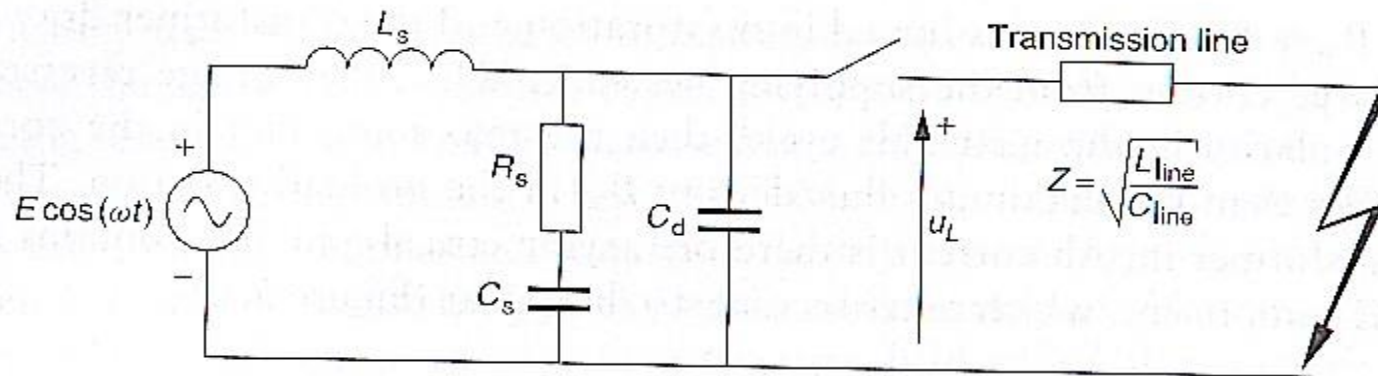
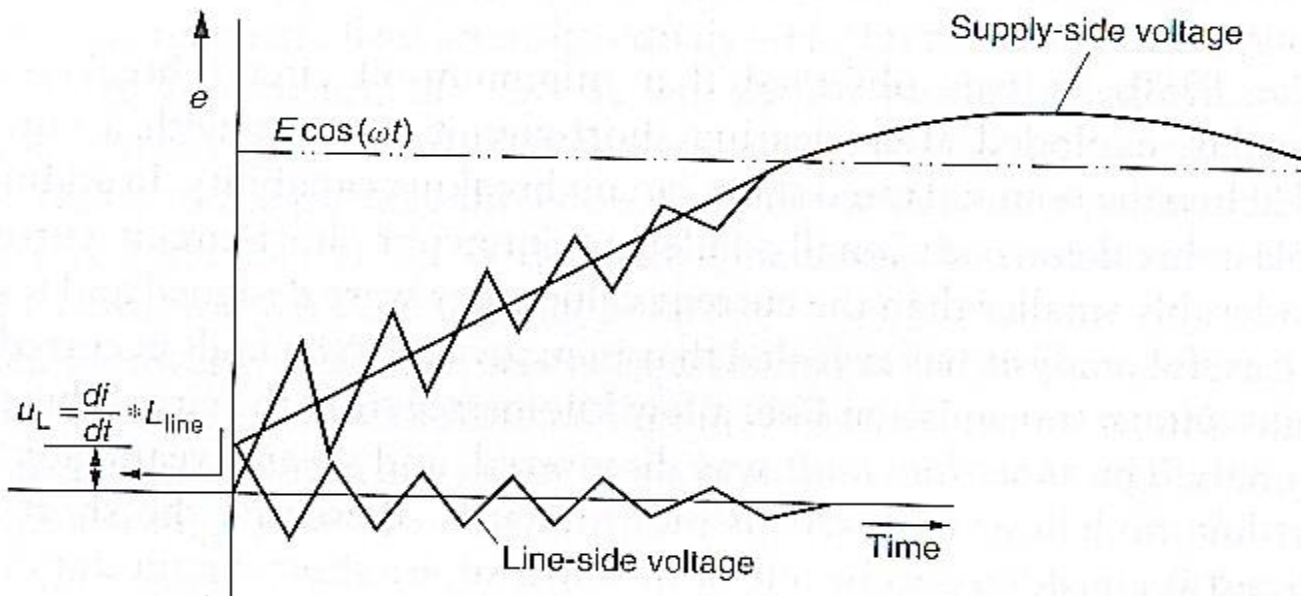


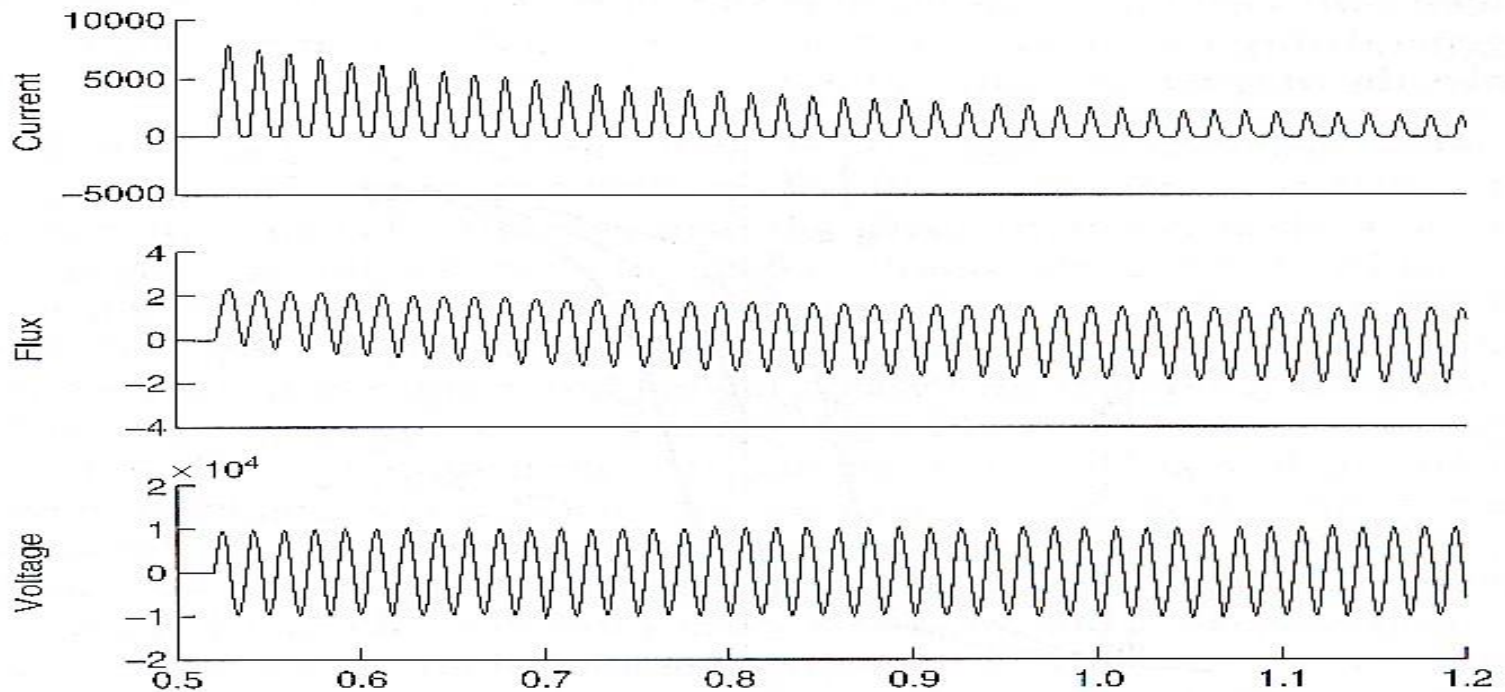
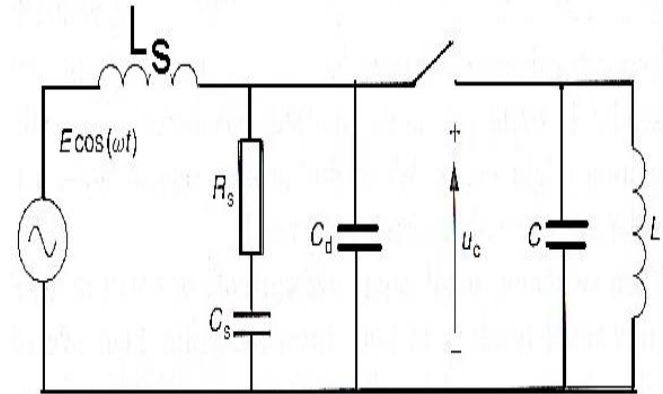
Figure 5.13 The short-line fault



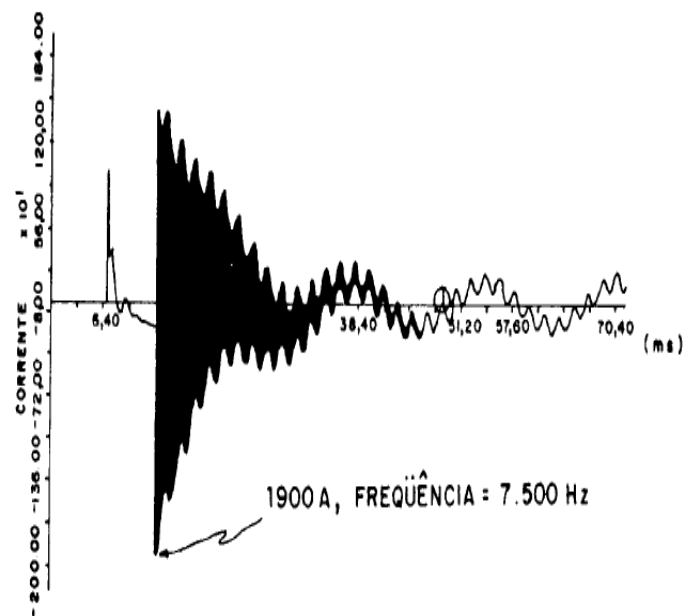
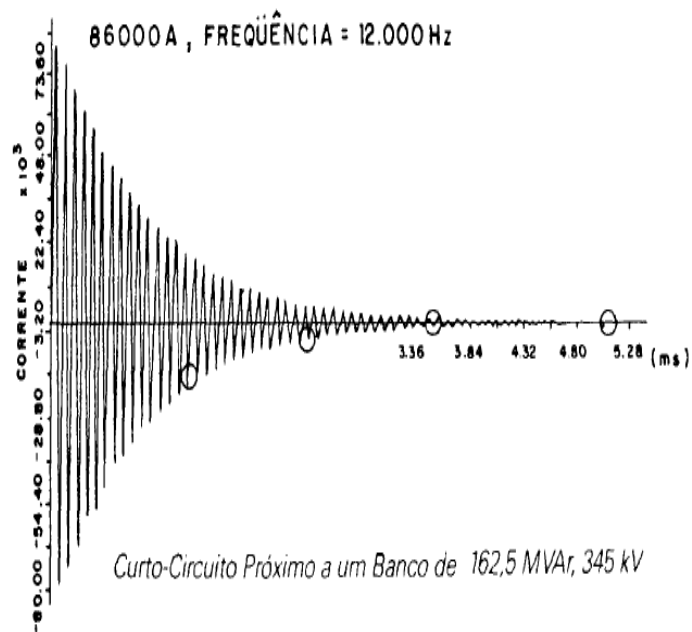
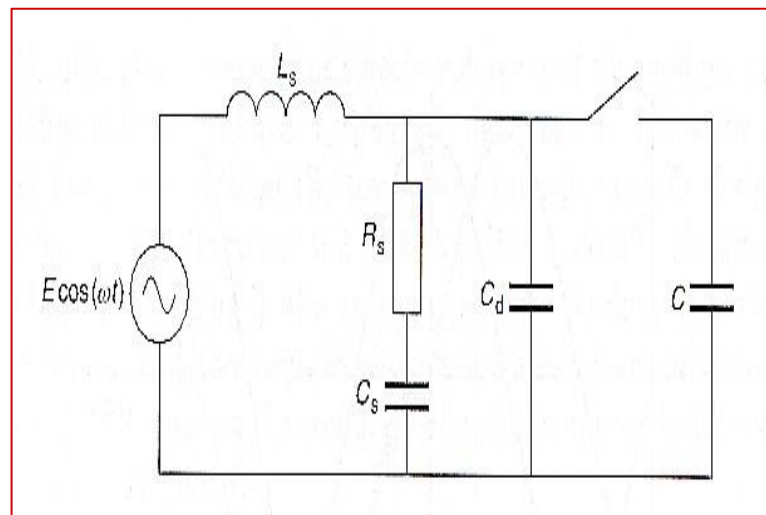
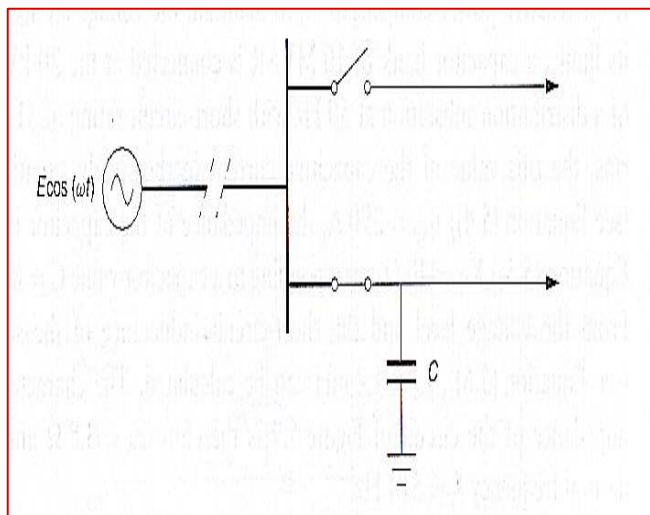
CIERRE DE TRANSFORMADOR O REACTOR EN VACÍO

(CORRIENTES DE “INRUSH”)

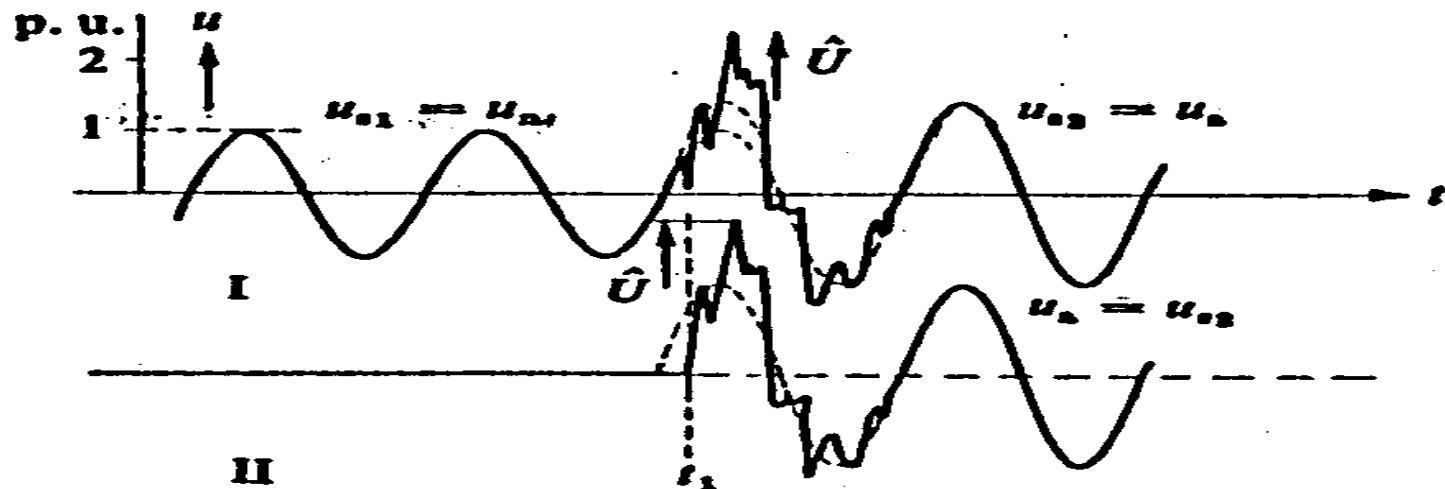
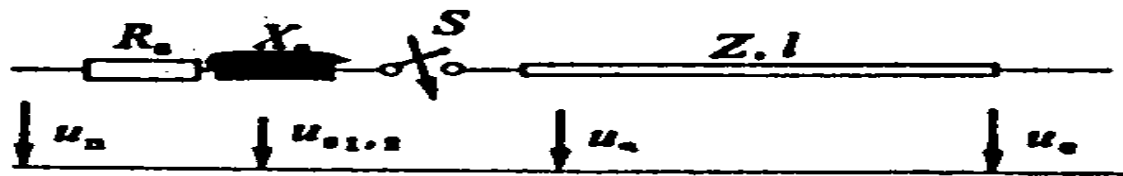
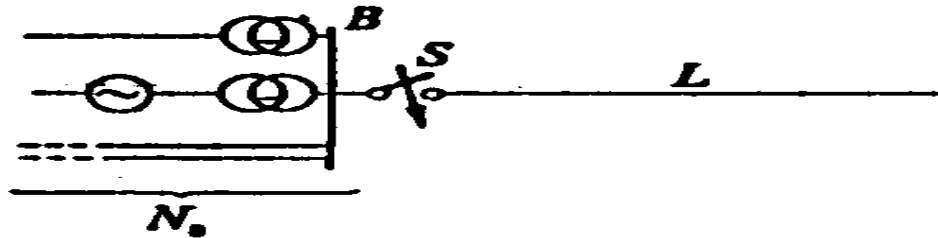
- Pueden alcanzar a $4 \times I_n$
- Dependen del momento de cierre y de el flujo antes de la desconexión



CORRIENTES CAPACITIVAS DE "INRUSH"



MANIOBRA DE LÍNEAS EN VACÍO



CONTROL DE SOBRETENSIONES .

Resistores de Pre inserción:

- en el cierre o en el religamento de líneas (reduce asimetría de la corriente debido a reducir L/R)
- en la apertura: reduce la TTR
- sobretensión es función de la resistencia y de el tiempo en que se queda en el circuito.
- Aplicación: el cierre de líneas
- Precio de interruptor 20 a 30% mayor (evaluación de beneficio / costo)

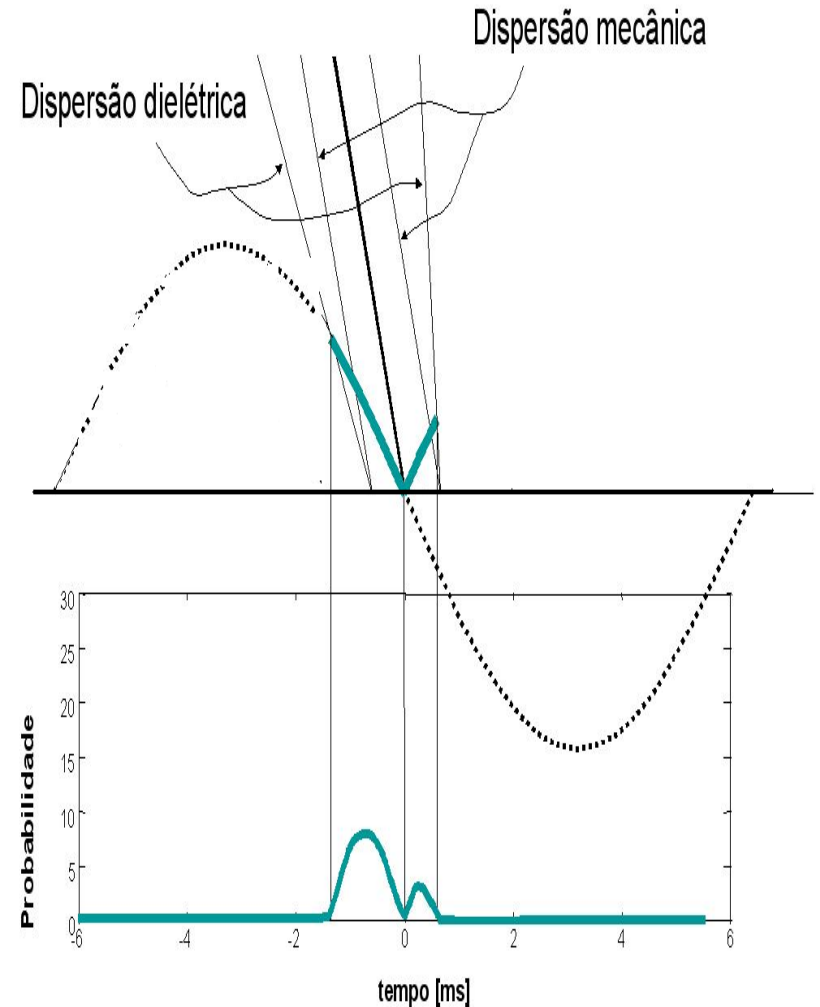
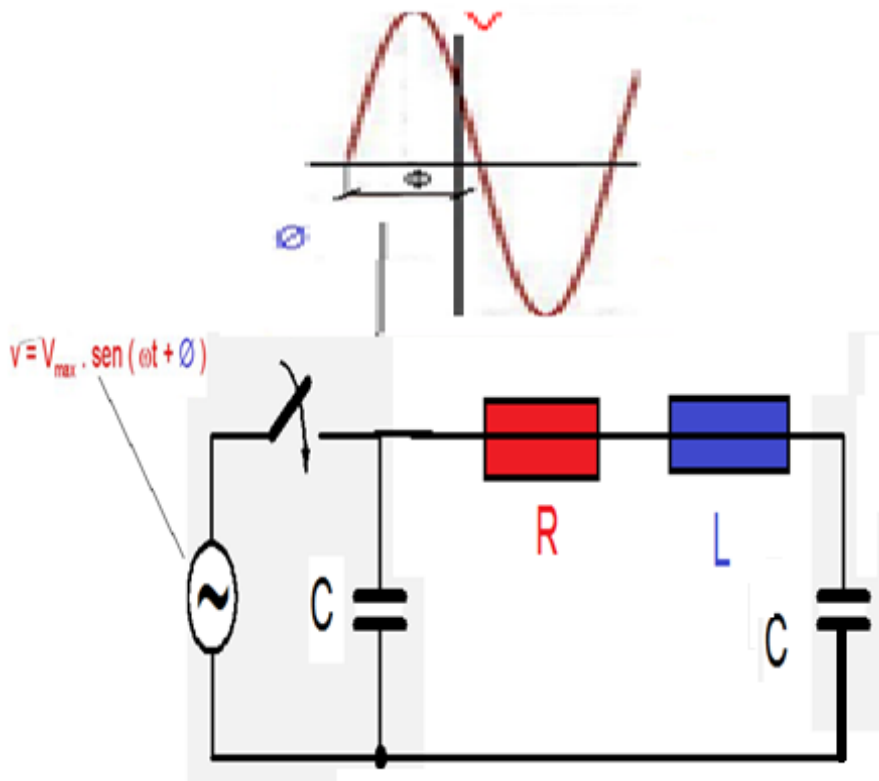
Descargadores de sobretensión : evitar sobretensiones por encima de aquellas para las cuales el equipo fue diseñado.

Capacitores en terminales de interruptores: reducir tasa de crecimiento de TTR.

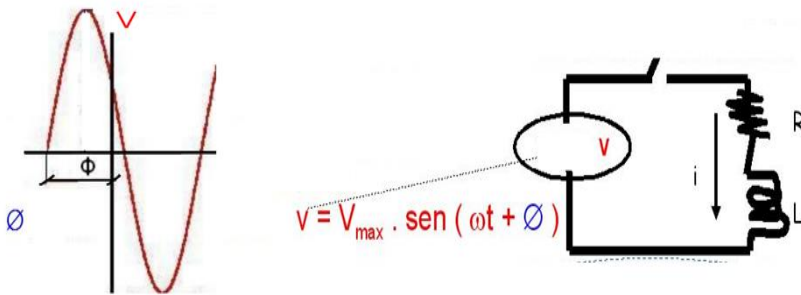
Cables descargadores y tallos de protección: evitar el impacto directo

SINCRONIZADORES: redução de sobre correntes y de sobretensões por controle de el ángulo de cierre en la tensión.

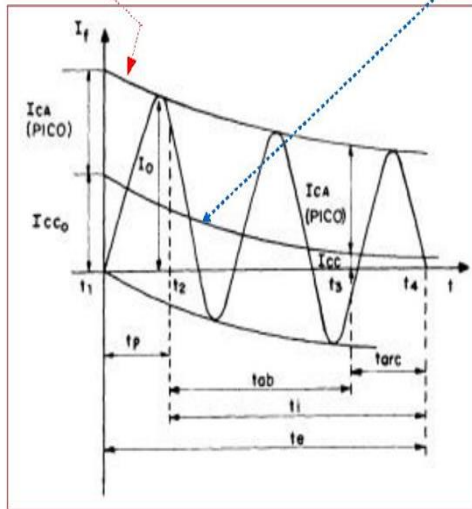
- Cierre de líneas en vacío.
- Cierre de bancos de capacitores
- Evitar corrientes de "inrush" en transformadores
- Apertura de capacitores



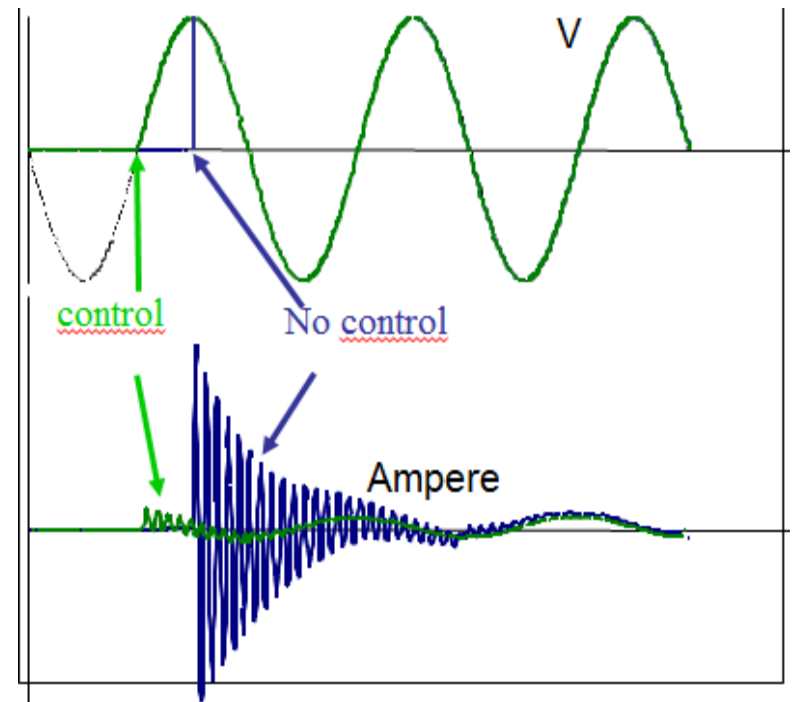
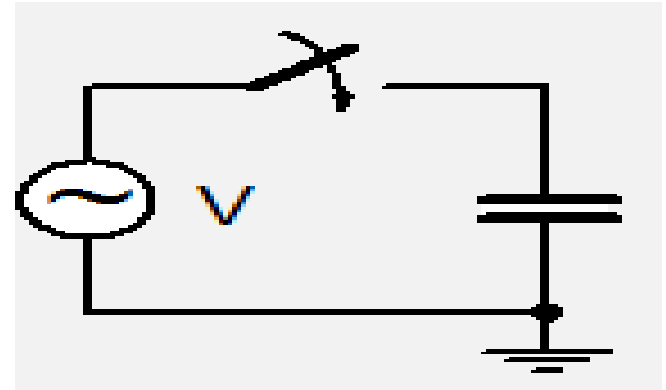
Reducción de la primera cresta de la corriente asimétrica



$$i = I_{\max} \times \text{sen}(\omega t + \phi - \alpha) - I_{\max} \times e^{-t/\sigma} \times \text{sen}(\phi - \alpha)$$

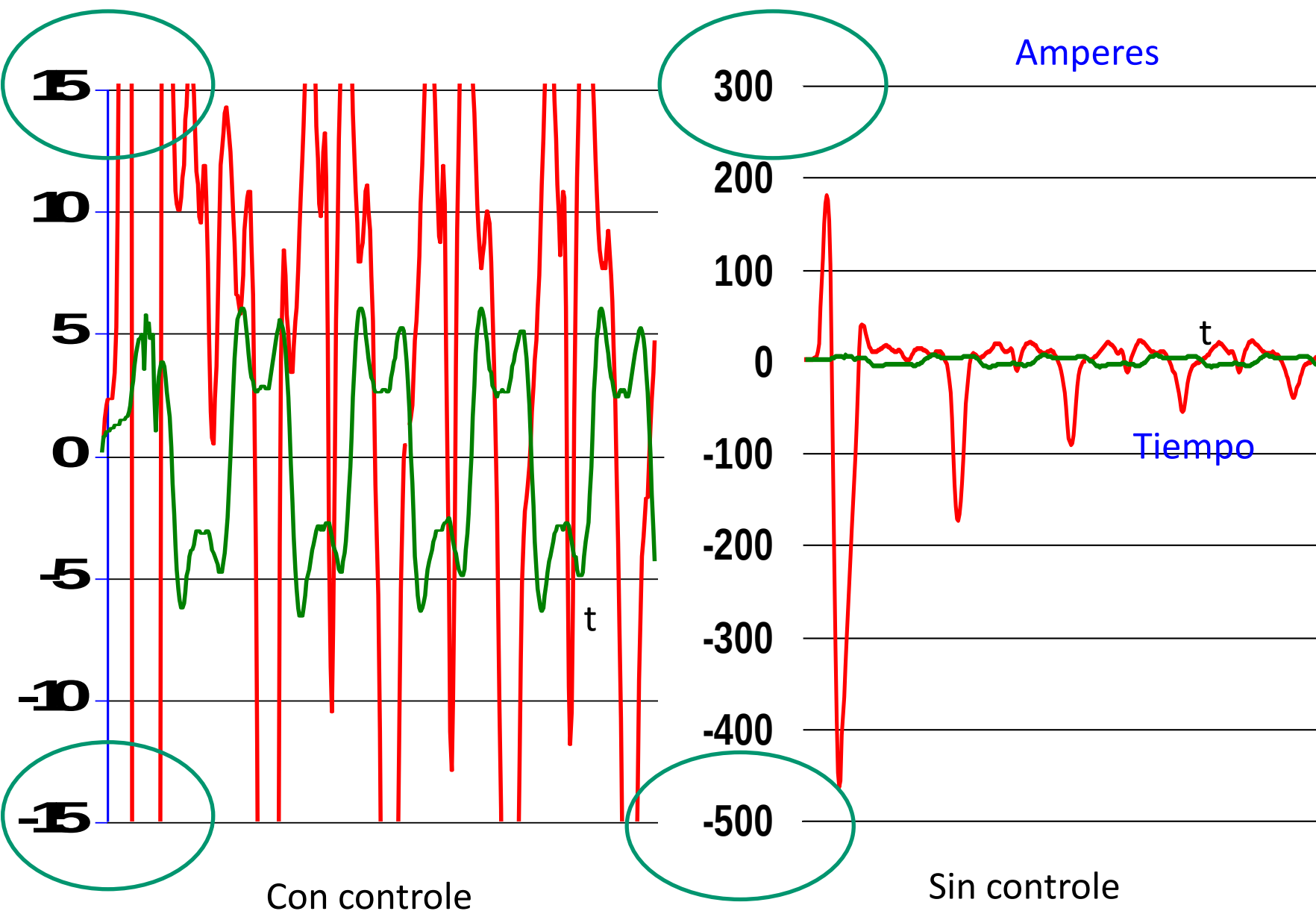


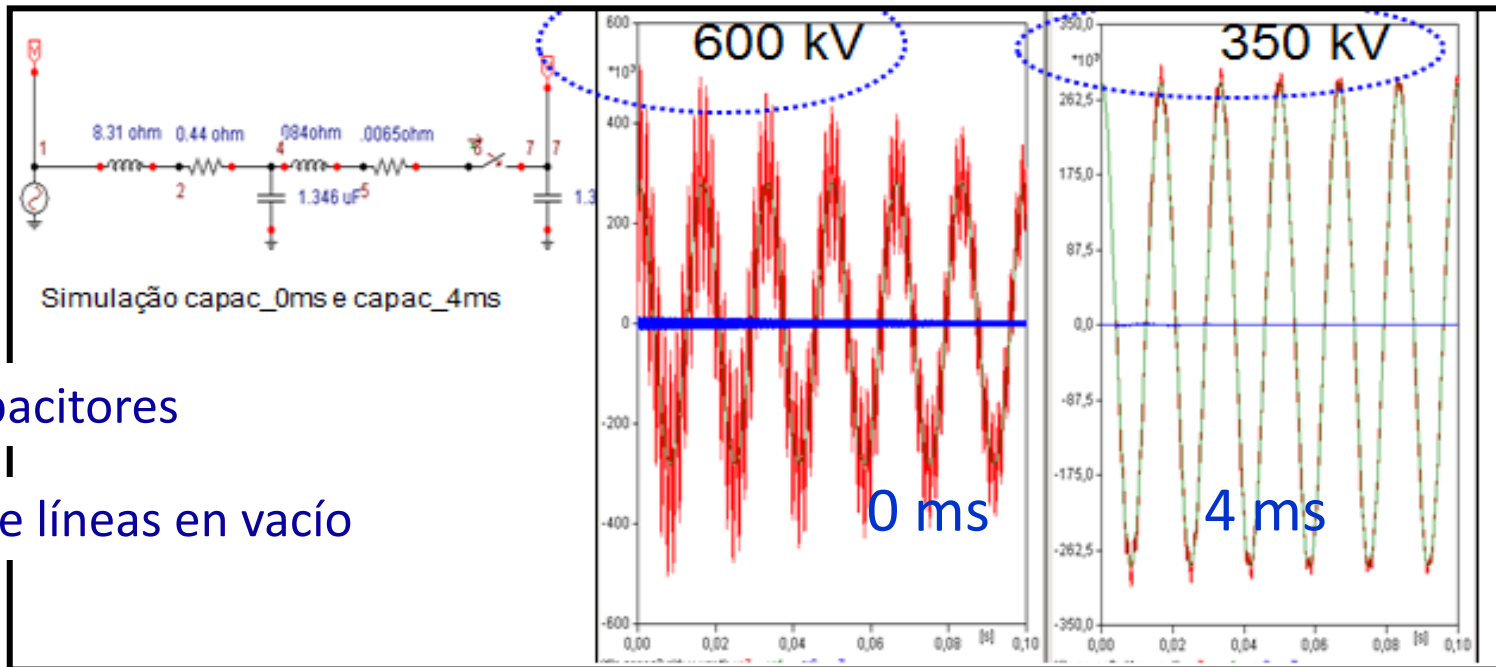
Cierre de capacitores



CORRIENTES DE INRUSH EN TRANSFORMADORES

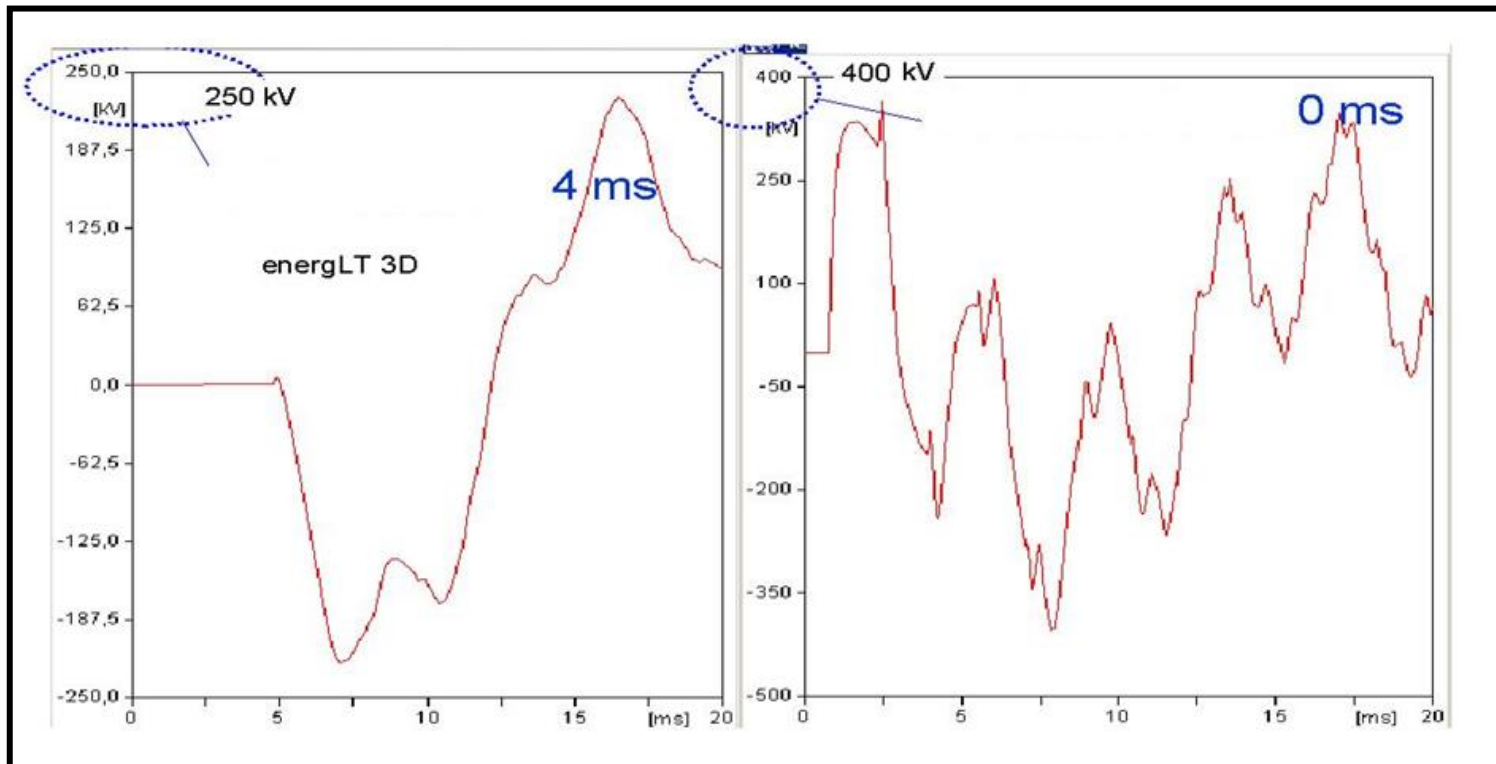
(cerrar circuito en el momento adecuado del flujo residual)





Cierre de capacitores

Cierre de de líneas en vacío



AISLAMIENTO (IEC 60071)

AUTO - RECUPERANTE:

- después de un breve periodo de tiempo, se recupera por completo sus propiedades aislantes después de una descarga disruptiva durante la prueba
- Las distancias entre las barras de distribución en fases vecinos
- Parte exterior de las columnas de aisladores

NO AUTO - RECUPERANTE:

- pierde sus propiedades aislantes, o no se recupera por completo, después de una descarga disruptiva
- Papel impregnado con aceite en transformadores

DISTANCIAS (“Creepage Distance”) (KV / mm)

Basadas en la máxima tensión de operación, la contaminación, la humedad y la densidad del aire

AISLAMIENTO (IEC 60071)

TENSIÓN SOPORTABLE

valor de la tensión de prueba que debe aplicarse en una prueba de tensión soportable, durante el cual se tolera un número especificado de descargas disruptivas. La soportabilidad a la tensión se designa como:

TENSIÓN SOPORTABLE CONVENCIONAL ,

cuando el número de descargas disruptivas tolerado es cero. Se trata de una probabilidad soportar $P_w = 100\%$;

TENSIÓN SOPORTABLE ESTADÍSTICA

cuando el número de descargas disruptivas tolerado se relaciona con una probabilidad especificada de soportar. En este estándar, la probabilidad especificada es $P_w = 90\%$. 15 impulsos ($10\% = 1,5 \gg 2$ descargas máximo)

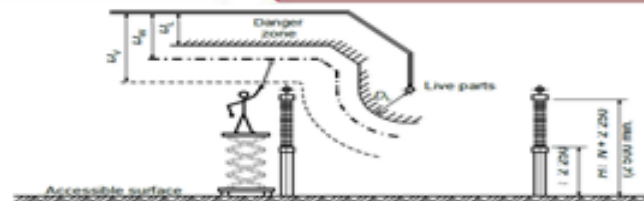
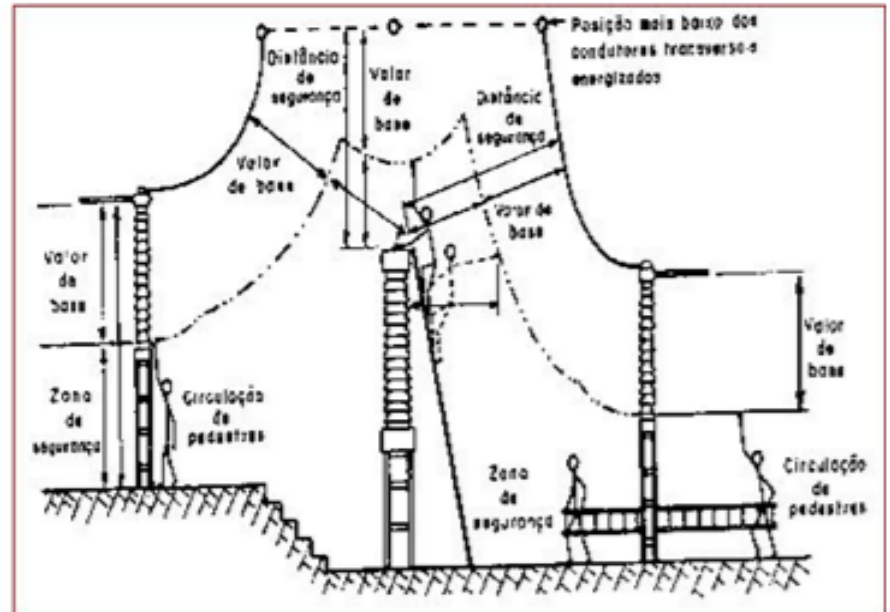
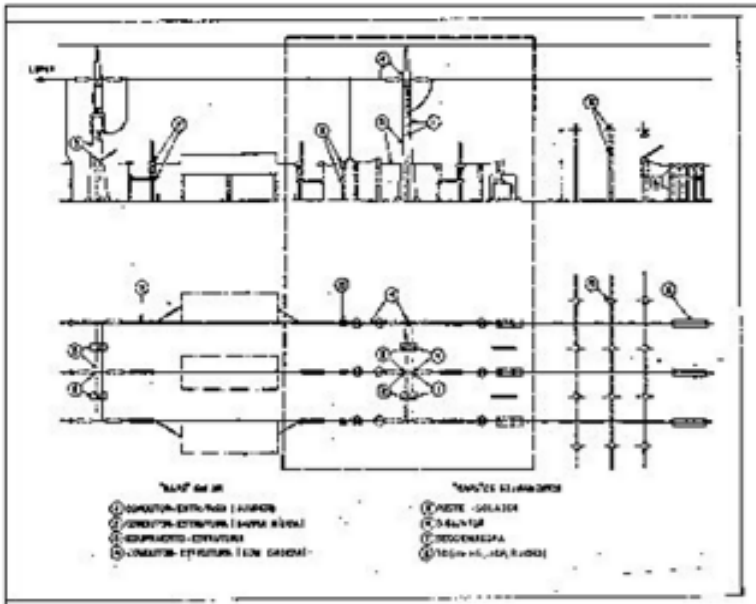
Para aislamiento no-auto-recuperante se especifica “tensión soportable convencional “ y para el aislamiento para auto-recuperante se especifica “tensión soportable estadística “

COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

- ♦ **Determinación de la magnitud y duración de sobretensiones** (simulaciones con programas del tipo ATP y similares, TNA, ...)
- ♦ **Selección de los niveles de aislamiento**
 - Para aislamiento non-auto-recuperante se especifica “tensión soportable convencional “
 - para el aislamiento para auto-recuperante se especifica “tensión soportable estadística “
- ♦ **Ensayos dieléctricos**
 - ♦ Frecuencia industrial: sobretensiones temporales
 - ♦ Impulso atmosférico: 1,2 x 50 μ s
 - ♦ Impulso de maniobra: 250 x 2500 μ s
- ♦ **Dispositivos de protección** para reducir las sobretensiones locales a un cierto nivel.

DISTANCIAS DE SEGUIRIDAD Y DISTANCIAS MINIMAS “CLEARANCES” (IEC 61936)

- Distancias dieléctricas
- Distancias en incendios y explosiones (en aceite)
- Distancias en los arcos internos



$D_s = N$
 $D_v = N + 1\,000$ for $U_s \leq 110$ kV
 $D_v = N + 2\,000$ for $U_s > 110$ kV
 D_w = according to national standards or regulations
 N = minimum clearance

DISTANCIAS MINIMAS “CLEARANCES” (IEC 61936)

- En lugares de alto nivel de seguridad utilizar valores más elevados de las tablas
- Para $1 \text{ KV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ las opciones se basan en el impulso atmosférico y en la tensión soportable de frecuencia industrial
- Para $U_m > 245 \text{ kV}$ las opciones de valores se basan en el impulso de maniobra

IEC 61936 - Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1kV en corriente alterna. Parte: 1: Reglas comunes.

Distancias mínimas en el aire ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)

Relación con sobretensiones temporales

Relación con impulsos

Voltage range	Nominal voltage of system	Highest voltage for equipment	Rated short-duration power-frequency withstand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage ^a	Minimum phase-to-earth and phase-to-phase clearance, N^c	
	U_n r.m.s.	U_m r.m.s.	r.m.s.	1,2/50 μ s (peak value)	Indoor installations	Outdoor installations
	kV	kV	kV	kV	mm	mm
I	3	3,6	10	20 40	60 60	120 120
	6	7,2	20	40 60	60 90	120 120
	10	12	28	60 75 95	90 120 160	150 150 160
	15	17,5	38	75 95	120 160	160 160
	20	24	50	95 125 145	160 220 270	
	30	36	70	145 170	270 320	
	45	52	95	250	480	
	66	72,5	140	325	630	
	110	123	185 ^b 230	450 550	900 1 100	
	132	145	185 ^b 230 275	450 ^b 550 650	900 1 100 1 300	
	150	170	230 ^b 275 325	550 ^b 650 750	1 100 1 300 1 500	
	220	245	275 ^b 325 ^b 360 395 460	650 ^b 750 ^b 850 950 1 050	1 300 1 500 1 700 1 900 2 100	

Valores en pruebas

En equipos puede ser menor

IEC 61936 - Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1kV en corriente alterna. Parte: 1: Reglas comunes.

DISTANCIAS MÍNIMAS EN EL AIRE (> 245 KV) - SÓLO UNAS LÍNEAS DE LA TABLA)

Tensión nominal	Tensión Máx.	Imp. atmosférico	Impulso maniobra	Mínima Distancia F-T		Impulso Maniobra	Mínima Distancia F-F	
U_n	U_m	1,2/50 μs	F - T 250/ 2 500 μs	Conductor - estructura	haste - estructura	F - F 250/ 2 500 μs	Condutores paralelos	haste - conductor
kV	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
330	362	950/1 050	850	1 800 1 900 b	2 400	1 275	2 600	3 100
		1 050/1 175	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600
480	525 (550) c	1 175/1 300	950	2 200 2 400 b	2 900	1 615	3 700	4 300
		1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 680	3 900	4 600
		1 425/1 550	1 175	3 100	4 100	1 763	4 200	5 000
700	765 (800) c	1 675/1 800	1 300	3 600	4 800	2 210	6 100	7 400
		1 800/1 950	1 425	4 200	5 600	2 423	7 200	9 000
		1 950/2 100	1 550	4 900	6 400	2 480	7 600	9 400

Table 2 – Minimum clearances in air – Voltage range II ($U_m > 245$ kV)

Voltage range	Nominal voltage of system	Highest voltage for equipment ^c	Rated lightning impulse withstand voltage ^a	Rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase-to-earth clearance		Rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase-to-phase clearance	
	U_n r.m.s.	U_m r.m.s.	1,2/50 μ s (peak value)	Phase-to-earth 250/ 2 500 μ s (peak value)	Conductor – structure	Rod – structure N	Phase-to-phase 250/ 2 500 μ s (peak value)	Conductor – conductor parallel	Rod – conductor
	kV	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
II	275	300	850/950	750	1 600 1 700 ^b	1 900	1 125	2 300	2 600
			950/1 050	850	1 800 1 900 ^b	2 400	1 275	2 600	3 100
	330	362	950/1 050	850	1 800 1 900 ^b	2 400	1 275	2 600	3 100
			1 050/1 175	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600
	380	420	1 050/1 175	850	1 900 2 200 ^b	2 400	1 360	2 900	3 400
			1 175/1 300	950	2 200 2 400 ^b	2 900	1 425	3 100	3 600
			1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 575	3 600	4 200
	480	525 (550) ^c	1 175/1 300	950	2 200 2 400 ^b	2 900	1 615	3 700	4 300
			1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 680	3 900	4 600
			1 425/1 550	1 175	3 100	4 100	1 763	4 200	5 000
	700	765 (800) ^c	1 675/1 800	1 300	3 600	4 800	2 210	6 100	7 400
			1 800/1 950	1 425	4 200	5 600	2 423	7 200	9 000
			1 950/2 100	1 550	4 900	6 400	2 480	7 600	9 400

Factores de corrección en la tabla (aislamiento)

Max. Altitude (m)	Factores de corrección
1 000	1,00
1 500	1,06
2 000	1,13
2 500	1,20
3 000	1,28

Factores de corrección en la tabla (elevación de temperatura)

Max. Altitude (m)	Factores de corrección para corriente nominal	Factores de corrección para elevación de temperatura
1 000	1,00	1,00
1 500	0.99	0.98
3 000	0.96	0.92

FINAL DEL MÓDULO 2

Presentado por Sergio Feitoza Costa

www.cognitor.com.br

Ley ecuación de Paschen

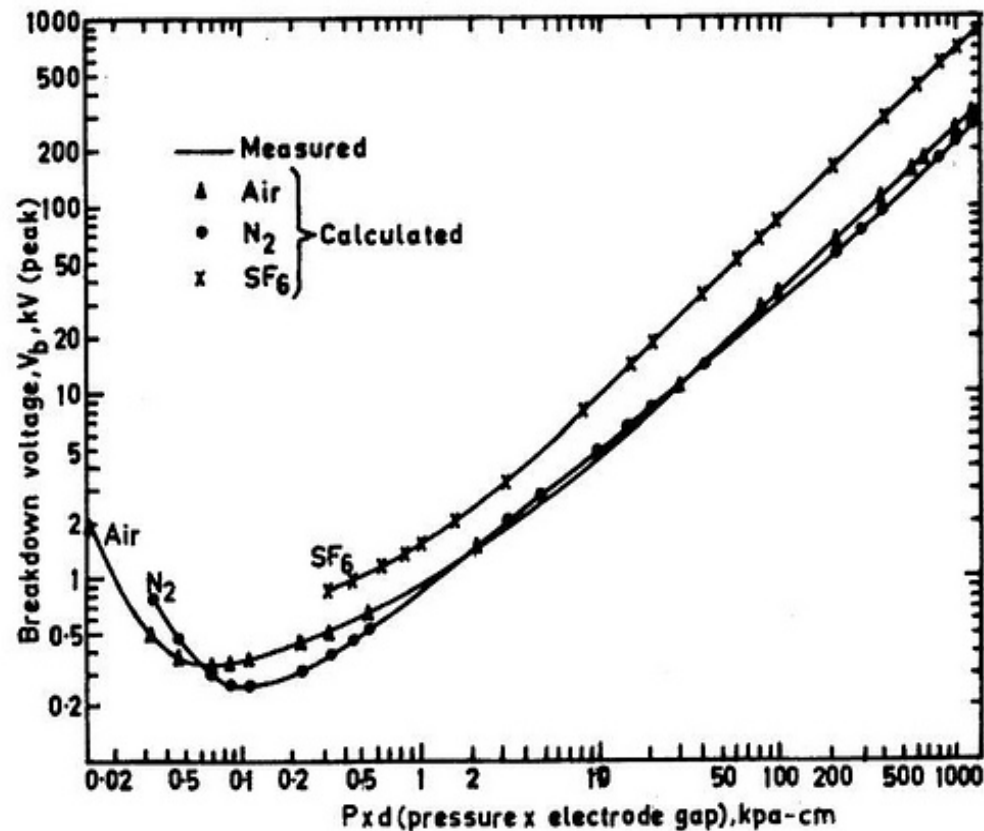
Voltaje de ruptura para iniciar una descarga o arco eléctrico, entre dos electrodos en un gas X la presión y la longitud del hueco

V = voltaje de ruptura
Volts,
 P = presión Atm o Bar,
 d = distancia en metros.

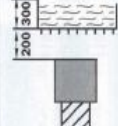
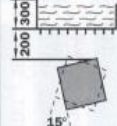
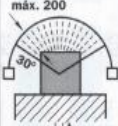
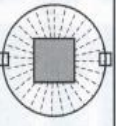
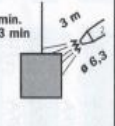
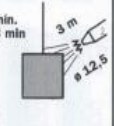
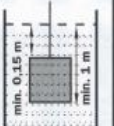
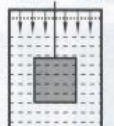
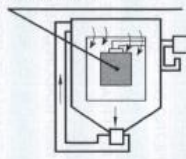
A & B dependerá de la composición del gas.

Para el aire a la presión atmosférica estándar de 101 kPa,
 $A = 4.36 \times 10^7 \text{ V} / (\text{atm} \cdot \text{m})$
 $B = 12.8$

$$V = \frac{apd}{\ln(pd) + b}$$



Código IP - Proteção del ingreso

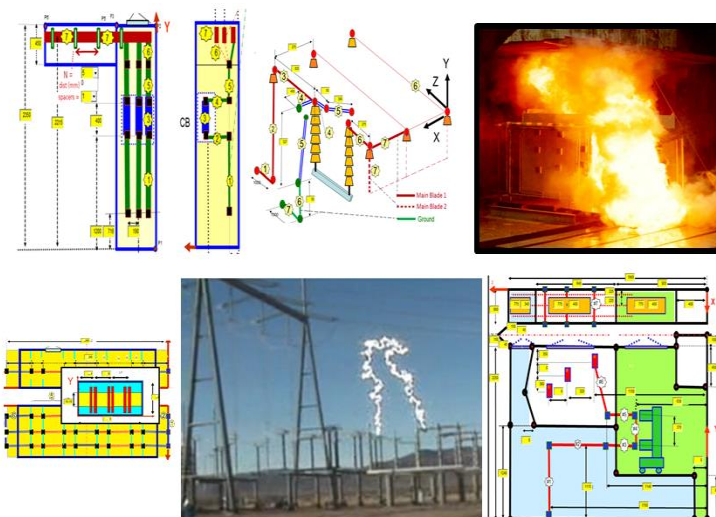
1º NUMERAL CARACTERÍSTICO		2º NUMERAL CARACTERÍSTICO								
		Grau de proteção contra o ingresso prejudicial de água								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Grau de proteção contra pessoas e objetos sólidos.		Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d' água	Protegido contra quedas verticais de gotas d' água para uma inclinação máxima de 15 graus.	Protegido contra água aspergida de um ângulo de ± 69 graus.	Protegido contra projeções d' água	Protegido contra jatos d' água	Protegido contra ondas do mar ou jatos potentes	Protegido contra imersão	Protegido contra submersão
				 máx. 200 30° 10 l/mim 80 kN/m²	 10 l/mim 80 kN/m²	 min. 3 min 3 m $\theta 6,3$ 12,5 l/mim 30 kN/m²	 min. 3 min 3 m $\theta 12,5$ 100 l/min 100 kN/m²	 min. 0,15 m min. 1 m		
Não protegido	0	IP 00	IP 01	IP 02						
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 50mm.	1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13					
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 12mm.	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 2,5mm.	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 1mm.	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
Protegido contra poeira. Depressão: 200 mm de coluna d' água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro.	5				IP 53	IP 54	IP 55	IP 56		
										
Totalmente protegido contra poeira. Mesmo procedimento de teste.	6						IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

Grau de proteção

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

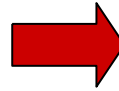
(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)



MODULO 3:
CORTOS CIRCUITOS,
AMPACIDADES,
SOBRECARGA
Y CONTACTOS ELÉCTRICOS

Efecto de las corrientes y voltajes

Menor o igual a los valores permanentes nominales



Envejecimiento "normal"
(Como 20 o 30 años)

Sobre corrientes de larga duración
(como 1,5 EN x 120 segundos)



Elevación Temperatura moderada
+ Envejecimiento (fácil estimar)

Temperaturas altas como 180 ° C
para cobre recocido, empenños,



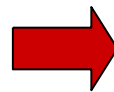
Sobre corrientes de corta duración
(como 20,0 IN x 1s)



Efectos electrodinámicos: fuerzas (toneladas) y esfuerzos mecánicos en aisladores y barras

Sobretensiones

- larga duración
- corta duración (micro- segundos)



Daño inmediato o envejecimiento del aislamiento.

Cómo estimar el envejecimiento?

$$I^2 t \sim V^2 t \quad ?$$

ELEVACIÓN DE TEMPERATURA / CALENTAMIENTO

- Conceptos de soportabilidad de materiales para las temperaturas y reducción de vida útil.
- Ventilación y resistencias de contacto en apartamentas, celdas, fusibles, transformadores y otros
- Prueba de calentamiento.

FUERZAS Y TENSIONES ELECTRODINÁMICAS EN EL CORTO CIRCUITO.

- Efectos magnéticos y electrodinámicos de las corrientes de corto-circuito.
- Calculo de las fuerzas y de las tensiones mecánicas.
- Valores limites en conductores y aisladores.
- Pruebas de corrientes soportables de corta duración y de crista.

PROCESOS DE INTERUPCION Y ARCOS DE POTENCIA

- Tecnologías: aceite, aire comprimido, SF6, vacío
- Efectos de los arcos en las personas e instalaciones
- Explosiones e incendios en transformadores de potencia

BREVE EXPLICACIÓN SOBRE EL SOFTWARE

PARA DEMOSTRAR LOS CONCEPTOS DE CÁLCULO Y DISEÑO

DETALLES COMPLETOS SE PRESENTAN
EN EL MÓDULO 7.

- Pantalla de datos de entrada y la geometría
- Pantalla para la presentación de los resultados

Proyecto
seleccionado

Tipo de prueba

Haga clic para ver la
geometría del tipo de
proyecto
(tipo de equipo)

Información del
proyecto
seleccionado
(línea azul en el
lado izquierdo)

DATOS DE
ENTRADA
clic para
cambiar
Haga clic en
Resultados
para hacer
los cálculos y
ver los
resultados

Haga clic en
el botón
Nuevo para
crear un
nuevo
proyecto
igual a la que
se selecciona
(sólo el
nombre es
diferente)

The screenshot shows the main interface of the COGNITOR Switchgear Design_307 software. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Includes tabs for 'Input data', 'see3DVol', and 'Results'. The 'GEOMETRIA' tab is active, and there is a 'Guarde Pantalla' button.
- Left Panel:** A list of projects is shown, including 'LVSW1_M_R67752', 'LVSW1_03_rename', 'LVSW1_04_rename', 'LVSW1_05_rename', and 'LVSW1_07_50x10ValidTET'. A 'NUEVO' button is at the bottom.
- Central Area:**
 - A button labeled 'Clic RESULTADOS p/ calcular' is circled in white.
 - A button labeled 'Clic para ver la GEOMETRIA' is circled in red.
 - A section titled 'Seleccione TIPO DE PRUEBA' has two options: 'Fuerzas Electrod.' (selected) and 'Calentamiento'.
 - A section titled 'Seleccione TIPO DE PRUEBA' has a button 'Insertar BARRAS, AISLADORES, CORRIENTES, VOLTAGE, MATERIALES' circled in white.
 - A section titled 'Seleccionar PROYECTO' has a button 'Clic 2 veces la linea' circled in white.
 - A section titled 'Crear NUEVO proyecto' has a button 'NUEVO' circled in white.
 - A section titled 'Seleccionar TIPO DE EQUIPO' has a button 'Seleccionar TIPO DE EQUIPO' circled in white.
- Right Panel:** Contains various input parameters for the simulation, including:
 - Material conductores: Copper (selected).
 - Revestimiento barras: Desnudo (selected).
 - Material caja: SteelLowC_1010.
 - Factor asimetría - cresta: 2.2.
 - Frecuencia (Hz): 60.
 - Corriente simétrica (kAef) y duración (s): 65, 1.
 - Tensión nominal (V): 690.
 - Fluido: Air.
 - Ventilación?: Si (selected).
 - Velocidad fluido (m/s): 0.7.
 - Area Ventilación (cm²): 420.
 - WATTS adicionales (resistencias, etc.): 783.
 - Altitude < 1000 m.

Tipo de equipo que se desea simular (LVSW 1 & 2 = aparamenta de baja tensión, MVSW1 - Media Tensión - Duct_1 = Embarrado SWITCH - aislador)

El número asignado a cada conductor (# 1 a # 7) para ver los resultados

Geometría y dimensiones (mm)

Conductores # 1 al 7 formado por 3 barras por fase 150x10 mm

La corriente aplicada en el ensayo de aumento de la temperatura (A)

Conductor en posición horizontal o vertical

Material: cobre, aluminio

Recubrimiento del conductor desnudo,, pintado

Resistencia de los contactos ($\mu\Omega$) Conductores #2,4 e 6

Tensión nominal (V)
Material de la caja
Fluido (aire, SF6, aceite ...) frecuencia
Corriente de cortocircuito (kA), la duración (s) y el factor de cresta

Área de aberturas de ventilación (IEC 60890)

Input data see3DVoll Results

GEOMETRIA Guardar Pantalla

www.cognitor.com.br Switchgear Design_307

X= 822 Y= 0

Dimensions mm

conductor

joint

N = 5

dist (mm) 985

spacers = 1

152 = 250

350

810

280 X 600

6895

175

7 6 4 2 1

5 3

Y

X

Y

X

N x B x H IN (A)

1-7 3 150 10 4000

Material conductores

1-7 Copper

Recubrimiento barras

Desnudo

Pintado

Material caja

Aluminum

Placa (mm)

3

Factor asimetría - cresta

2,5

Frecuencia (Hz)

60

Corriente simétrica (kAef) y duración (s)

50 1

Tensión nominal (V)

480

Fluido

Air

Ventilación?

Si

No

Velocidad fluido (m/s)

0

Área Ventilación (cm²)

100

WATTS adicionales (resistencias, etc ...)

0

Altitude < 1000 m

El número asignado a cada conductor (# 1 a # 7) para ver los resultados

Geometría y dimensiones (mm)

La línea superior: conductores de # 1 hasta # 6, en este ejemplo 2 x 127 x 10 mm por fase
La segunda línea : conductores # 7, en este ejemplo 2 x 127 x 10 mm por fase

Número de subdivisiones en el conductor #7 y la distancia entre apoyos

Conductor en posición horizontal o vertical

Recubrimiento del conductor desnudo,, pintado

La corriente aplicada en el ensayo de calentamiento (A)

Material: cobre, aluminio

Resistencia de los contactos ($\mu\Omega$)
Conductores #2, 3 y 4

Tensión nominal (V)
Material de la caja
Fluido (aire, SF6, aceite ...)
frecuencia
Corriente de cortocircuito (kA), la duración (s) y el factor de cresta

Área de aberturas de ventilación (IEC 60890)

The screenshot displays the COGNITOR LVSW90 software interface. On the left, a 3D model of a switchgear is shown with various components labeled with numbers 1 through 7. Dimensions and coordinates are visible. On the right, a configuration panel is shown with the following settings:

#	N	x	B	x	H	IN (A)
1-6	2		127	9.52	3200	3200
7	2		127	9.52	3200	3200

Material conductores: 1-6 Copper, 7 Copper

Revestimiento: Desnudo, Pintado

Material caja: SteelLowC_1010, Placa (mm): 2.65

Factor asimetría - cresta: 2.2, Frecuencia (Hz): 60

Corriente simétrica (kAef) y duración (s): 65, 1

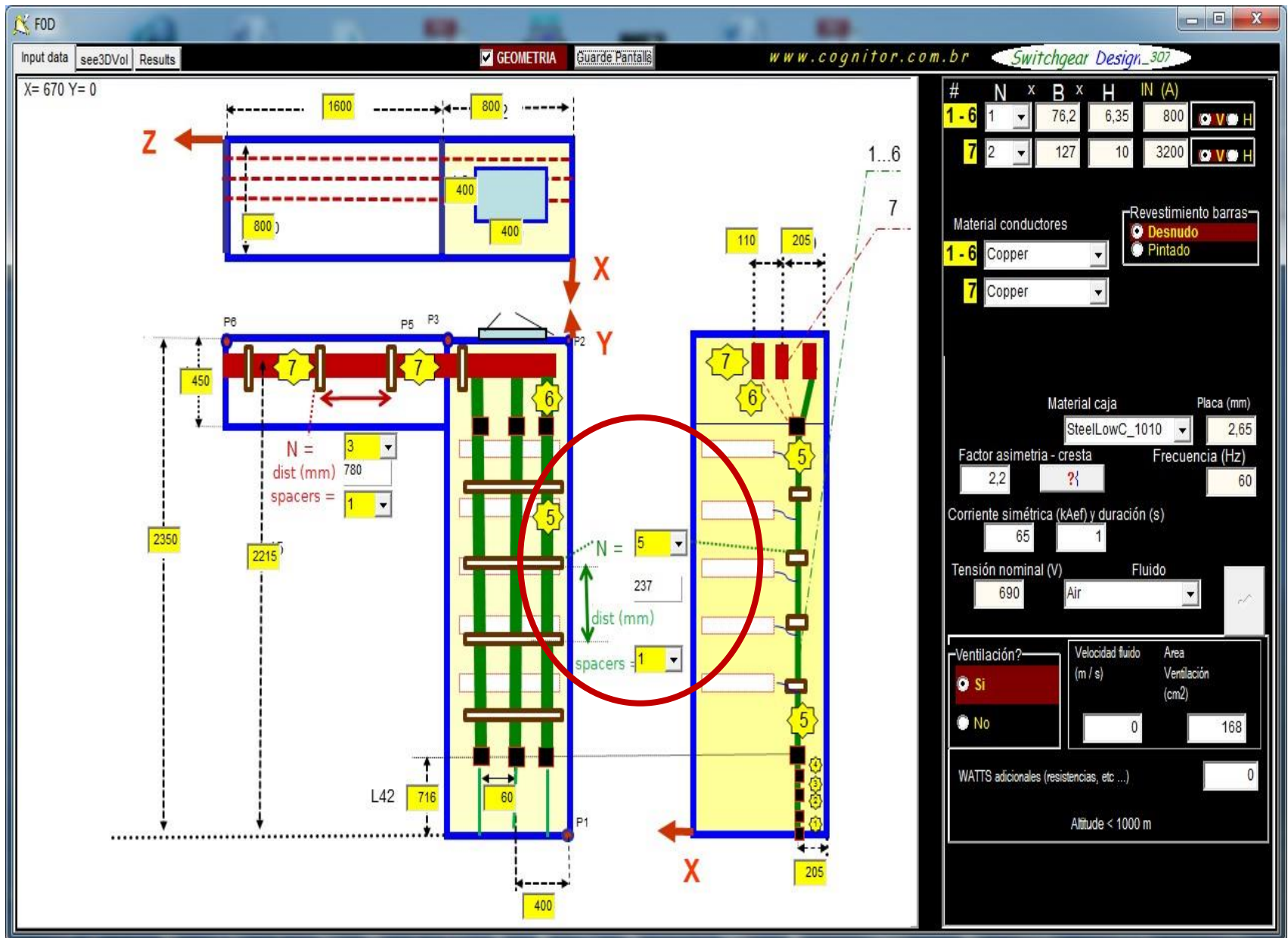
Tensión nominal (V): 690, Fluido: Air

Ventilación?: Si

Velocidad flujo (m/s): 0.7, Ventilación (cm2): 420

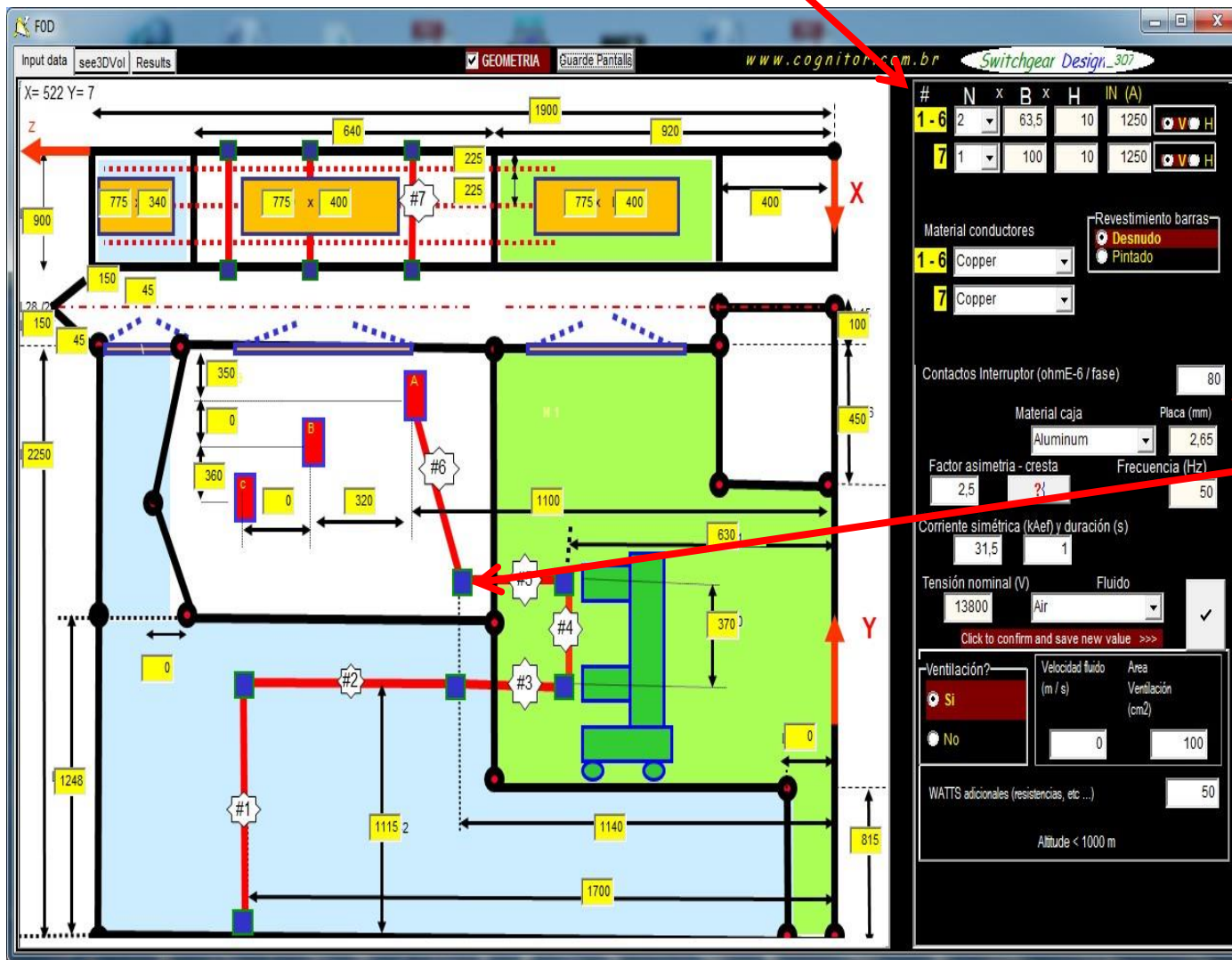
WATTS adicionales (resistencias, etc.): 783

Altitude < 1000 m



La línea superior: conductores de # 1 hasta # 6,
en este ejemplo 2 x 63,5 x 10 mm por fase

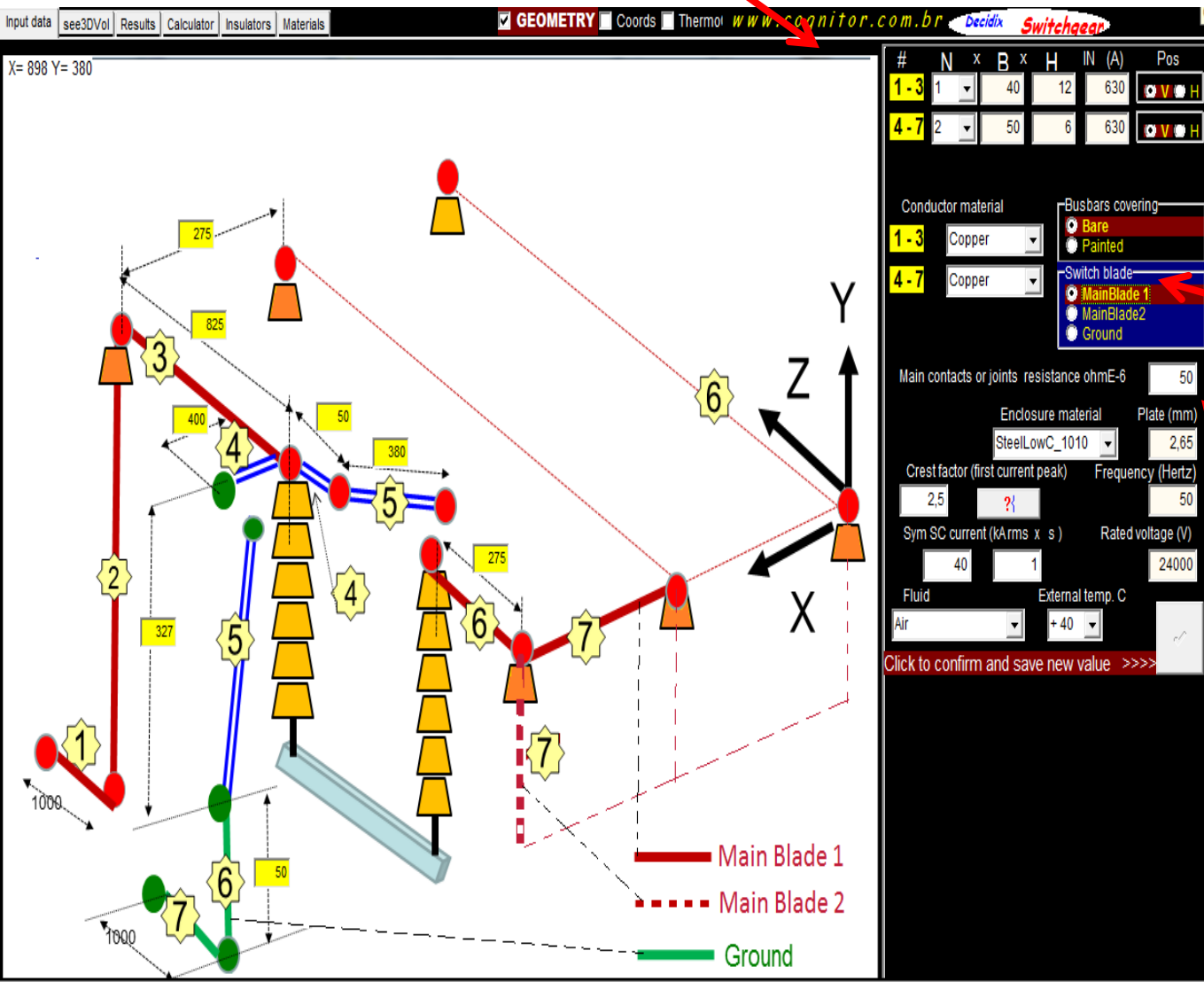
La segunda línea : conductores # 7, en este ejemplo 1x 100 x 10 mm



Resistencia
por fase del
interruptor
representado
pelos
conductores
4,5 y 6
($\mu\Omega$)

La línea superior: conductores de # 1 hasta # 3,
en este ejemplo 1 x 40 x 12 mm por fase

La segunda línea : conductores #4 hasta # 7, en este ejemplo 2x 50x 6 mm



Seleccione la
lamina que se
calculará y el tipo
de arreglo para la
lamina principal

Resistencia de los
contactos ($\mu\Omega$)

Conductor #5

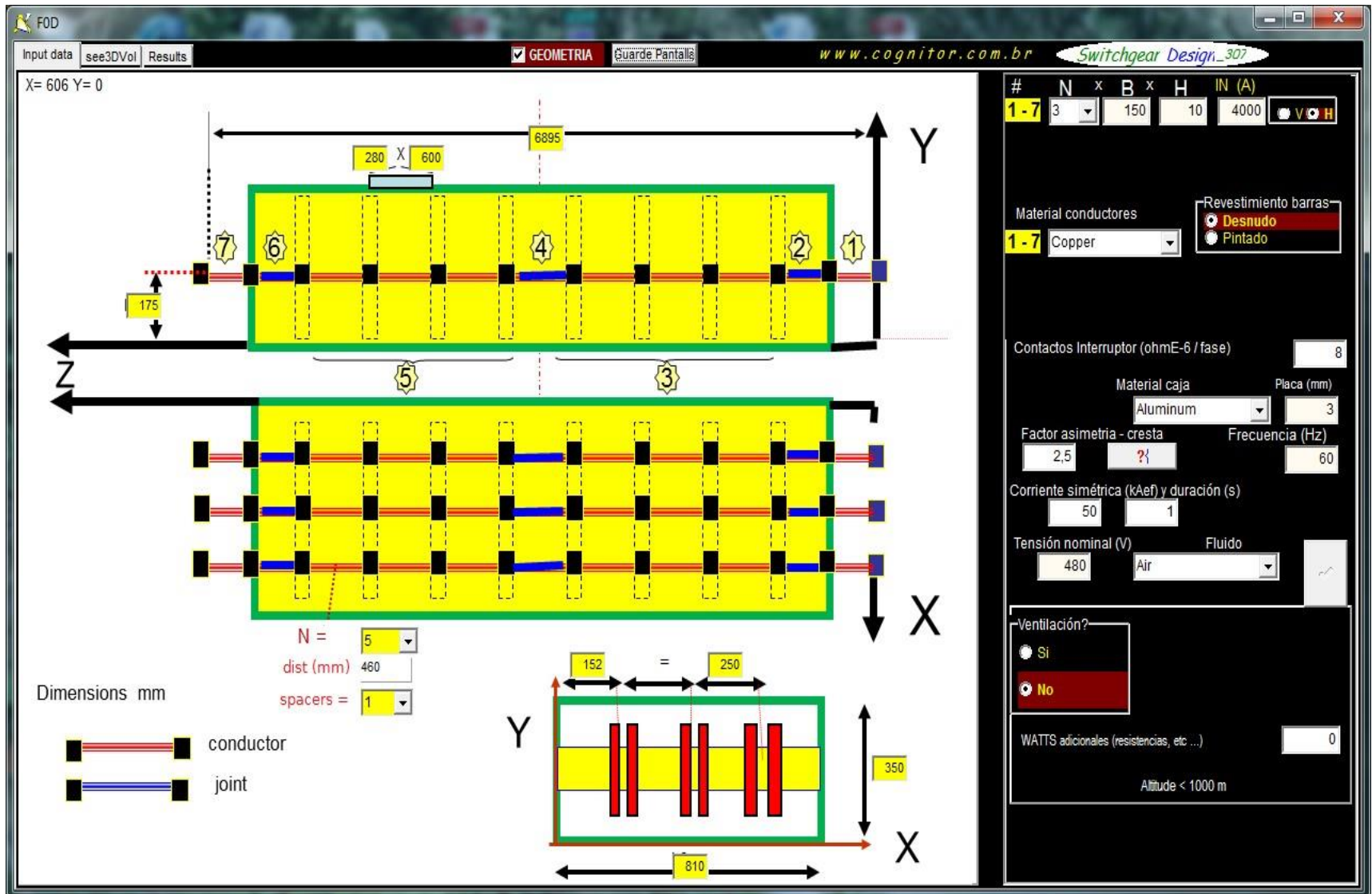
RESULTADOS

CALENTAMIENTO

Ducto de barras

caso validado

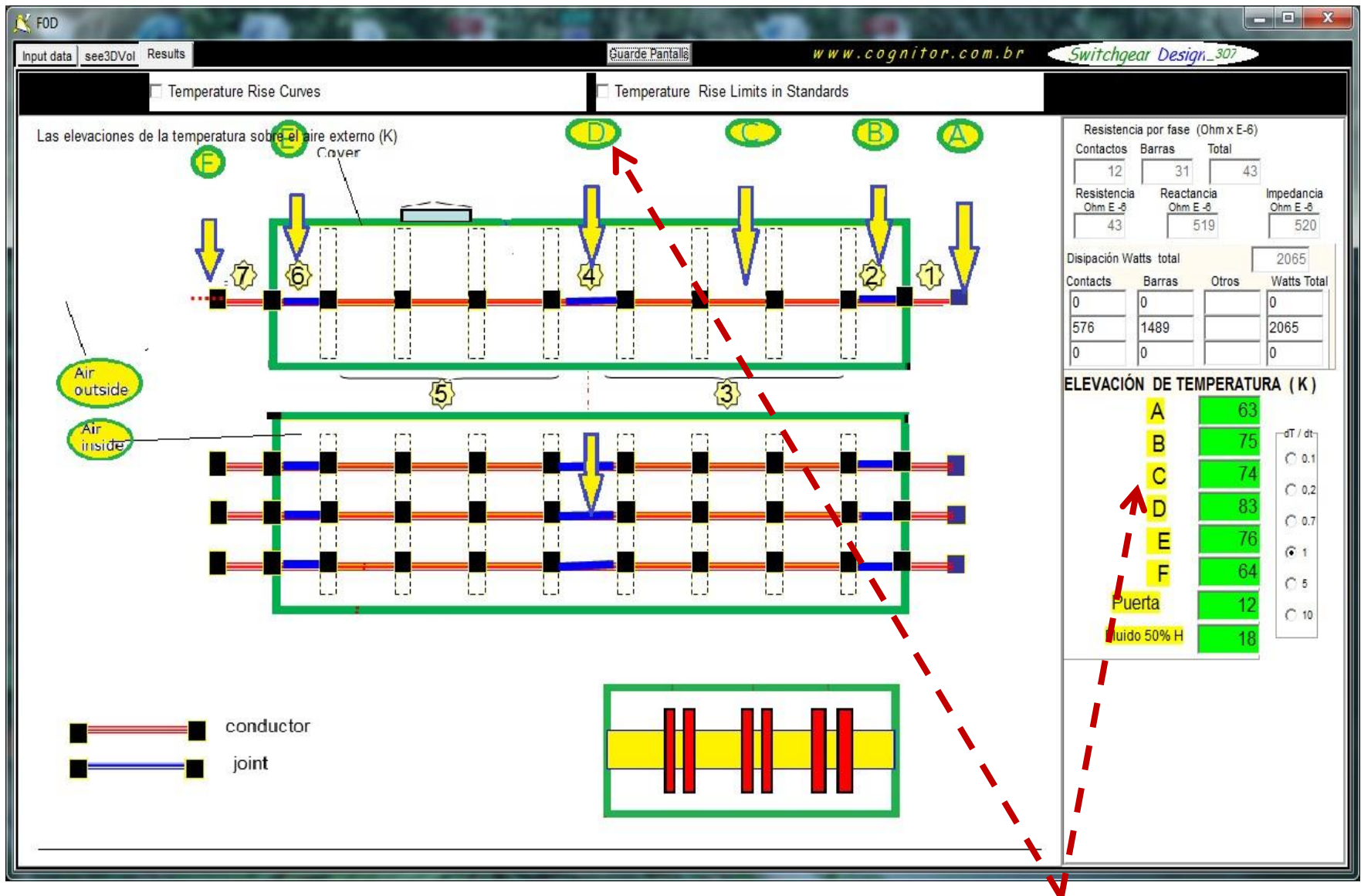
BusWay_3x150x10_CU_R_67131)



Ducto de barras

caso validado

BusWay_3x150x10_CU_R_67131)



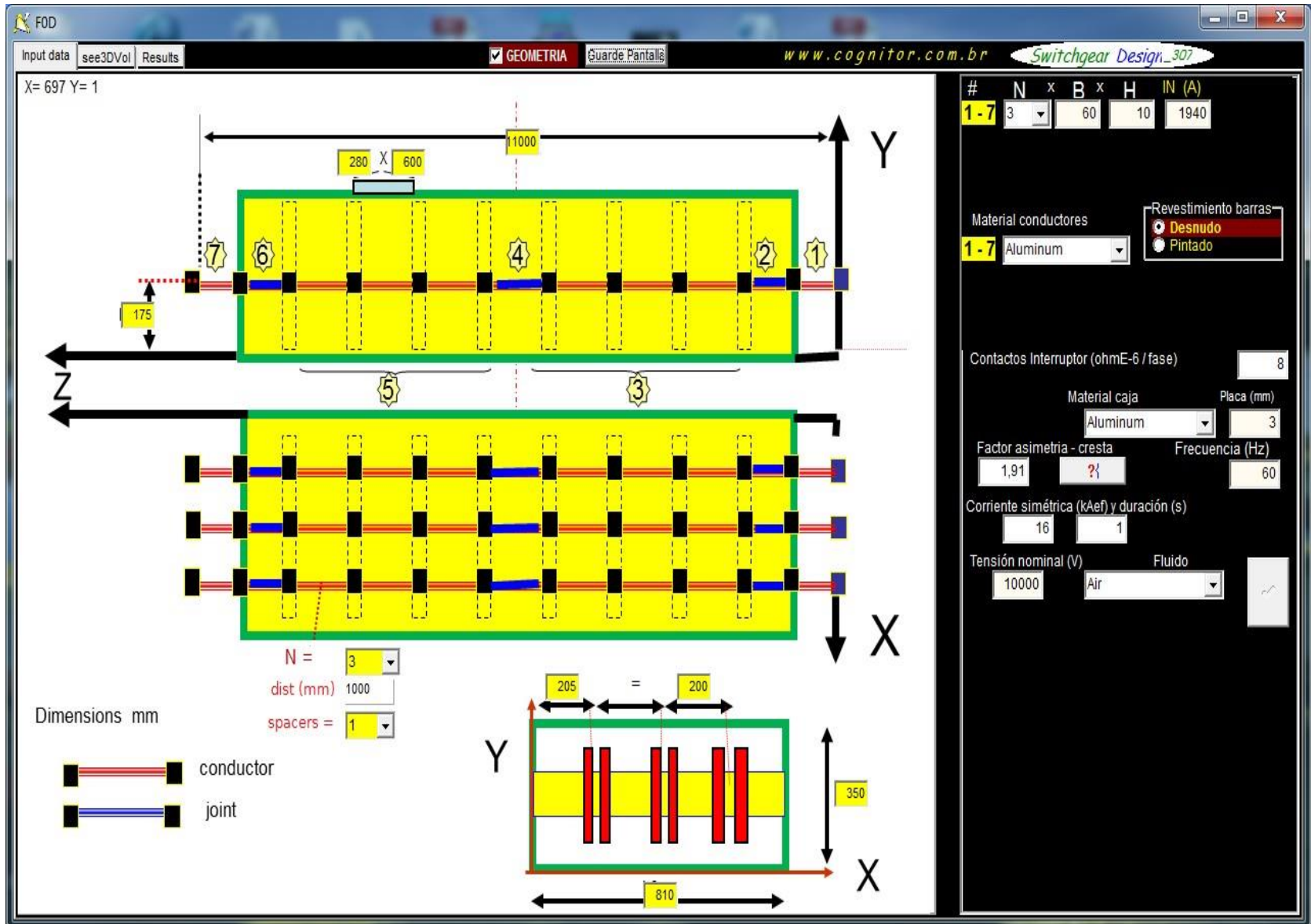
El aumento de temperatura (K) por encima de la temperatura del aire externo en diferentes puntos

RESULTADOS - CORRIENTES DE CORTA DURACION – ESFUERZOS ELECTRODINAMICOS

Ducto de barras

caso validado

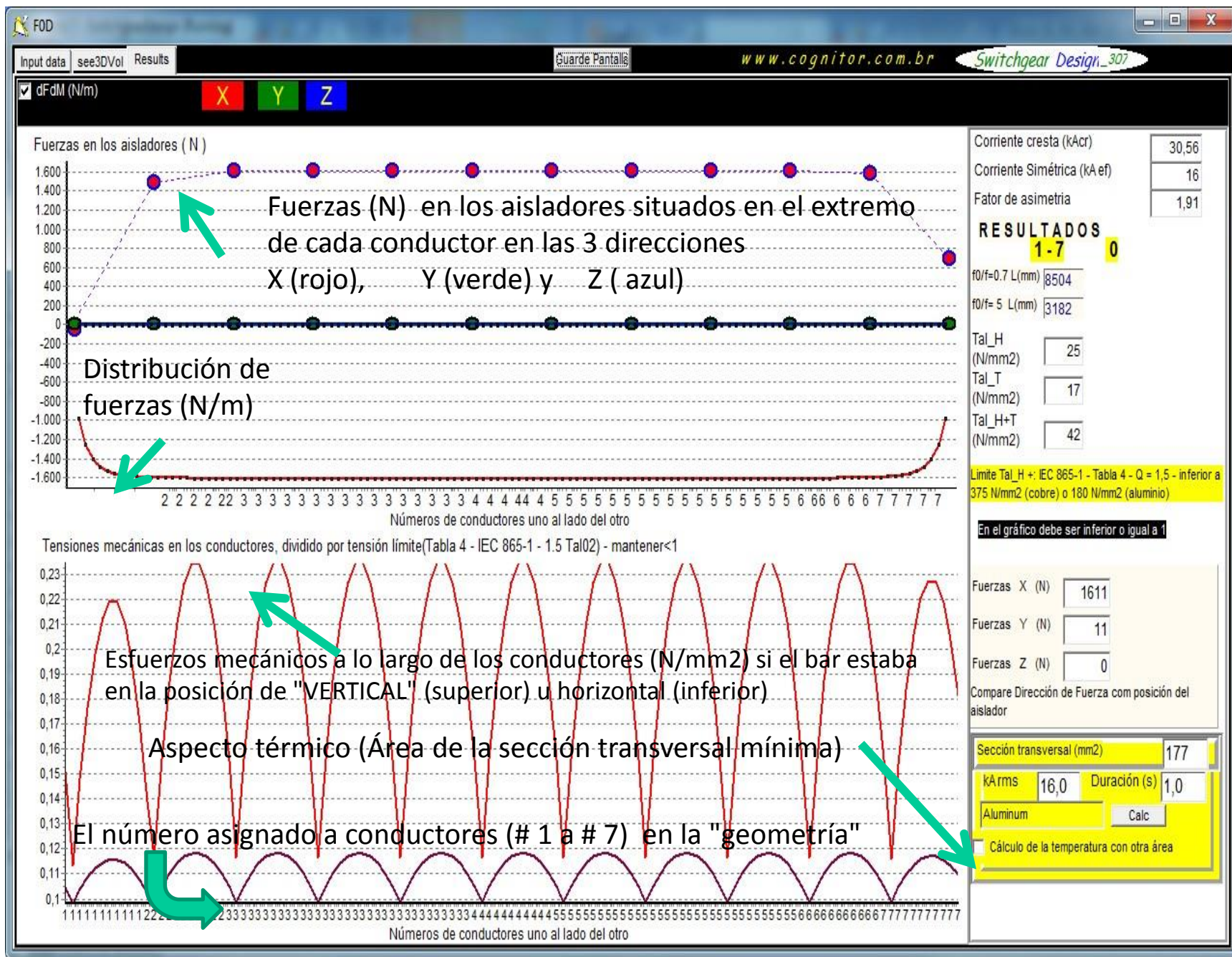
BusWay_3x60x10_Al_IEC865_2



Ducto de barras

caso validado

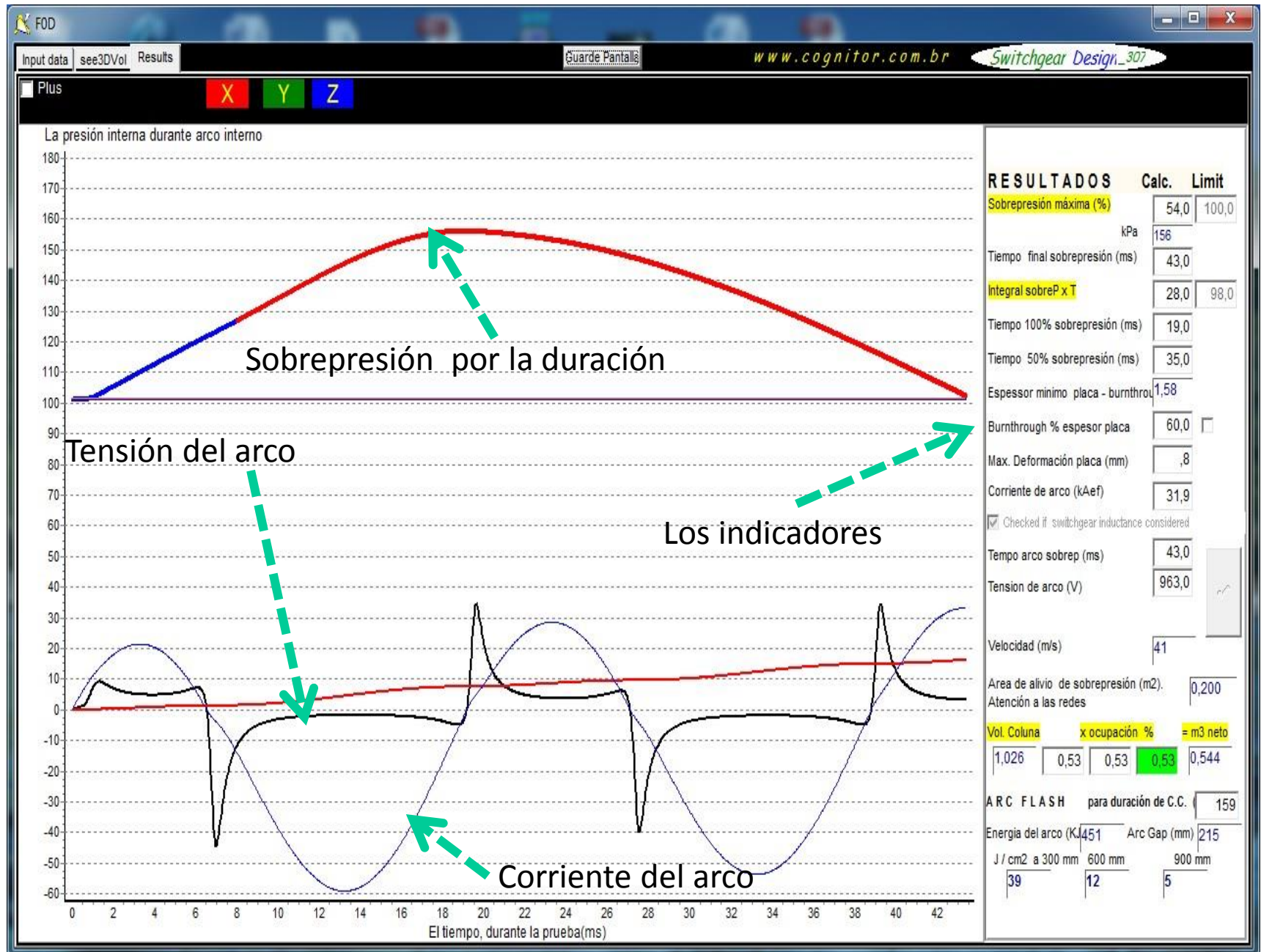
BusWay_3x60x10_Al_IEC865_2

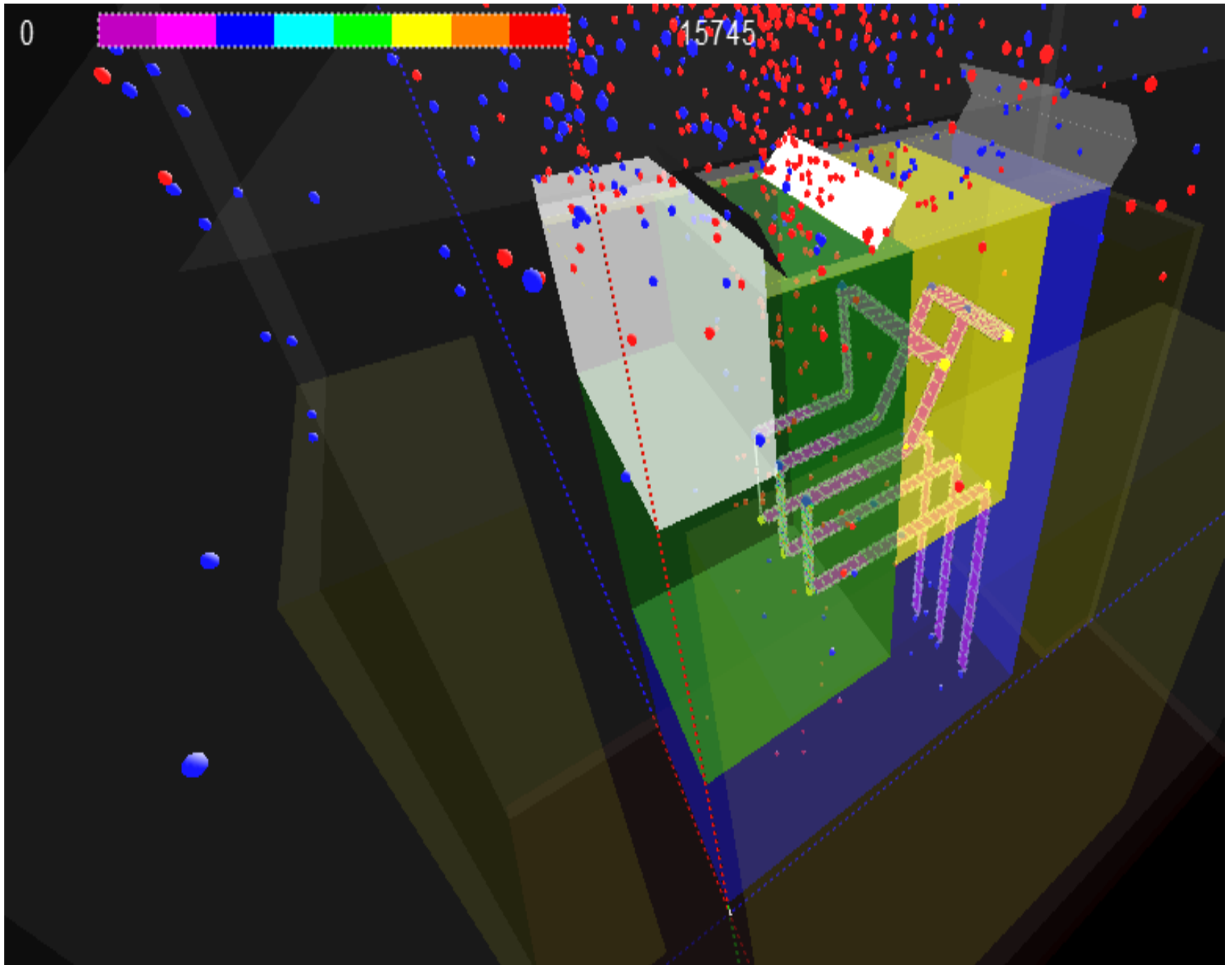


Tableros de media tensión

caso validado

MP1_CB31IArc_valid_ROZV050U

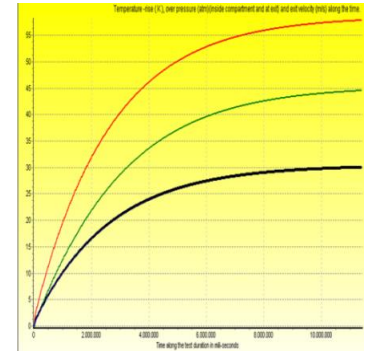




● Elevaciones de temperatura, procesos, evaluación y cálculos.

- Compatibilidad de los materiales, sobrecarga, el envejecimiento y la pérdida de la vida.
- Simulaciones de pruebas de la elevación de temperatura.

- Montaje del equipo como en el uso normal
 - Sitio sin corrientes de aire
 - Aplique la corriente nominal permanente
 - Espere a que la estabilización de temperaturas (horas)
 - Medir la elevación de temperatura de los puntos relevantes que se especifica en la norma (por encima de la temperatura del aire externo)
 - Compare los valores medidos con los límites establecidos en la norma
 - Conociendo el aumento durante la prueba podemos saber cuál sería la temperatura si la temperatura del aire exterior era, por ejemplo, 40 ° C.
- Dado que la norma no especifica bien el que debe ser identificado, la mayoría de los informes de pruebas emitidos por laboratorios son pobres desde el punto de vista de las fotos y dibujos no permiten una comparación fiable entre el equipo que fue probada y el equipo que se comercializa.



DOCUMENTOS SOBRE EL TEMA ESCRITOS POR SERGIO

VALIDATION OF TEST REPORTS ISSUED BY RECOGNIZED TESTING LABORATORIES

http://www.cognitor.com.br/ValidatingReports_Eng.pdf

A "GUIDE" FOR THE USE OF CALCULATIONS AND SIMULATION OF LABORATORY TESTS FOR INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE ELECTRIC INDUSTRY

http://www.cognitor.com.br/Article_Competitivity_Eng_04102011.pdf

VALIDATION OF SIMULATIONS OF ELECTRODYNAMICAL FORCES, TEMPERATURE-RISE AND INTERNAL ARC TESTS IN SWITCHGEAR (and main parts of a code to do them)

http://www.cognitor.com.br/Validation_Simulations_English.pdf

CIGRE Technical Seminar "Modeling and Testing of T&D Switchgear" March 24, 2010 Brisbane – Australia

SWITCHGEAR , BUSBAR SYSTEMS and ITS BUILT-IN COMPONENTS: SOMETHING IS MISSING IN IEC and IEEE STANDARDS

Published in Energy Pulse weekly, September, 28 , 2010

http://www.cognitor.com.br/Switchgear_Busbar_Standards_Review_English.pdf

http://www.energypulse.net/centers/article/article_display.cfm?a_id=2338

LÍMITES DE LA SUBIDA DE LA TEMPERATURA

Evite a aceptar los informes de ensayo que no informan si el equipo pasó o no pasó la prueba. Puede ser difícil saber se fue aprobado

Parte	Material do contatco y medio dende sera utilizado	Elevación de temperatura máx. (K) amb 20°C	Temperatura máx. (°C) ambiente 40°C	Comentarios
CONTACTO DE MUELLE	Cobre y aleaciones, no revestido			
	-en aire	35		
	- en SF6	50		
	- en aceite	40		
	Estañado , en aire , SF6 o aceite	50		
	Plateado o niquelado - en aire	65		
	- en aceite	50		
	Para contactores en aceite		105	Deteriora el aceite
CONTATO ATORNILLA DO	Cobre, aluminio e sus aleaciones			
	no revestido en aire	50		
	no revestido en SF6	65		
	Estañado , en aire o SF6		105	"creep" estaño
	Plateado o niquelado en aire o SF6	75		
	Plateado o niquelado en aceite		100	Deteriora el aceite
	Para contactores en aceite		105	Deteriora el aceite
PARTES en METAL	Em contacto co aislamiento clase			
	• Y / A / E		90 / 105 / 120	Envejecimiento del aislamiento
	• B / F / H		130 / 155 / 180	
	• Actuando como muelles • em posición de soldas		caso a caso 100	Deformación perm. Ruptura
SUPER- FÍCIAS	Pueden ser tocadas (metal/no met.) Accesible pero no tocada		70 / 80 80 / 90	Quemaduras

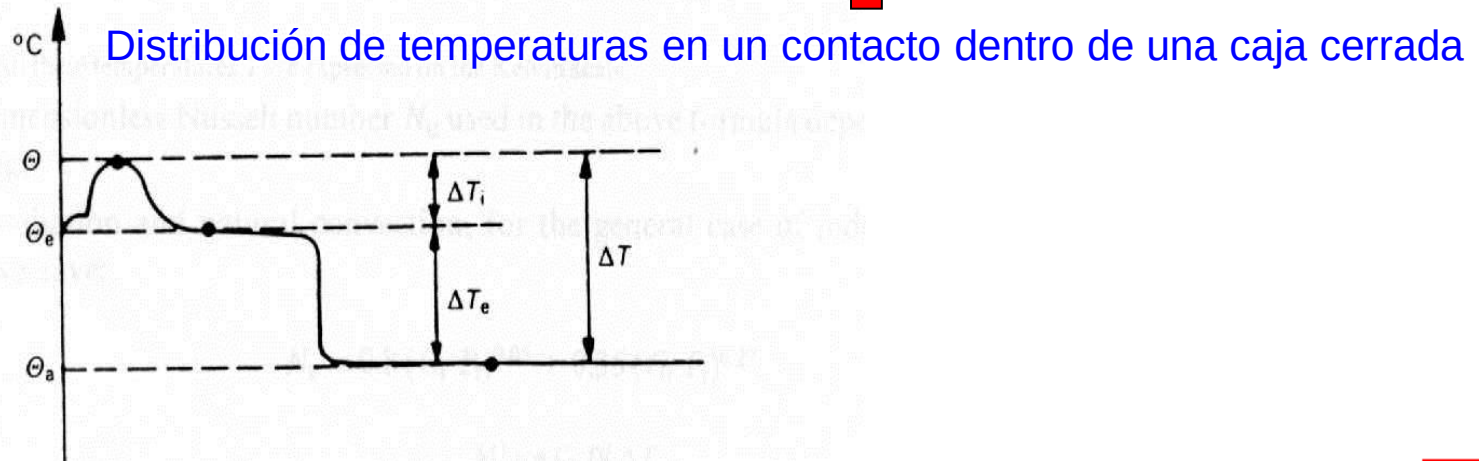
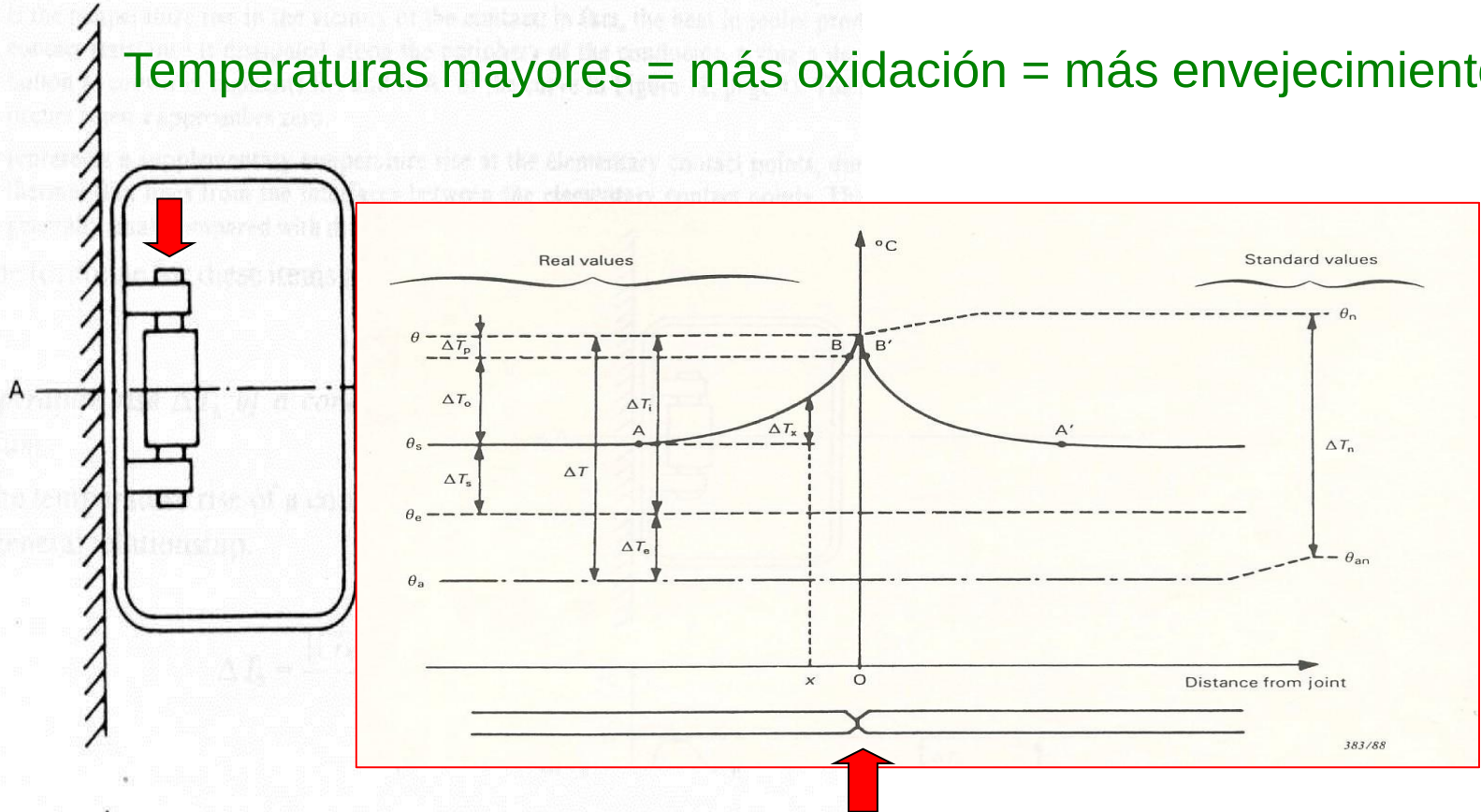
PARÁMETROS QUE AFECTAN LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO

- Resistencias de contacto principales (y no sólo la resistencia total por fase)
- Tipo y el área de las aberturas de ventilación
- Sección transversal y posición geométrica de las barras (vertical, horizontal)
- Materiales de las barras colectoras y su recubrimiento
- Las aperturas de aire entre los compartimentos
- Dispositivos de alivio de presión

Las normas técnicas no se ocupan de la relación entre la prueba de elevación de la temperatura y la prueba de arco interno (debían hacerlo)

CONTACTO ELÉCTRICO: la principal fuente de efecto Joule

Temperaturas mayores = más oxidación = más envejecimiento

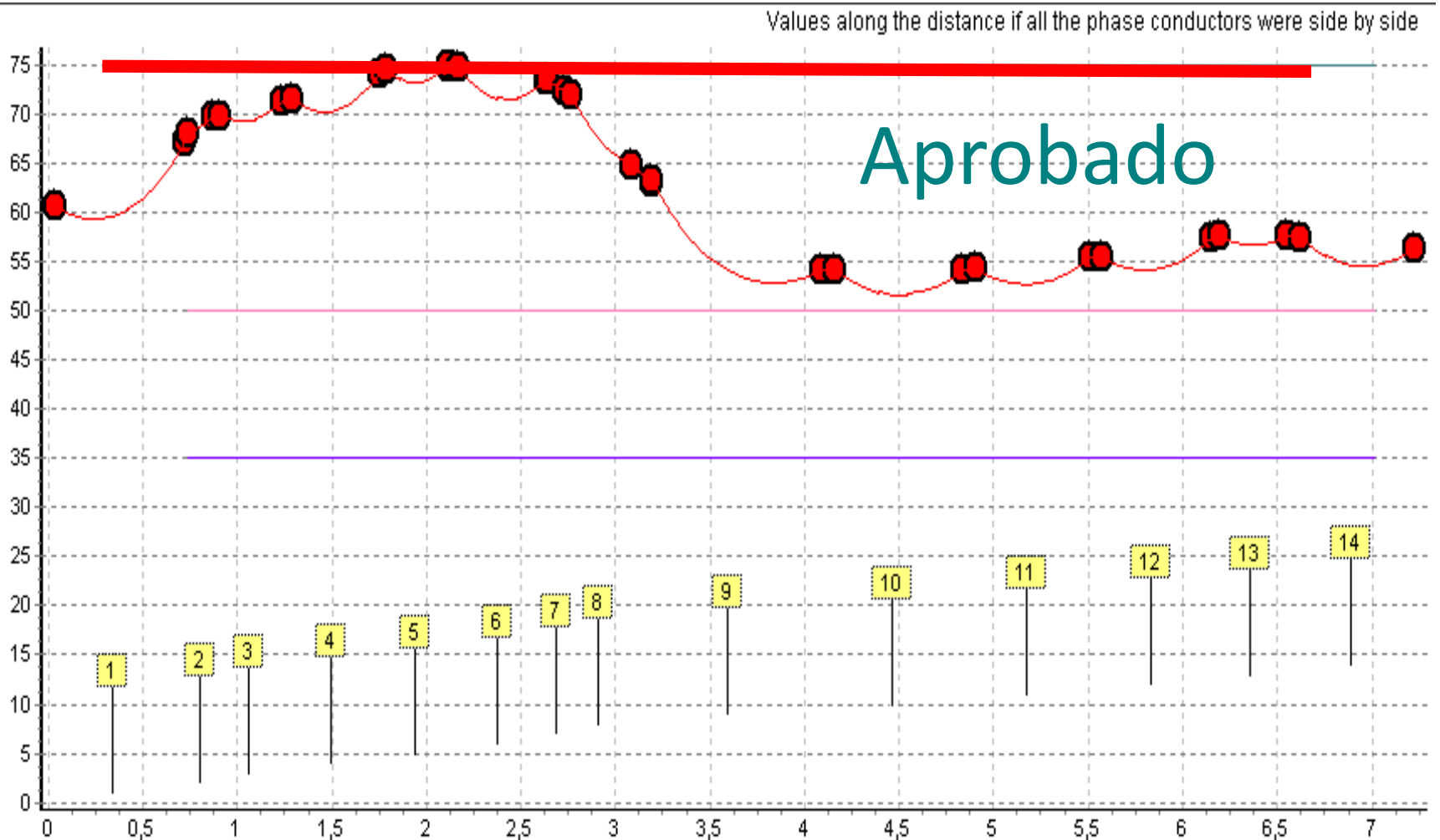


Distribución de temperaturas en un contacto dentro de una caja cerrada

¿Por qué las normas deben solicitar la medida de la resistencia de contacto principal y no sólo la resistencia total por fase

Resistencia total por fase (interruptor + conexiones + conductores) = **72 $\mu\Omega$**

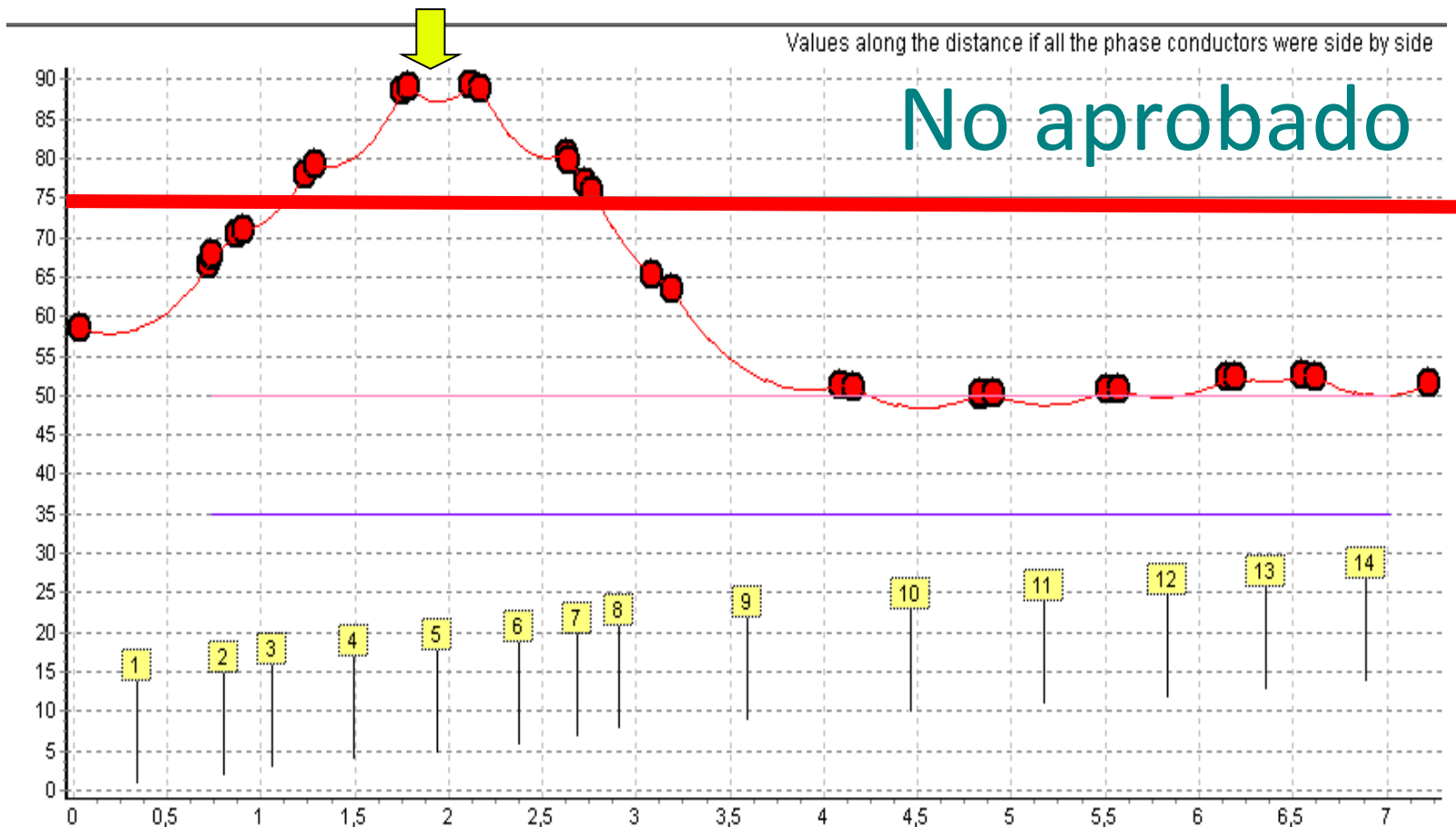
Resistencia del interruptor = **18 $\mu\Omega$**



¿Por qué las normas deben solicitar la medida de la resistencia de contacto principal y no sólo la resistencia total por fase

Resistencia total por fase (interruptor + conexiones + conductores) = $72 \mu\Omega$

Resistencia del interruptor = $30 \mu\Omega$



Resistencia de un contacto

$$R = \frac{\eta_k \cdot 10^{-6} \cdot F^{0.625}}{H^{0.25}}$$

$$\eta_k \approx 25 \times 10^5 (\text{S})$$

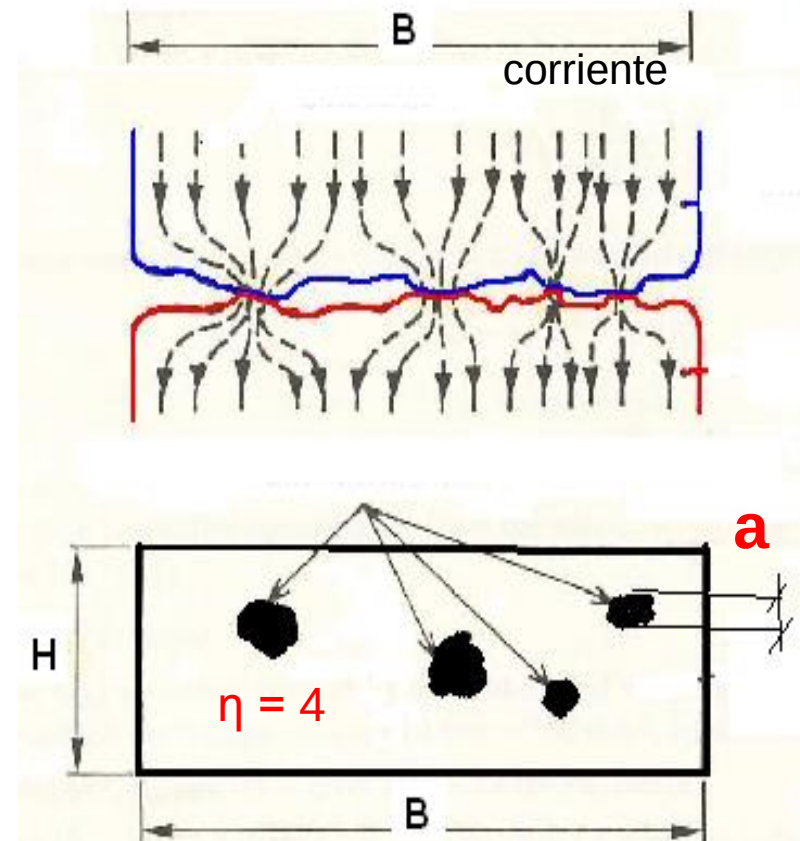
$$a = \sqrt{\frac{F}{\eta \cdot \pi \cdot \xi \cdot H}}$$

- F = fuerza de contacto
- H = la dureza del material
- ξ = coeficiente de rugosidad
~ 0.3 hasta 0.6

Contacto virtual = η pequeños
contactos con radio medio a

$$\text{Área virtual} = \eta \cdot \pi \cdot a^2$$

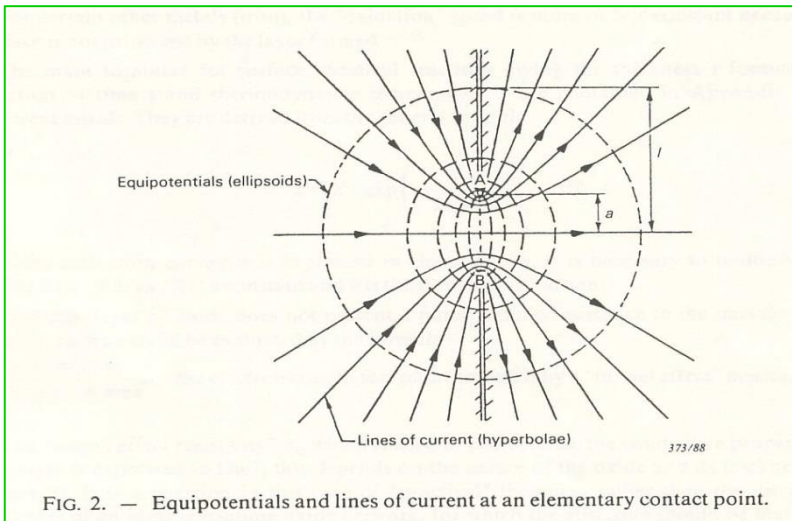
$$\text{Área aparente} = H \times B$$



Cálculo de la resistencia de un contacto

$$R_c = \frac{\rho}{2 \cdot \eta \cdot a} + \frac{\sigma_0}{\eta \cdot \pi \cdot a^2}$$

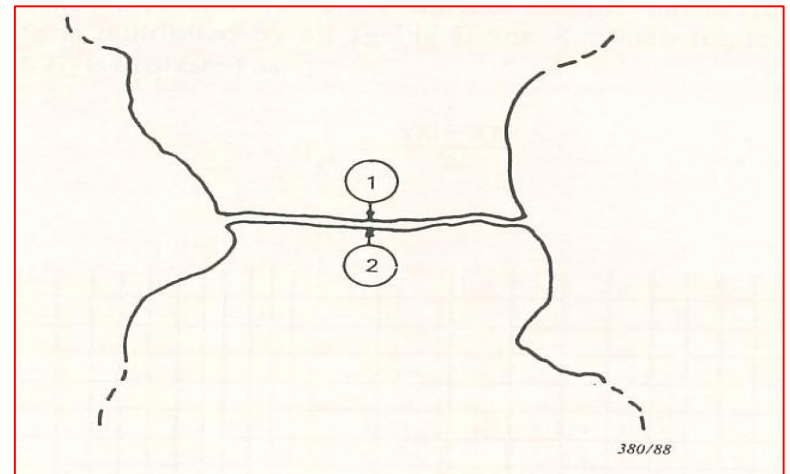
Resistencia de constricción
(concentración de líneas de corriente)



ρ = resistividad del material
 a = radio virtual del contacto
 η = numero virtual de contactos

Resistencia debido a la capa de óxido

σ_0 = resistividad superficial
(función del espesor)



Cálculo de la resistencia de un contacto

$$R_c = \frac{\rho}{2.\eta.a} + \frac{\sigma_0}{\eta.\pi.a^2}$$

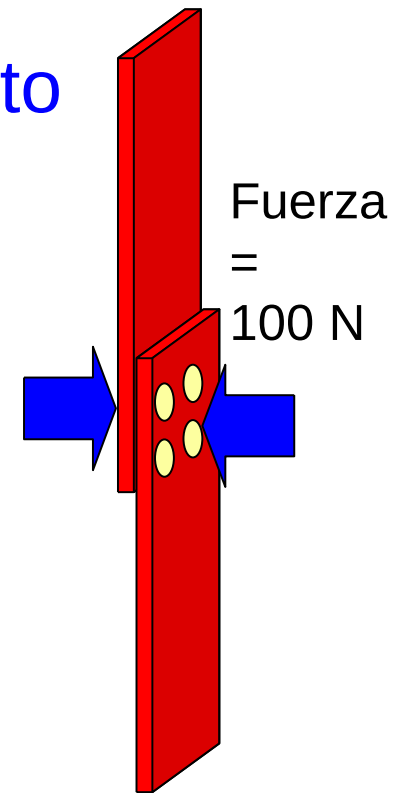
$$a = \sqrt{\frac{100}{18.\pi.(0.45).(5.5 \times 10^8)}} = 85 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\eta = 2.5 \times 10^{-5} \times (5.5 \times 10^8)^{0.625} \times 100^{0.2} = 18.2 = 18$$

$$\rho = 1.78 \times 10^{-8} \Omega.\text{m}$$

$$\sigma_0 = 5 \times 10^{-12} \Omega.\text{m}^2$$

$$R_c = 6 + 12 = 18 \mu\Omega$$



$$R_c = K_1 * F^{-0.6} + K_2 * \sigma_0 * F^{-1}$$

Metal	Constriction resistance k_1 $\times 10^{-6}$	Film resistance k_2 $\times 10^6$
Copper	90	247
Brass	360	450
Aluminium	130	135
Almelec	150	135
Silver	81	225
Tin	400	22,5
Nickel	420	585
Silvered copper	88	225
Tinned copper	57	22,5
Tinned aluminium	93	22,5
Silvered brass	310	225
Tinned brass	200	22,5

Table 1 – Typical values of tunnel resistivity

Metal	State	σ_0 $\Omega \text{ m}^2$
Copper	New	2×10^{-12} to 3×10^{-11}
	Oxidised	10^{-10}
	Tinned	10^{-12} to 4×10^{-11}
Silver		$4,6 \times 10^{-13}$ to 4×10^{-12} exceptionally up to $2,5 \times 10^{-11}$
Aluminium		7×10^{-11} to 10^{-9}

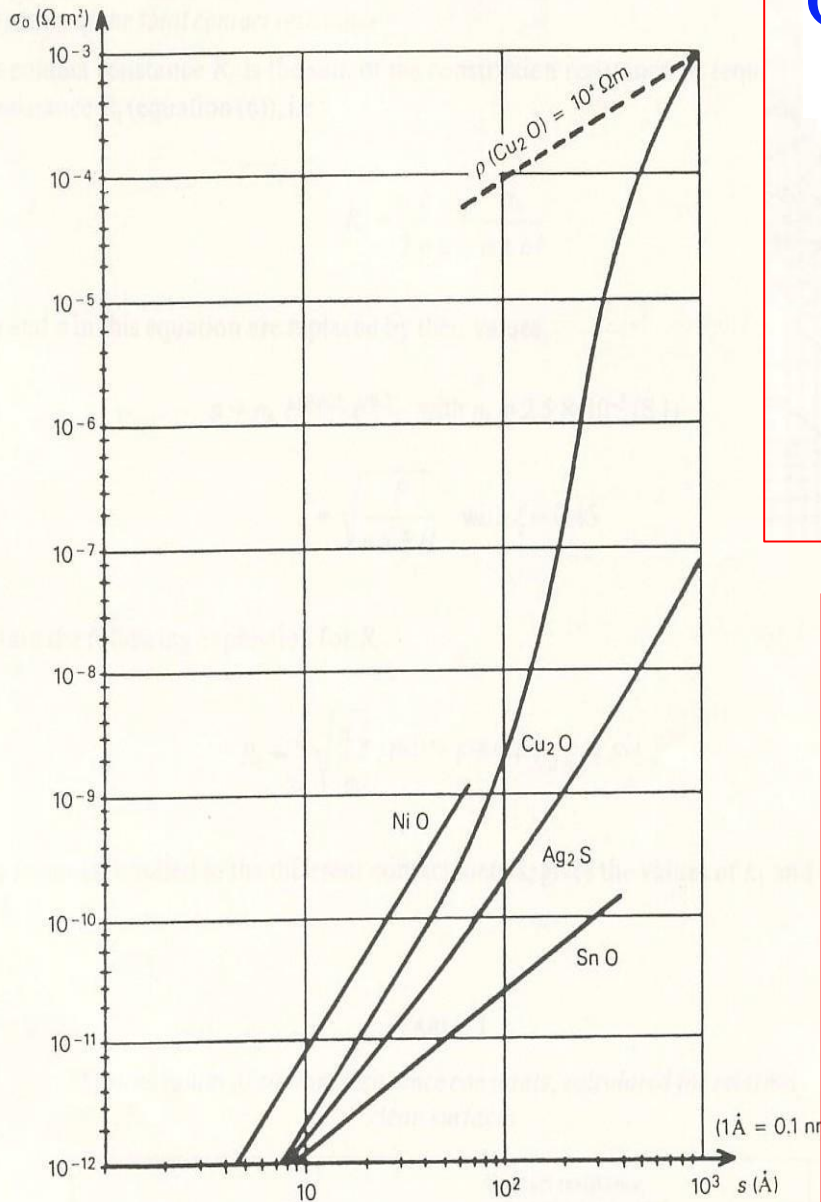
Plateado cobre plateado Fuerza = 100 N oxidado

$$R_c = 88 * 10^{-6} * 100^{-0.6} + 225 * 10^6 * 5 * 10^{-12} * 100^{-1}$$

$$R_c = (5,55 + 11,2) * 10^{-6} = 16,7 \mu\Omega$$

σ_0 valores típicos

Copper	New Oxidized Tinned	2×10^{-12} to 3×10^{-11} 10^{-10} 10^{-12} to 4×10^{-11}
Silver		4.6×10^{-13} to 4×10^{-12} and up to 2.5×10^{-11}
Aluminium		7×10^{-11} to 10^{-9}



IEC 60943 XIDO

VALORES TÍPICOS DAS CONSTANTES DE RESISTENCIA DE CONTATOS PARA SUPERFÍCIES RAZOAVELMENTE LIMPAS

$$R_c = \frac{\theta}{2} \sqrt{\frac{\pi \xi}{n_k}} H^{0.1875} F^{-0.6} + \sigma_o \xi H F^{-1}$$

$$R_c = k_1 F^{-0.6} + k_2 \sigma_o F^{-1}$$

Metal	Constriction resistance	Film resistance
	$K_1 \times 10^{-5}$	$K_2 \times 10^{+6}$
Copper	9	247
Brass	36	450
Aluminium (A5L)	13	135
Almelec	15	135
Silver	8.1	225
Tin	40	22.5
Nickel	42	585
Silvered copper	8.8	225
Tinned copper	5.7	22.5
Tinned aluminium	9.3	22.5
Silvered brass	31	225
Tinned brass	20	22.5

ELEVACIÓN DE TEMPERATURA ΔT_s SOBRE LA TEMPERATURA AMBIENTE T_e

(si non está cerca de resistencias de contacto)

Efecto Joule

La luz del Sol

Corrientes parasitas

$$\Delta T_s = \frac{[(T_e + \Delta T_s - 273.15) \alpha + 1] R_0 I^2 + r \varphi_s S_r + W_{\text{eddy}}}{Bl \left[\sigma \varepsilon \frac{(T_e + \Delta T_s)^4 - T_e^4}{\Delta T_s} + \frac{\lambda}{D_h} N_u \right]}$$

Área lateral

Pierdas por irradiación

Pierdas por convección

Corrientes parasitas

$$W_{\text{eddy}} = K_1 * B^2 * \omega^2 * e^2 * \rho * \text{volume}_{\text{enclosure}}$$

K_1 = adjustment

B = magnetic field

$$\omega = 2 * \pi * f$$

e = plate thickness

ρ = plate resistivity

Estas tablas no son suficientes para el diseño, porque no consideran resistencias de contacto

Copper conductors of rectangular cross-section in indoor installations. Ambient temperature 35 °C. Conductor temperature 65 °C. Conductor width vertical: clearance between conductors equal to conductor thickness; with alternating current, clearance between phases > 0.8 × phase centre-line distance.

Width X thickness	Cross- section	Weight ¹⁾ kg/m	Material ³⁾	Continuous current in A								Continuous current in A							
				AC up to 60 Hz				bare				DC and AC 16% Hz				bare			
				painted				no. of conductors				painted				no. of conductors			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
mm	mm ²			I	II	III	III	I	II	III	III	I	II	III	III	I	II	III	III
							50 ²⁾				50 ²⁾								
50 X 5	249	2.22	E-Cu F 37	679	1 140	1 330	2 010	683	994	1 240	1 920	703	1 170	1 370		688	1 020	1 300	
50 X 10	499	4.44	E-Cu F 30	1 020	1 720	2 320	2 950	852	1 510	2 040	2 600	1 050	1 830	2 360		875	1 610	2 220	
60 X 5	299	2.66	E-Cu F 30	826	1 330	1 510	2 310	688	1 150	1 440	2 210	836	1 370	1 580	2 060	696	1 190	1 500	1 970
60 X 10	599	5.33	E-Cu F 30	1 180	1 960	2 610	3 290	985	1 720	2 300	2 900	1 230	2 130	2 720	3 580	1 020	1 870	2 570	3 390
80 X 5	399	3.55	E-Cu F 30	1 070	1 680	1 830	2 830	885	1 450	1 750	2 720	1 090	1 770	1 990	2 570	902	1 530	1 890	2 460
80 X 10	799	7.11	E-Cu F 30	1 500	2 410	3 170	3 930	1 240	2 110	2 790	3 450	1 590	2 730	3 420	4 490	1 310	2 380	3 240	4 280
100 X 5	499	4.44	E-Cu F 30	1 300	2 010	2 150	3 300	1 080	1 730	2 050	3 190	1 340	2 160	2 380	3 080	1 110	1 810	2 270	2 960
100 X 10	988	8.89	E-Cu F 30	1 810	2 850	3 720	4 530	1 490	2 480	3 260	3 980	1 940	3 310	4 100	5 310	1 600	2 890	3 900	5 150
120 X 10	1 200	10.7	E-Cu F 30	2 110	3 280	4 270	5 130	1 740	2 860	3 740	4 500	2 300	3 900	4 780	6 260	1 890	3 390	4 560	6 010
160 X 10	1 600	14.2	E-Cu F 30	2 700	4 130	5 360	6 320	2 220	3 590	4 680	5 530	3 010	5 060	6 130	8 010	2 470	4 400	5 860	7 710
200 X 10	2 000	17.8	E-Cu F 30	3 290	4 970	6 430	7 490	2 690	4 310	5 610	6 540	3 720	6 220	7 460	9 730	3 040	5 390	7 150	9 390

Tablas de barras (sin resistencias de contacto vecinas)

X

El uso real con conexiones, vecinas

Corriente Amperes	Área ventilación cm ²	Watts adicionales	Volumen box m ³	Barras mm	Elevación temperatura K
1490	200	-	0,8 x 0,8 x 2,3	1 x 100 x 10 (desnuda)	29
1490	200	-	0,8 x 0,8 x 2,3	1 x 100 x 10 (pintado)	24
1490	-	-	0,8 x 0,8 x 2,3	1 x 100 x 10 (desnuda)	34
1490	-	1000	0,8 x 0,8 x 2,3	1 x 100 x 10 (desnuda)	64
1490	-	Contacto 45 $\mu\Omega$ (100W)	0,8 x 0,8 x 2,3	1 x 100 x 10 (desnuda)	54

(caso teste 1 x 100 x 10 mm Switchgear BT)

EFFECTO DE LOS PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO

- Sin aberturas de ventilación
- Con aberturas de ventilación y con / sin ventilación forzada
- Cambio del área de ventilación
- Conductor pintado o desnudo
- Conductor dispuesto de forma horizontal o vertical
- Diferentes valores de resistencia de contacto

UTILIZANDO EL SOFTWARE

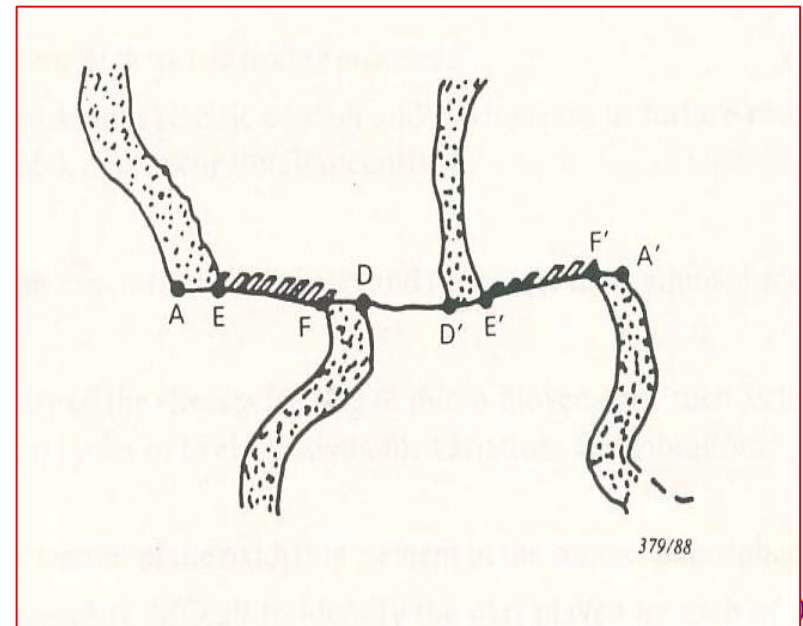
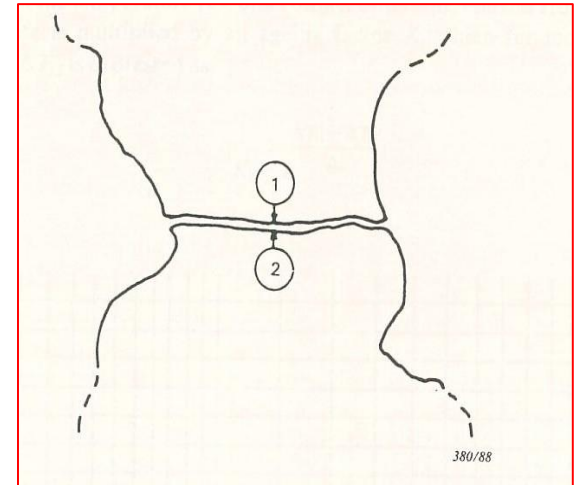
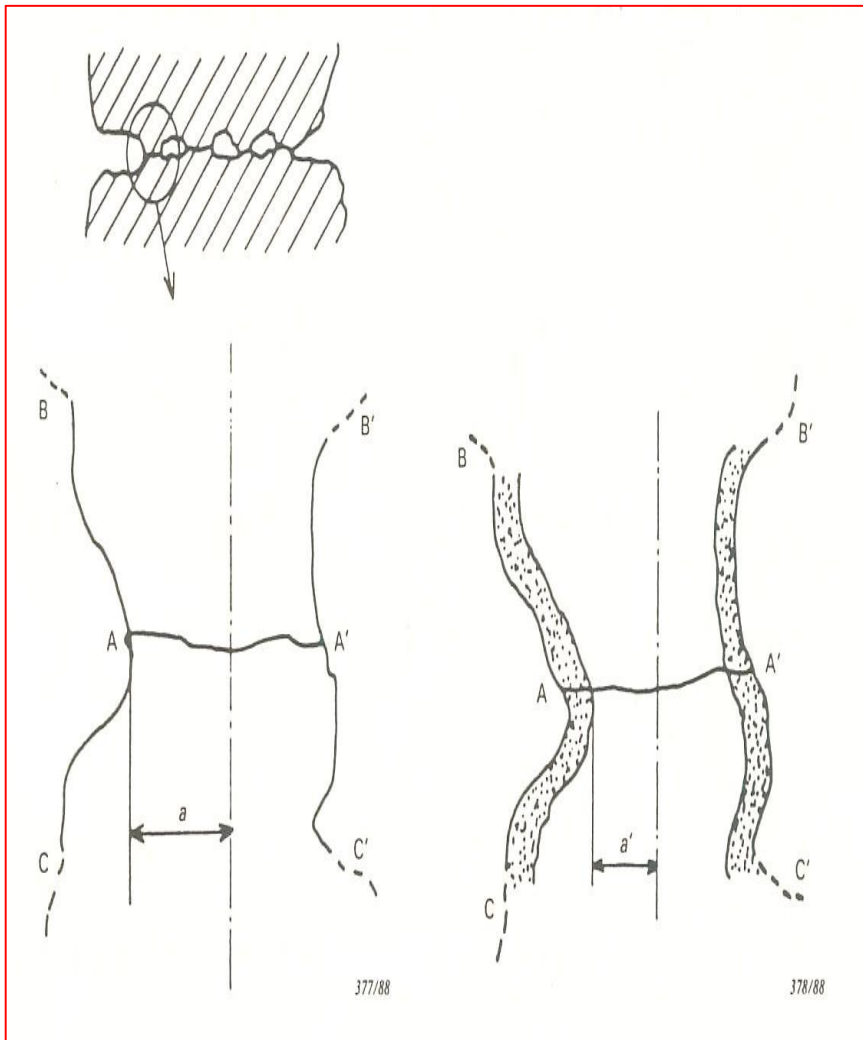
MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE LA SUBIDA DE TEMPERATURA

La ecuación en el final de esta sección

- Calcular el aumento de temperatura del fluido interno usando el método IEC 60890 (ver también IEC 62208)
- Calcular el aumento de la temperatura de los conductores por encima de la temperatura del fluido interno
- Suma de los dos valores

MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO - CONTACTOS ELÉCTRICOS

- Contactos bimetálicos: más voltaje = más oxidación (aceptable $<0,5$ V)
- Reducción de la sección transversal de los contactos
- Movimientos relativos pequeños que disminuyen aún más la sección
- Crecimiento de la capa de óxido en la interface



Contactos bimetálicos: más voltaje = más oxidación (aceptable <0,5 V)

TABLE III

Voltages in 10^{-2} V developed on bi-metallic contacts

Anode (-) \ Cathode (+)	Silver	Nickel	Monel (30% Cu)	Cupro-nickel (70-30)	Copper	Silver solder	Bronzes*	Red bronze	Brasses*	Stainless steels*	Tin	Tin-lead solder	Tin-silver solder	Lead	Cast-iron	Steels	Aluminium alloys*	Aluminium	Cadmium	Galvanized iron or steel	Zinc alloys*	Zinc	Magnesium alloy*
Silver	0	15	17	19	19	21	23	25	26	33	47	48	51	56	71	72	77	77	79	109	110	111	159
Nickel		0	02	04	04	06	08	10	11	16	32	33	36	41	53	57	62	62	64	94	95	96	144
Monel (30% Cu)			0	02	02	04	06	08	09	16	30	31	34	39	54	55	60	60	62	92	93	94	142
Cupro-nickel (70-30)				0	0	02	04	06	07	14	28	29	32	37	52	53	58	58	60	90	91	92	140
Copper					0	02	04	06	07	14	28	29	32	37	52	53	58	58	60	90	91	92	140
Silver solder						0	02	04	05	12	26	27	30	35	50	51	56	56	58	88	89	90	138
Bronzes*							0	02	03	10	24	25	28	33	48	49	54	54	56	86	87	88	136
Red bronze								0	01	06	22	23	26	31	46	47	52	52	54	84	85	86	134
Brasses*									0	07	21	22	25	30	45	46	51	51	53	83	84	85	133
Stainless steels*										0	14	15	18	23	38	39	44	44	46	76	77	78	128
Tin											0	01	04	09	24	25	30	30	32	62	63	64	112
Tin-lead solder												0	03	08	23	24	29	29	31	61	62	63	111
Tin-silver solder													0	05	20	21	26	26	28	58	59	60	108
Lead														0	15	16	21	21	23	53	54	55	103
Cast-iron															0	01	06	06	08	38	39	40	88
Steels																0	05	05	07	37	38	39	87
Aluminium alloys*																	0	0	02	32	33	34	82
Aluminium																		0	02	32	33	34	82
Cadmium																			0	30	31	32	80
Galvanized iron or steel																				0	01	02	50
Zinc alloys*																					0	01	49
Zinc																						0	45
Magnesium alloy*																							0

*Characteristic values.

La reducción de la vida

Influencias de la temperatura (T_{e1} e T_{e2}) y de su elevación (ΔT_{i1} e Δt_{i2}) en el envejecimiento

$$K \approx \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\Delta_i} + \frac{(t_1 - t_2)}{\Delta_e}$$

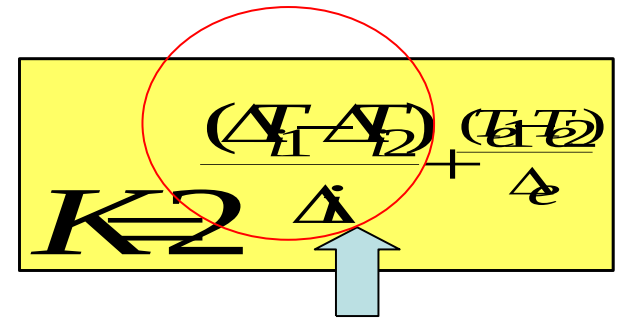
1 hora en condición 1 (más frío)

=

K x 1 hora en condición 2 (más caliente)

Δ_e y Δ_i dependen de ΔT_i

Ejemplo con $T_{e1} = T_{e2}$

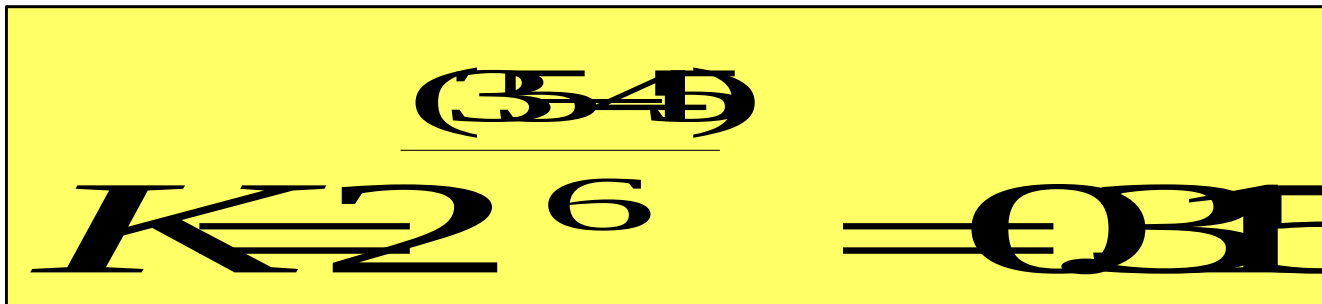


$$K_2 = \frac{(\Delta T_1 \Delta T_2) (C_1 T_2)}{\Delta T_e}$$

★ Contacto eléctrico de cobre con elevación inicial de temperatura 35K

★ Aplico sobrecarga y la elevación de temperatura pasa a 45K

★ $\Delta_i = 6K$ para $\Delta T_{i1} = 35K$ (ábaco B)



$$K_2 = \frac{(35 \Delta_i)}{\Delta T_e} = 0.31$$

Si la vida esperada en condición 1 es 10 años entonces
la vida en condición 2 es $0.31 \times 10 \text{ años} \sim 1/3$ (3 x costo)

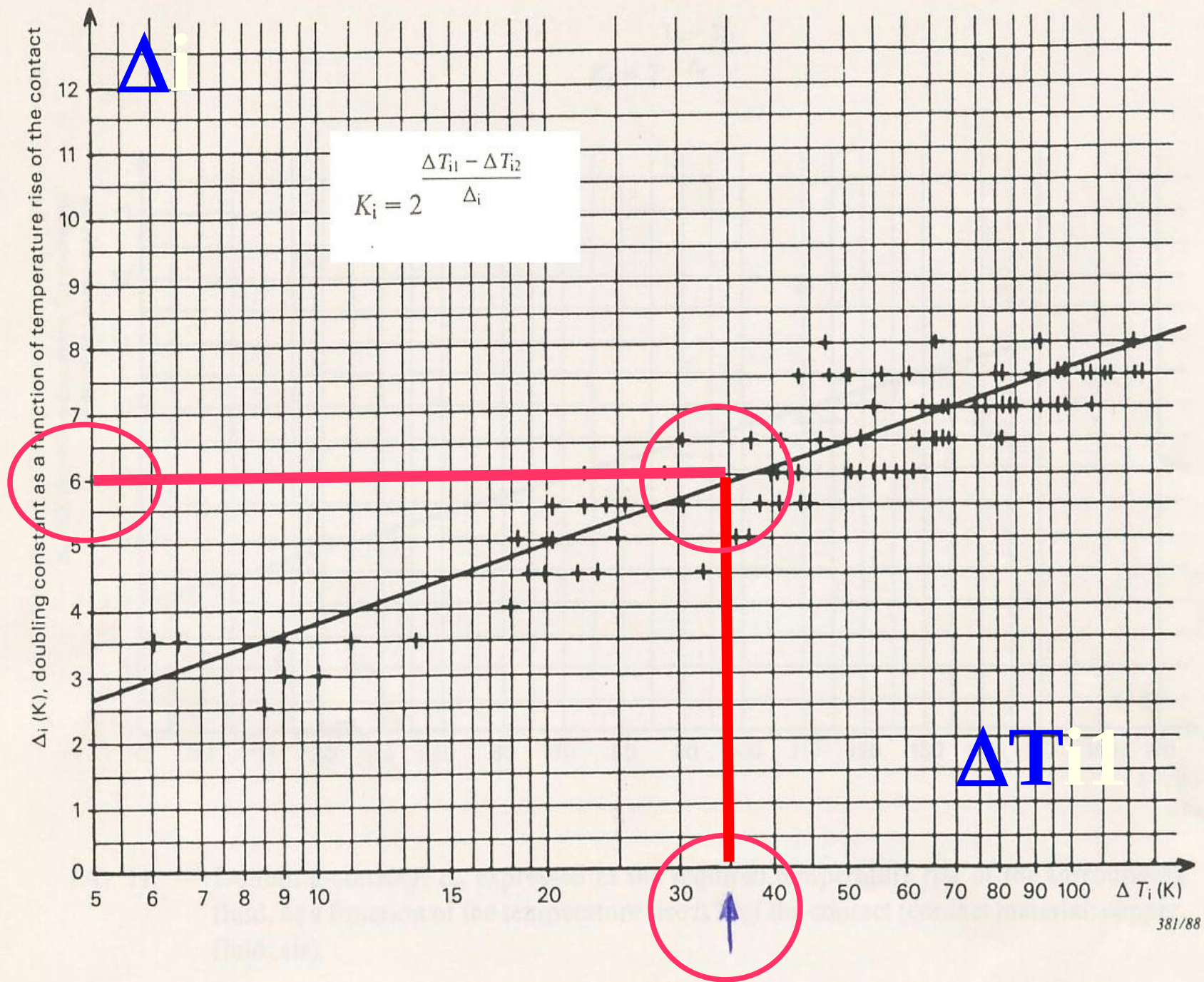
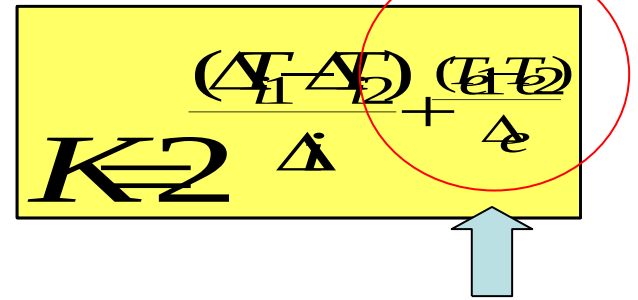


FIG. 10. — Doubling constant Δ_i as a function of temperature rise (for copper contacts).

Ejemplo con $\Delta T_{i1} = \Delta T_{i2}$

$$K \approx 2^{\frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2) (T_1 - T_2)}{\Delta e}}$$


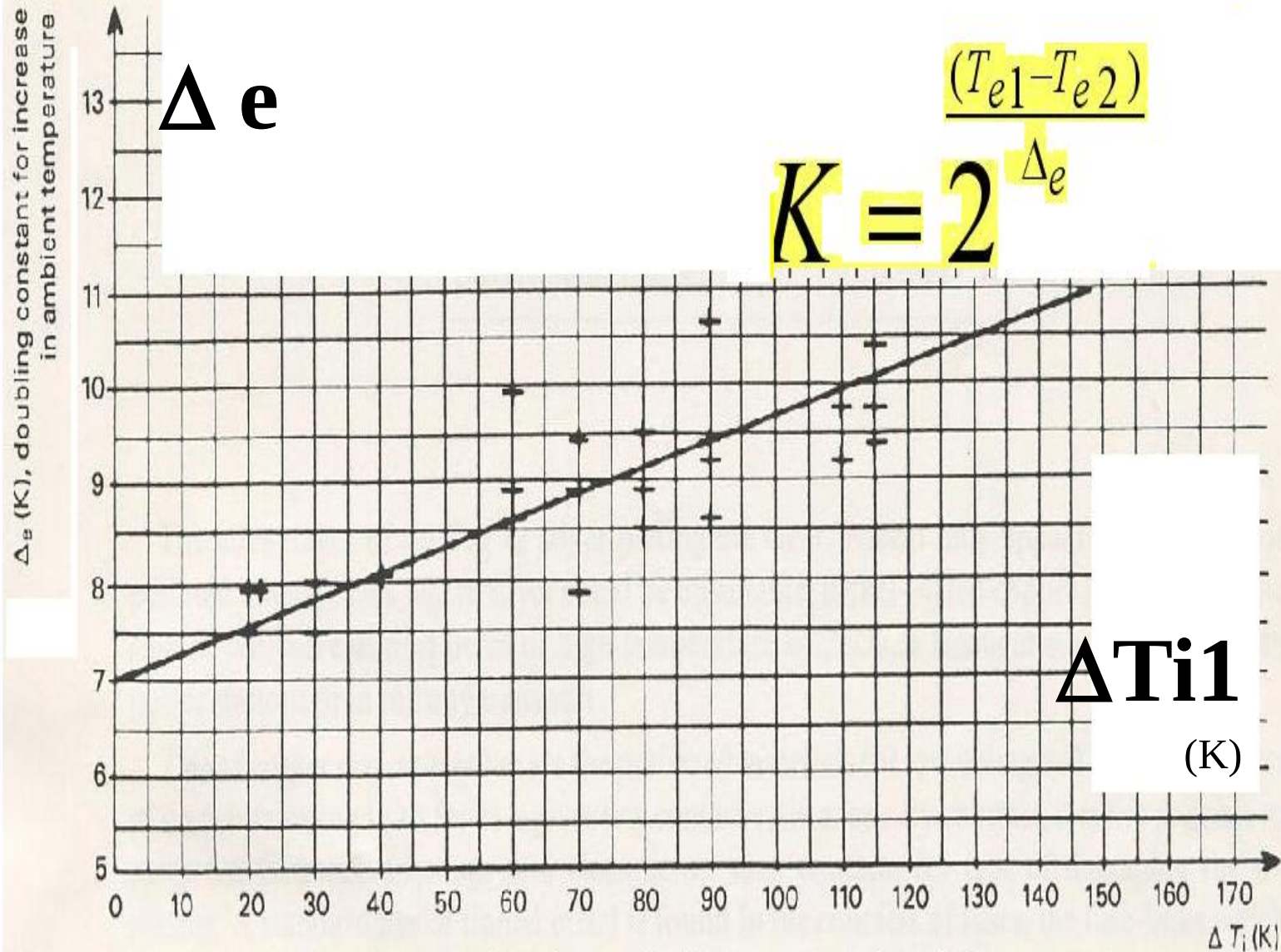
★ Contacto eléctrico de cobre con elevación inicial de temperatura 35K y temperatura ambiente igual a 20°C

★ Aumentar la temperatura ambiente en 8K (nueva $T_e = 28^\circ\text{C}$)

★ $\Delta e = 8\text{K}$ para $\Delta T_{i1} = 35\text{K}$

$$K \approx 2^{\frac{35}{8}} = 0.5$$

Si la vida esperada en condición 1 es 10 años entonces la vida en condición 2 es $0.5 \times 10 \text{ años} \sim 1/2$ (2 x el costo)



ΔT_i
(K)

Doubling constant Δe expressed as the required temperature rise of the surrounding fluid, as a function of the temperature rise ΔT_i of the contact (contact material: copper, fluid: air).

Elevación de la temperatura en cortos - circuitos

- Efecto Joule $R \cdot I^2$ no es perdido por irradiación o convección
- $R \cdot I^2 \cdot T = \text{masa} \times \text{calor específico} \times \text{variación de temperatura.}$
- Sección Q necesaria para no pasar temperaturas de recocimiento 180°C (aluminio) ó 200°C (cobre)

$$I_k \times 1000 \times \sqrt{T} = Q \times \sqrt{4.184 \times \left(C \times \rho_d / \rho_r \times \alpha \right) \times \ln [1 + (\alpha (\theta_{\max} - \theta_1))]}$$

- I_k = corriente de corto circuito -
kAef
- T = duración del corto en segundos
- Q = área (sección) en mm^2
- C = calor específico $\text{cal} / (\text{gr}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$

p.ej. Cu = 0,0925

- ρ_d = densidad g/cm^3 (Cu = 8,9)
- ρ_r, ρ_{20} = resistividad en 20°C (Cu = 0.178)
ó en temperatura θ_1
- θ_1 = temperatura inicial p.ej. 20°C
- θ_r = temperatura final, p.ej.
recocimiento Cu = 200°C
- α = coeficiente de temperatura Cu = 0.004

Ejemplo para barras de la conexión a tierra:

Cortocircuito en $I_k = 31,5 \text{ kAef}$ $t = 1 \text{ s}$

Área Q de conductor de cobre para no pasar de 200°C siendo la temperatura inicial 40°C ?

$$31,5 \text{ kA} \times 1000 \times \text{sqrt} (1 \text{ s})$$

=

$$Q \times \text{sqrt} ((4,184 \times 0,0941 \times 8.9 / \rho_r \cdot 0,004) \cdot \text{Ln} [1 + 0,004 \cdot (200 - 40)]))$$

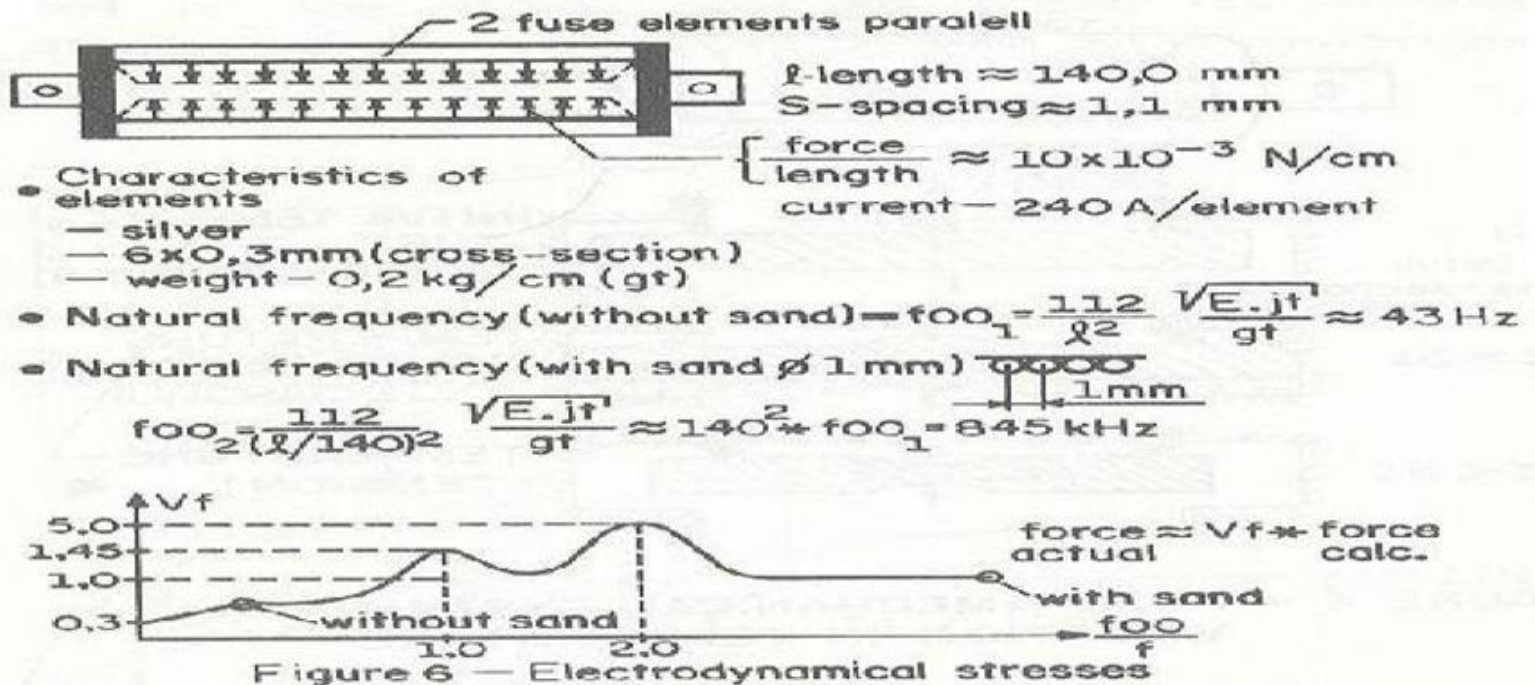
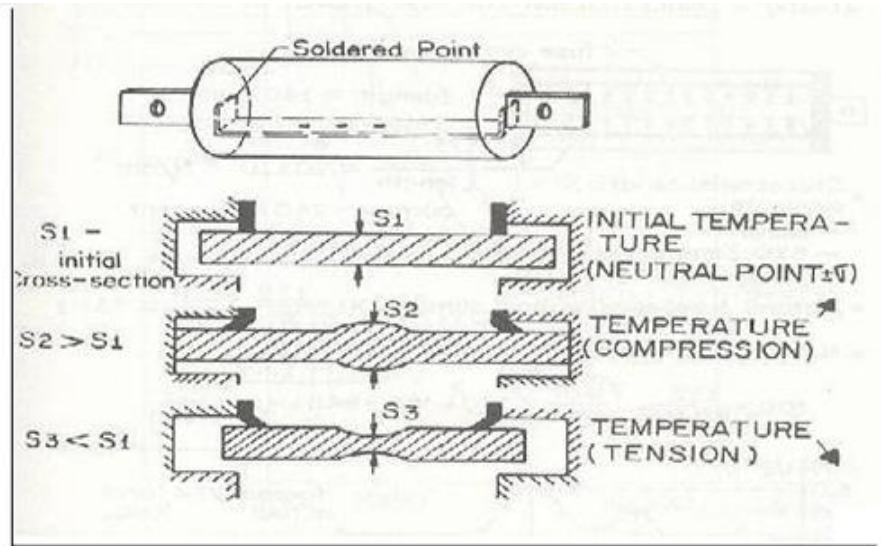
$$\rho_r = \rho_{20} \times (1 + 0,004 \cdot (40 - 20)) = 0.0178 \times 1,08 = 0,0192$$

$$Q > 195 \text{ mm}^2 \text{ (densidad de corriente } 161 \text{ A/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Por ejemplo } 50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} = 500 \text{ mm}^2$$

Articulo

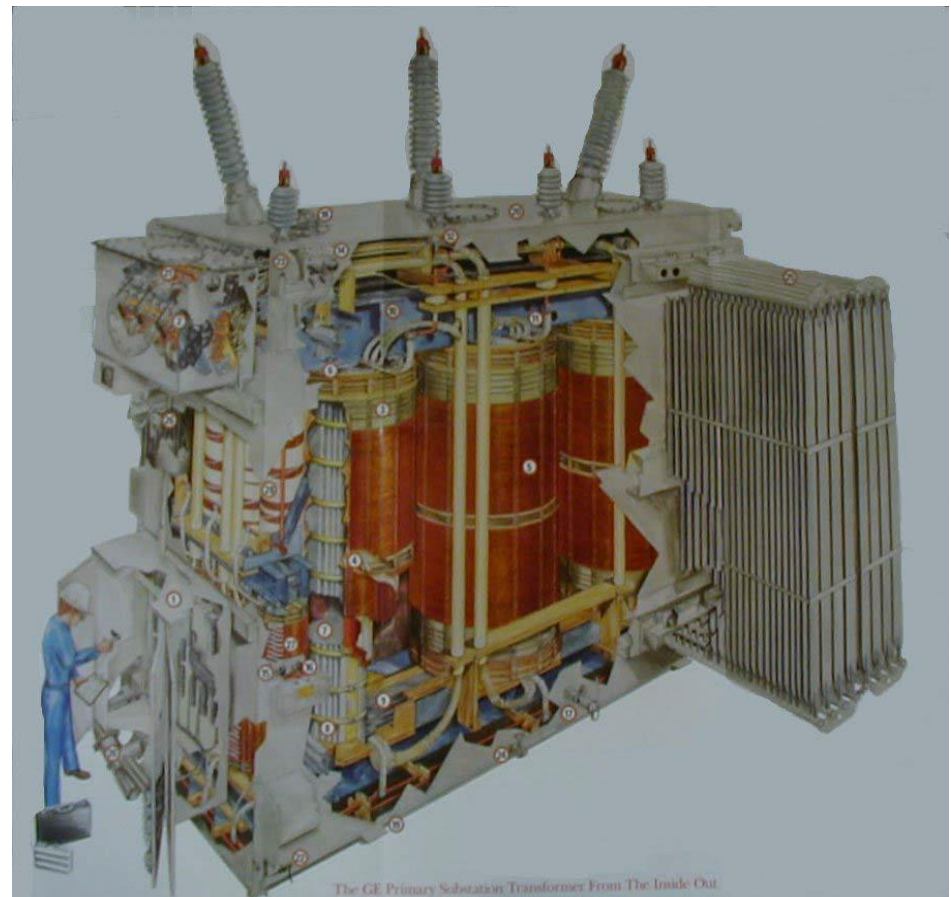
Overload Tests for Fuses Used in Rolling-Mills; International Conference on Fuses and their Applications, Nottingham-UK, 1991.



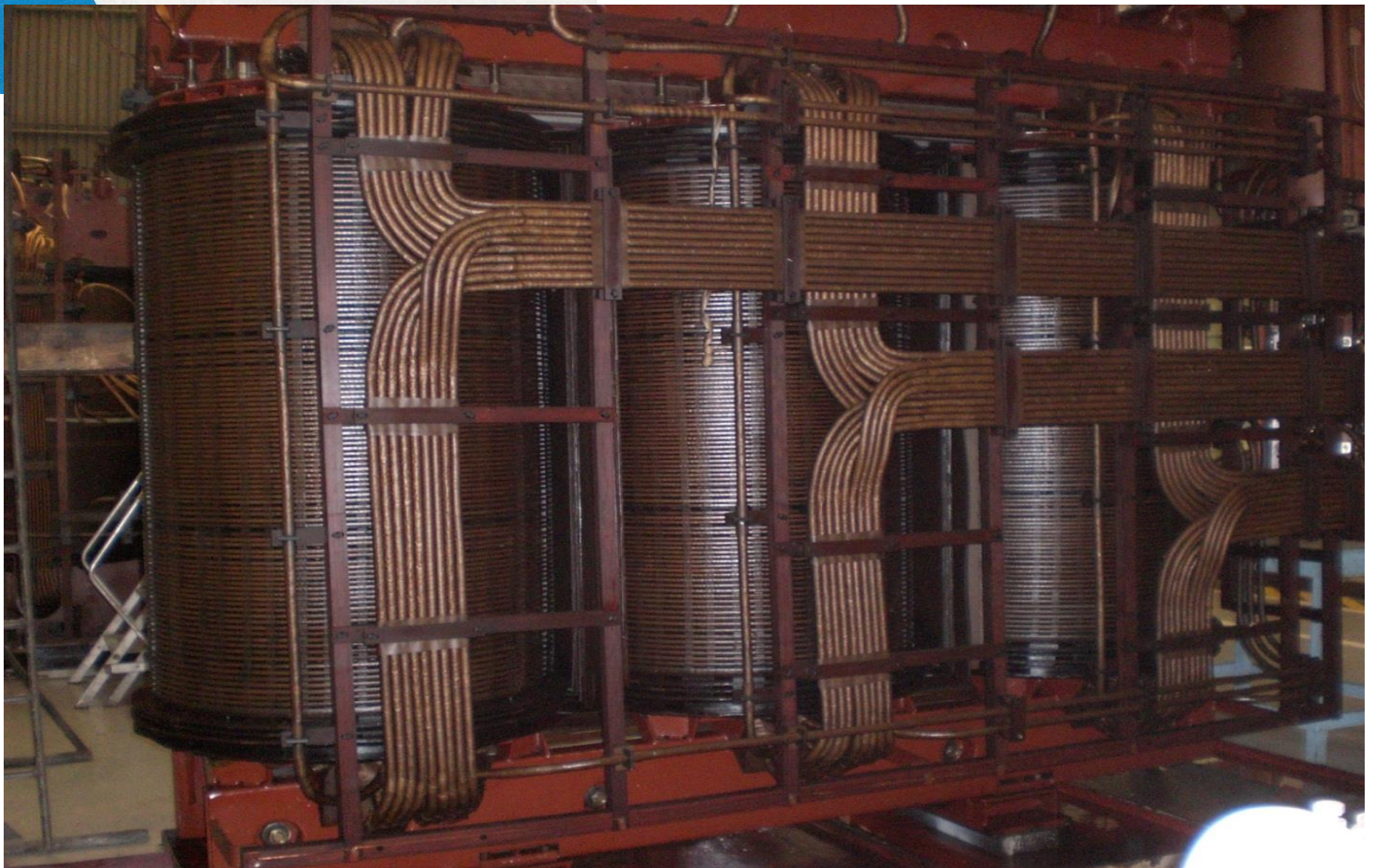
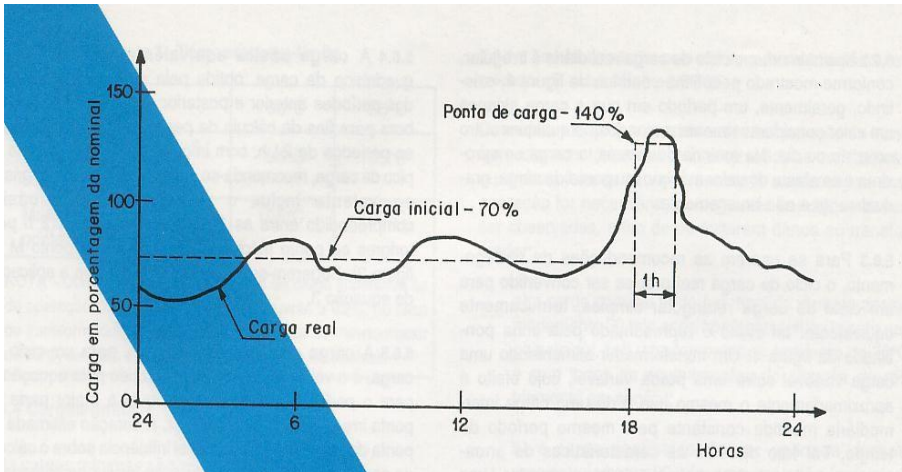
Límites de aumento de temperatura (K)

	Límites K
Aislante líquido (parte superior)	60
Devanado (media)	
ON ... OF	65
OD	70
Devanados punto más caliente	78

Régimen permanente



Carga transitória



Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers

Table 4 – Current and temperature limits applicable to loading beyond nameplate rating

Types of loading	Distribution transformers (see Note)	Medium power transformers (see Note)	Large power transformers (see Note)
Normal cyclic loading			
Current (p.u.)	1,5	1,5	1,3
Winding hot-spot temperature and metallic parts in contact with cellulosic insulation material (°C)	120	120	120
Other metallic hot-spot temperature (in contact with oil, aramid paper, glass fibre materials) (°C)	140	140	140
Top-oil temperature (°C)	105	105	105
Long-time emergency loading			
Current (p.u.)	1,8	1,5	1,3
Winding hot-spot temperature and metallic parts in contact with cellulosic insulation material (°C)	140	140	140
Other metallic hot-spot temperature (in contact with oil, aramid paper, glass-fibre materials) (°C)	160	160	160
Top-oil temperature (°C)	115	115	115
Short-time emergency loading			
Current (p.u.)	2,0	1,8	1,5
Winding hot-spot temperature and metallic parts in contact with cellulosic insulation material (°C)	See 7.2.1	160	160
Other metallic hot-spot temperature (in contact with oil, aramid paper, glass fibre materials) (°C)	See 7.2.1	180	180
Top-oil temperature (°C)	See 7.2.1	115	115
NOTE The temperature and current limits are not intended to be valid simultaneously. The current may be limited to a lower value than that shown in order to meet the temperature limitation requirement. Conversely, the temperature may be limited to a lower value than that shown in order to meet the current limitation requirement.			

PRUEBAS DE CORRIENTES SOPORTABLES DE CORTA DURACIÓN Y DE CRISTA.

(pruebas y simulaciones)

- Efectos magnéticos y electrodinámicos de las corrientes de corto-circuito.
- Cálculo de las fuerzas y de las tensiones mecánicas.
- Valores límites en conductores y aisladores.

EFECTOS ELECTRODINÁMICOS DE CORTOCIRCUITO

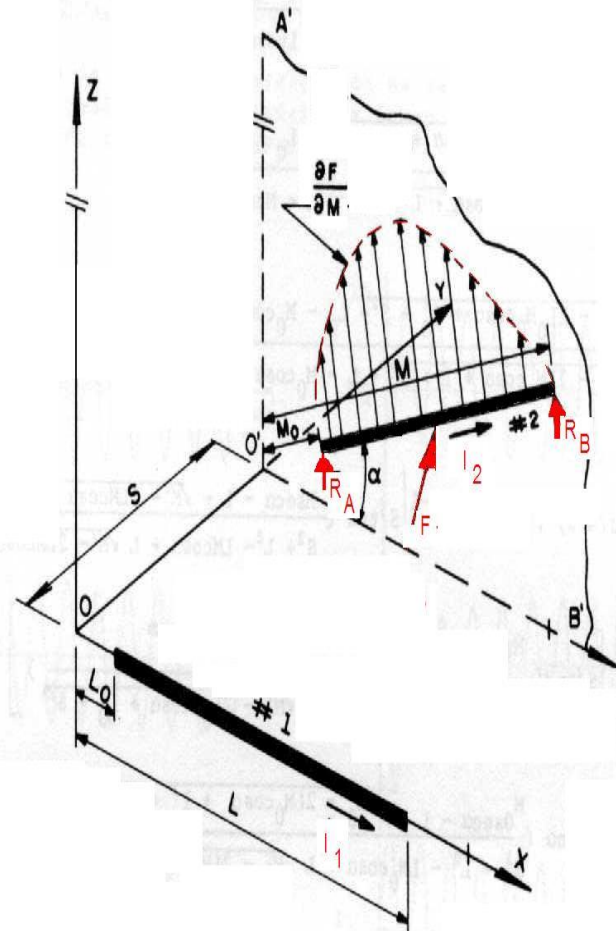
- Dos conductores cerca con corrientes instantáneas I_1 y I_2
- Conductor 1 produce campo magnético B_1 que actúa sobre el conductor 2
- Dado el tamaño y las corrientes pueden calcularse en cada momento la distribución de fuerzas

$$dF_2 = I_2 \cdot dl \times B_1$$

- Fuerzas dependen de la geometría y los valores reales de las corrientes

$$F = F_x(x) + F_y(y) + F_z(z)$$

$$dF/dm = dF_x/dm(x) + dF_y/dm(y) + dF_z/dm(z)$$



Distribución de las fuerzas dF/dm

(Sergio's M.Sc. thesis)

$$\frac{\partial F_x}{\partial m} = (\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot \sin^2 \alpha \cdot m \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha \cdot m + L_0^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha \cdot m + L_0^2 + S^2} + L_0 - m \cos \alpha \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha \cdot m + L^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha \cdot m + L^2 + S^2} + L - m \cos \alpha \right) \right] \right\} \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial F_y}{\partial m} = -(\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot \cos \alpha \cdot S \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha \cdot m + L_0^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha \cdot m + L_0^2 + S^2} + L_0 - m \cos \alpha \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha \cdot m + L^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha \cdot m + L^2 + S^2} + L - m \cos \alpha \right) \right] \right\} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial F_z}{\partial m} = -(\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot m \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha \cdot m + L_0^2 + S^2}} \cdot \left(\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha \cdot m + L_0^2 + S^2} + L_0 - m \cos \alpha \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha \cdot m + L^2 + S^2}} \cdot \left(\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha \cdot m + L^2 + S^2} + L - m \cos \alpha \right) \right] \right\} \quad (3.3)$$

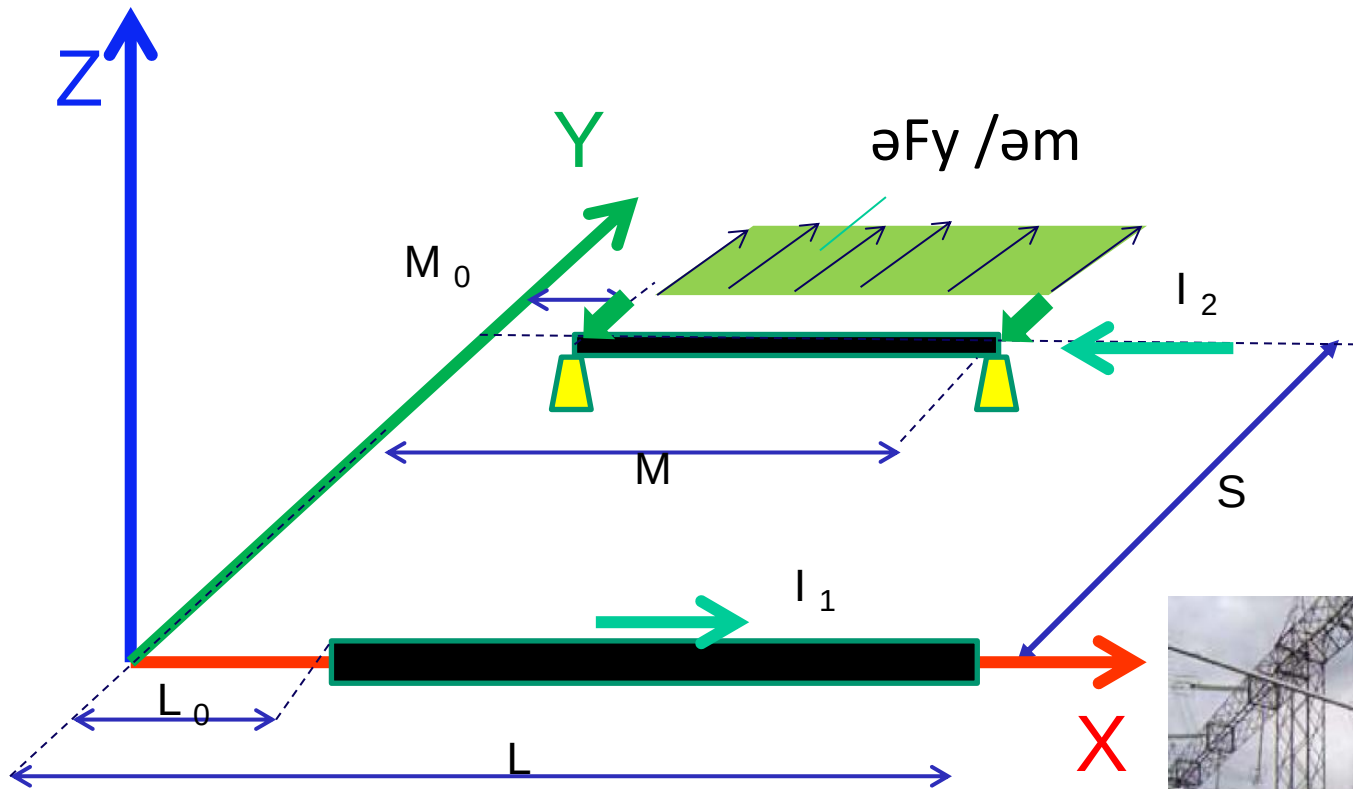
IEC 61117 – A method for assessing the short circuit withstand strength of partially type tested assemblies (PTTA)

con algunas adaptaciones (más completas) por Sérgio

- ★ Calcular fuerzas "estáticas" (ecuaciones dF/dm)
- ★ Convertir fuerzas "estáticas" en "dinámicas" (figura)
- ★ Calcular reacciones en aisladores, fuerzas de cizalla y momentos de flexión
- ★ Calcular tensiones mecánicas en los conductores = momento de flexión / momento resistente del conductor
- ★ Comparar valores calculados con valores soportables en aisladores (reacciones) y conductores (tensiones)

PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LAS FUERZAS Y TENSIONES ELECTRODINÁMICAS

- Geometría y distancias entre fases
- Materiales
- Las corrientes de cortocircuito y su asimetría.
- Soportabilidad de soportes o aisladores (tracción, compresión y flexión) y la distancia entre aisladores



Muchos
no-
paralelos



$$\frac{\partial F_x}{\partial m} =$$

0

$$\frac{\partial F_y}{\partial m} =$$

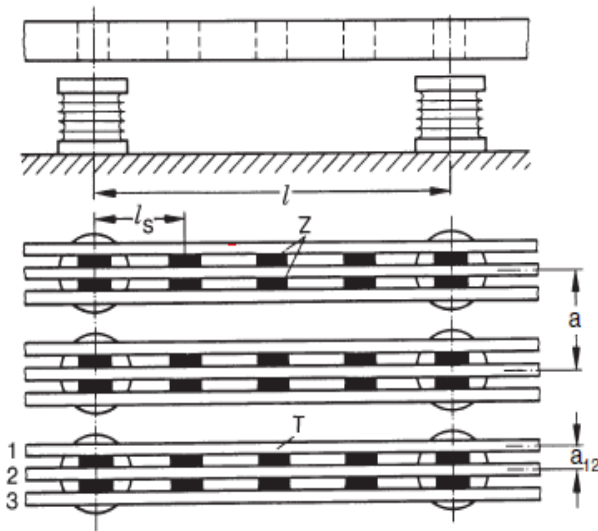
$$-(\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot S \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 m + L_0^2 + S^2}} \right] \left(\frac{\sqrt{m^2 - 2L_0 m + L_0^2 + S^2}}{\sqrt{m^2 - 2L_0 m + L_0^2 + S^2}} + \right. \right. \\ \left. \left. + L_0 - m \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L m + L^2 + S^2}} \right] \left(\frac{\sqrt{m^2 - 2L m + L^2 + S^2}}{\sqrt{m^2 - 2L m + L^2 + S^2}} + L - m \right) \right\}$$

$$\frac{\partial F_z}{\partial m} =$$

0

si $L \gg S$

$$F = (\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 / 4\pi) \cdot (L / S)$$



The electrodynamic force

between the main conductors through which the same current flows is

$$F_m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot i_p^2 \cdot \frac{l}{a}$$

or as a numerical equation

$$F_m = 0.2 \cdot i_{p2}^2 \cdot \frac{l}{a} \text{ or } F_m = 0.173 \cdot i_{p3}^2 \cdot \frac{l}{a}$$

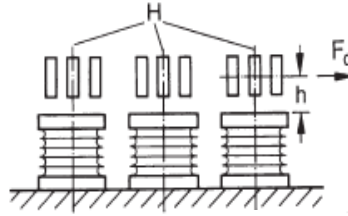
If the main conductor consists of t single conductors, the electrodynamic force F_s between the sub-conductors is

$$F_s = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left(\frac{i_p}{t}\right)^2 \cdot \frac{l_s}{a_s}$$

or as a numerical equation

$$F_s = 0.2 \cdot \left(\frac{i_p}{t}\right)^2 \cdot \frac{l_s}{a_s}$$

Numerical equations with i_p in kA, F_m in N and l in the same unit as a .



Main conductor stress: $\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_m \cdot l}{8 \cdot Z}$

Sub-conductor stress: $\sigma_s = V_{\sigma s} \cdot V_r \cdot \frac{F_s \cdot l_s}{16 \cdot Z_s}$

When considering the plastic deformation

$V_\sigma \cdot V_r = V_{\sigma s} \cdot V_r = 1$ in two-phase a.c. systems

$V_\sigma \cdot V_r = V_{\sigma s} \cdot V_r = 1$ in three-phase systems without three-phase auto-reclosure

$V_\sigma \cdot V_r = V_{\sigma s} \cdot V_r = 1.8$ in three-phase systems with three-phase auto-reclosure

The resulting conductor stress is a combination of the main and sub-conductor stress:

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_m + \sigma_s$$

The force F_d on each support:

$$F_d = V_F \cdot V_r \cdot \alpha \cdot F_m$$

with

$$V_F \cdot V_r = 1 \text{ for } \sigma_{\text{tot}} \geq 0.8 \cdot R'_{p0.2}$$

$$V_F \cdot V_r = \frac{0.8 \cdot R'_{p0.2}}{\sigma_{\text{tot}}} \text{ for } \sigma_{\text{tot}} < 0.8 \cdot R'_{p0.2}$$

However, in two-phase a.c. systems $V_F \cdot V_r$ does not require a value greater than 2 and in three-phase systems no greater than 2.7.

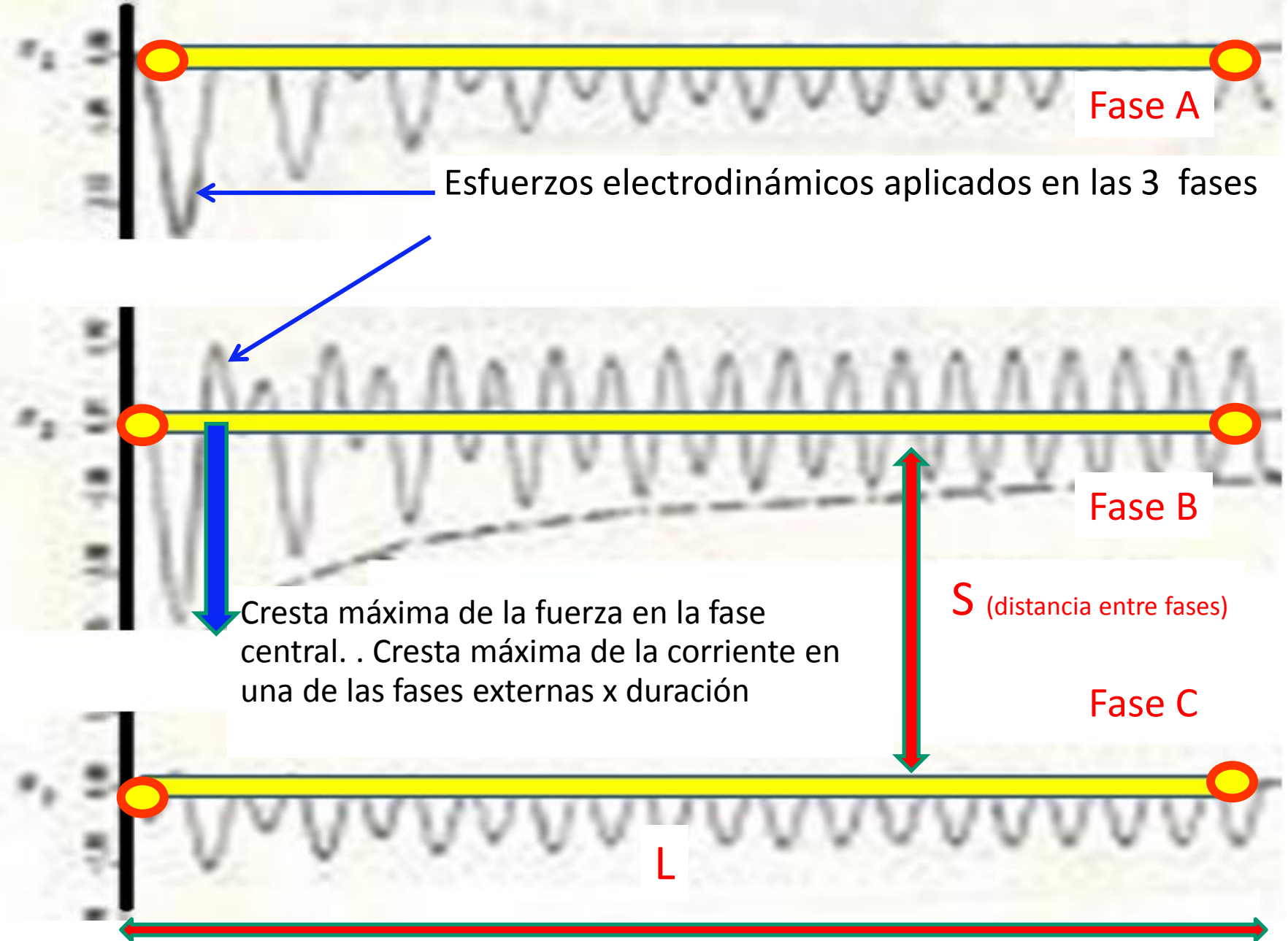
ABB Switchgear Manual

ABB Pocket Book - Switchgear Manual - 10th revised edition

Edited by ABB Calor Emag Schaltanlagen AG Mannheim and ABB

Calor Emag Mittelspannung GmbH Ratingen

Published at: Cornelsen Verlag, Berlin ISBN 3-46448236-7



CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO - 3 barras de longitud L y la distancia S entre las fases

STEP 1)

CALCULAR LA DISTRIBUCIÓN DE LAS FUERZAS ESTATICAS EN

TODOS CONDUCTORES DEBIDO A TODOS LOS OTROS

DF/DM

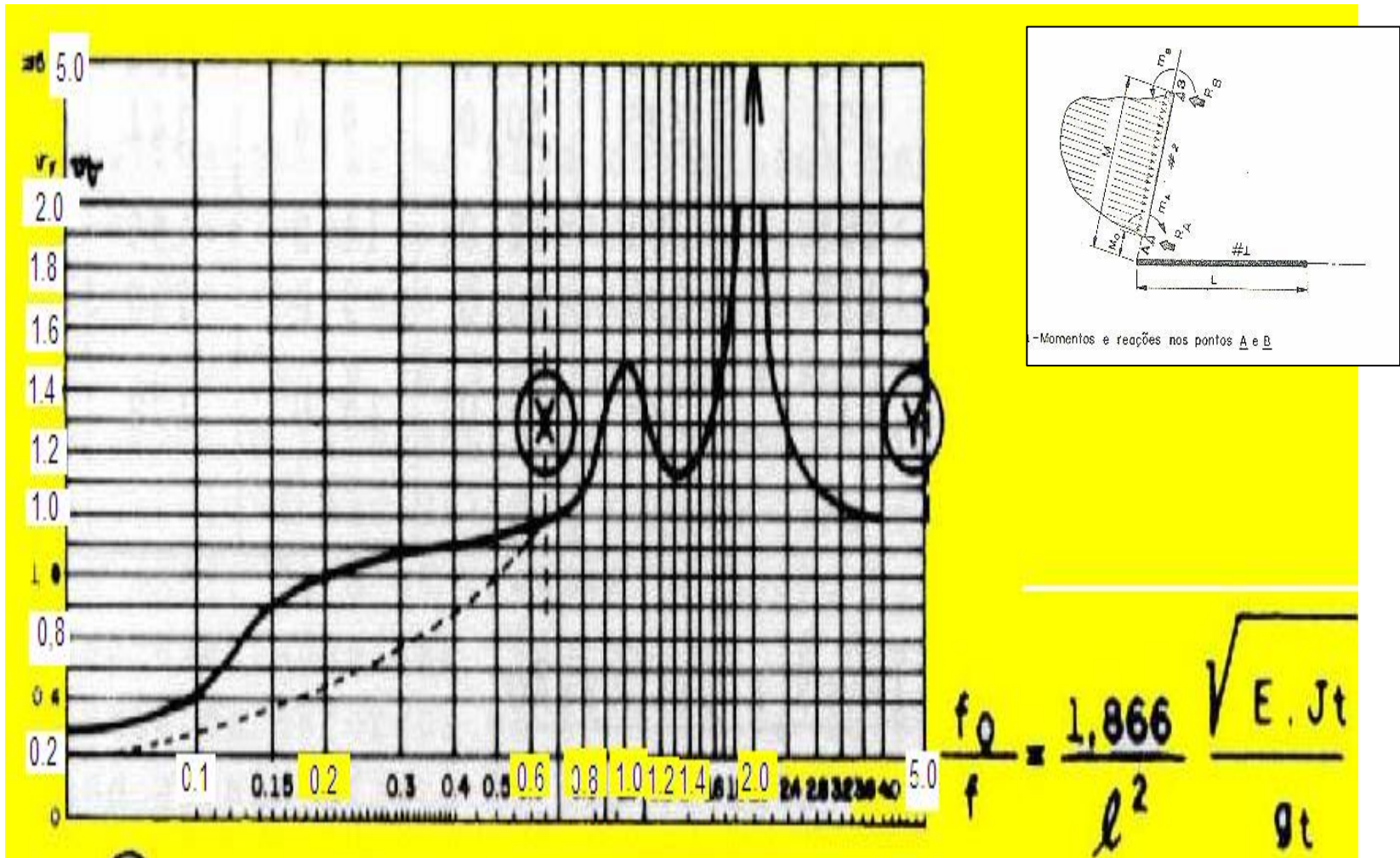
$$\frac{\partial F_x}{\partial m} = (\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot \sin^2 \alpha \cdot m \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha m + L_0^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha m + L_0^2 + S^2} + L_0 - m \cos \alpha \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha m + L^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha m + L^2 + S^2} + L - m \cos \alpha \right) \right] \right\} \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial F_y}{\partial m} = -(\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot \cos \alpha \cdot S \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha m + L_0^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha m + L_0^2 + S^2} + L_0 - m \cos \alpha \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha m + L^2 + S^2}} \left(\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha m + L^2 + S^2} + L - m \cos \alpha \right) \right] \right\} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial F_z}{\partial m} = -(\mu_0 I_1 I_2 / 4\pi) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot m \left\{ \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha m + L_0^2 + S^2}} \cdot \left(\sqrt{m^2 - 2L_0 \cos \alpha m + L_0^2 + S^2} + L_0 - m \cos \alpha \right) \right] - \left[\frac{1}{\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha m + L^2 + S^2}} \cdot \left(\sqrt{m^2 - 2L \cos \alpha m + L^2 + S^2} + L - m \cos \alpha \right) \right] \right\} \quad (3.3)$$

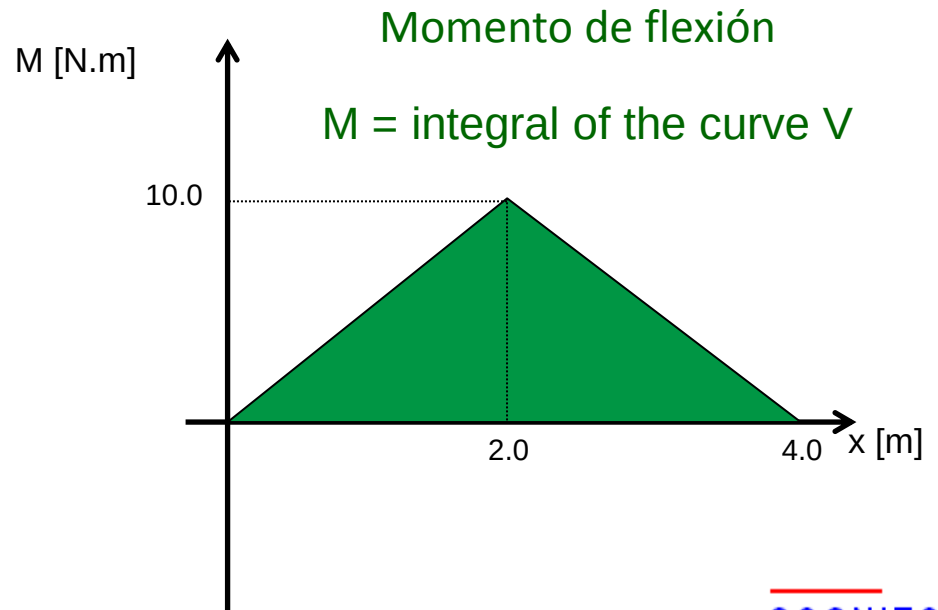
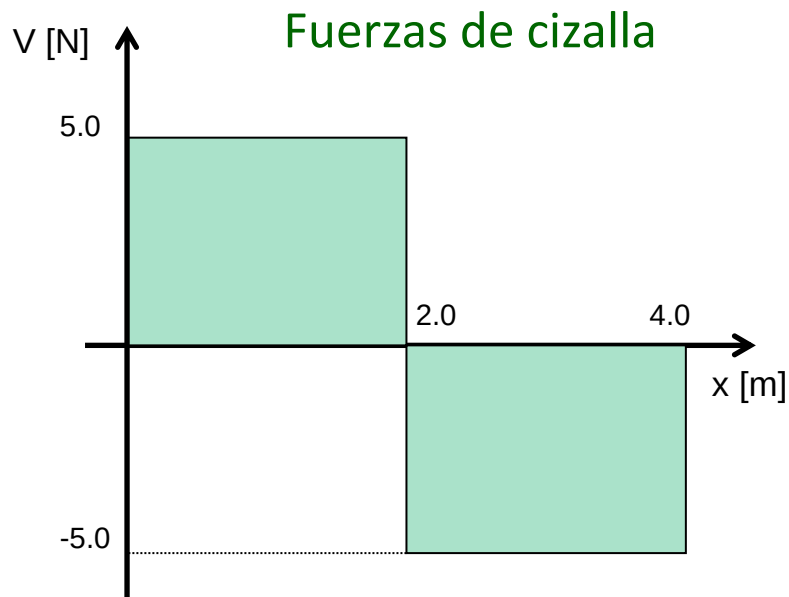
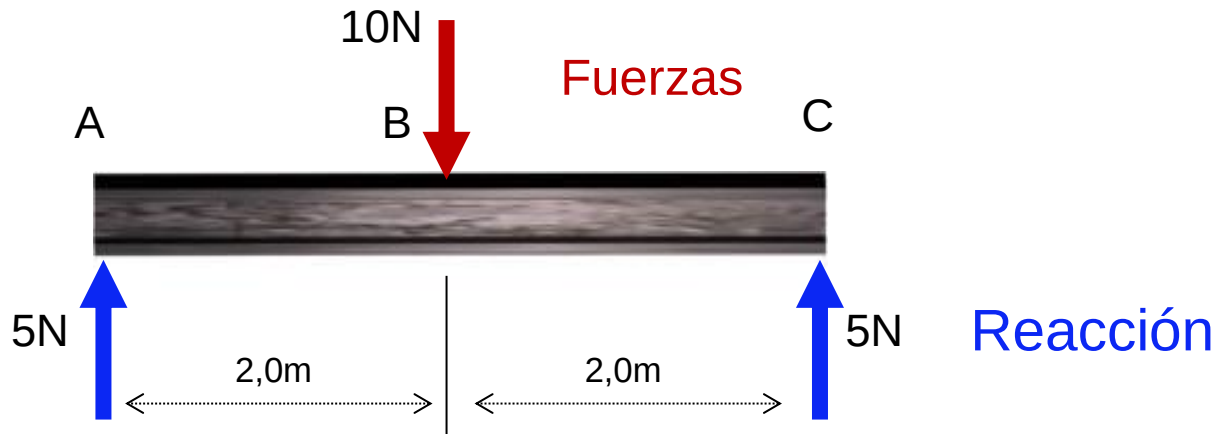
STEP 2) Convertir fuerzas "estáticas" en "dinámicas"

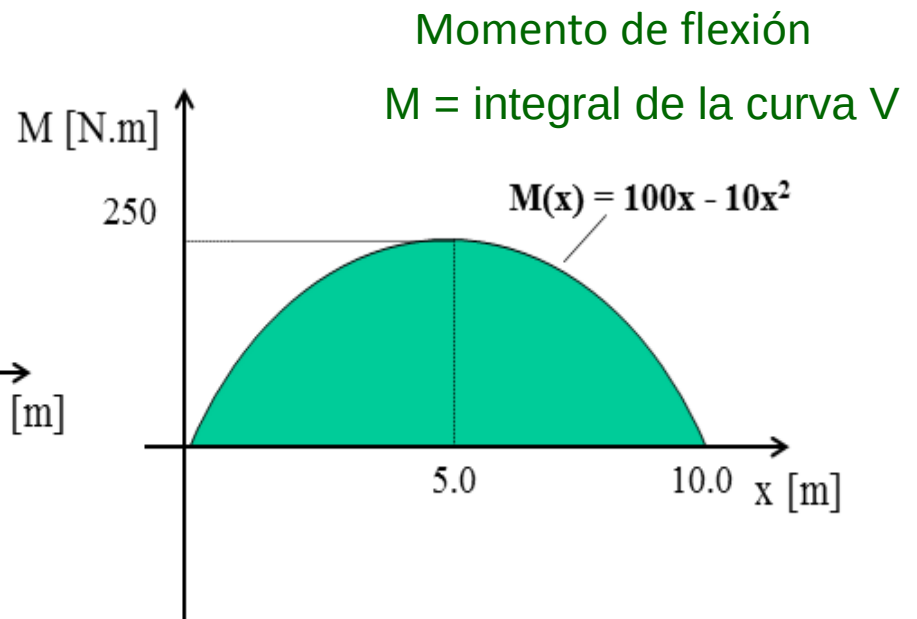
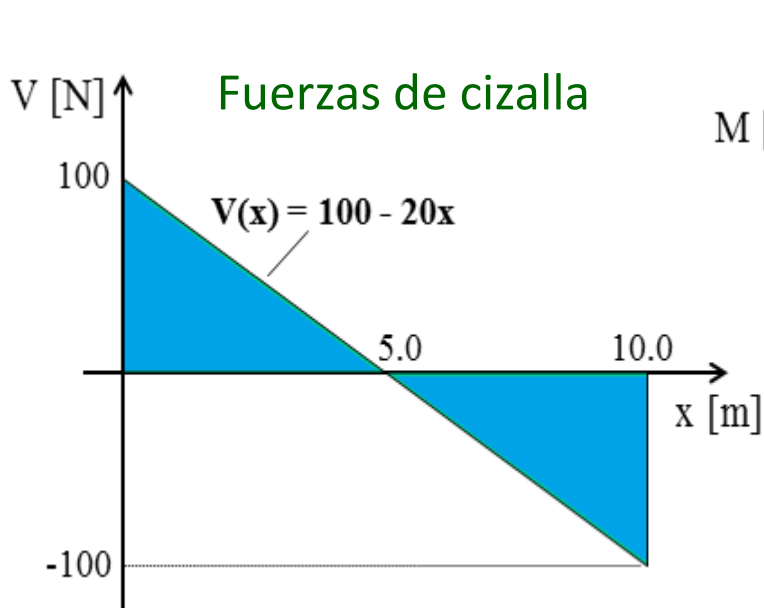
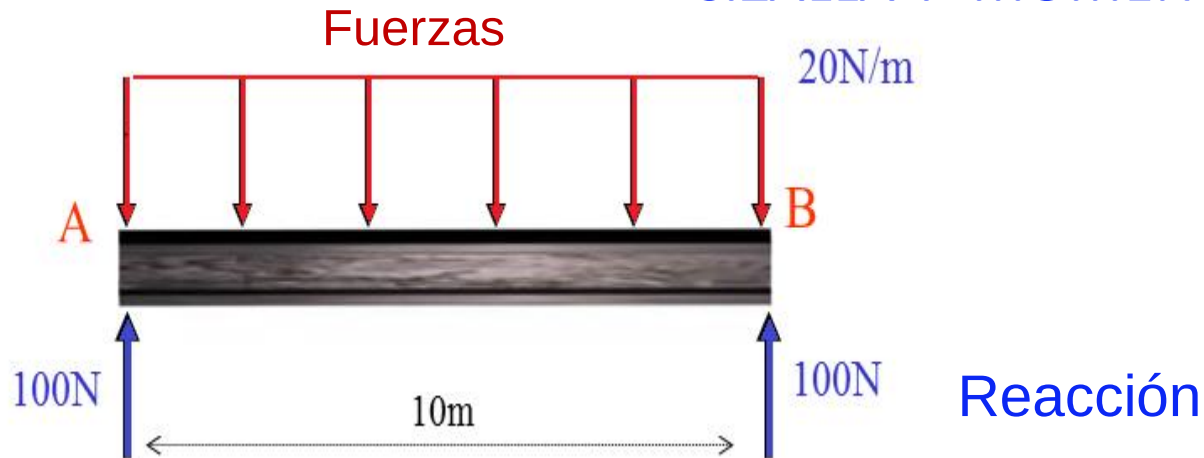
$$F_{\text{dinámicas}} = F_{\text{"estáticas"}} \times \text{factor en eje Y}$$



Step 3

CALCULAR REACCIONES EN AISLADORES, FUERZAS DE CIZALLA Y MOMENTOS DE FLEXIÓN



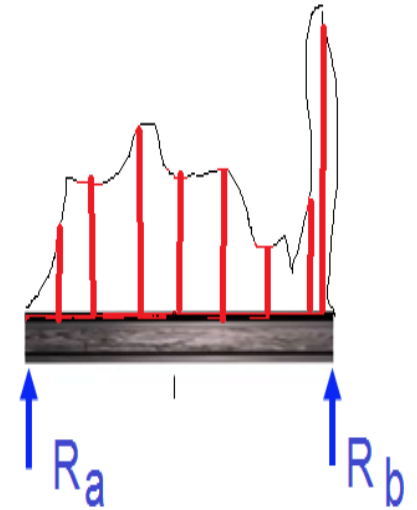
Step 3**CALCULAR REACCIONES EN AISLADORES, FUERZAS DE CIZALLA Y MOMENTOS DE FLEXIÓN**

Step 3**CALCULAR REACCIONES EN AISLADORES, FUERZAS DE CIZALLA Y MOMENTOS DE FLEXIÓN**

- Tenemos en cada conductor

$$\partial F_x / \partial m \quad \partial F_y / \partial m \quad \partial F_z / \partial m$$

obtenido a partir de las ecuaciones generales y multiplicado por un factor dependiente de F_0 / F

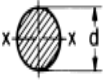
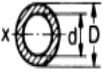
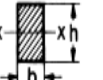


- Calcular las reacciones R_a y R_b por el método de momentos.
- Calcular el diagrama de fuerzas de cizallamiento
- Calcular el diagrama de momento de flexión

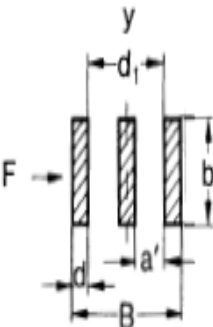
★STEP 4) CALCULAR TENSIONES MECÁNICAS EN LOS CONDUCTORES =
MOMENTO DE FLEXIÓN / MOMENTO RESISTENTE DEL CONDUCTOR

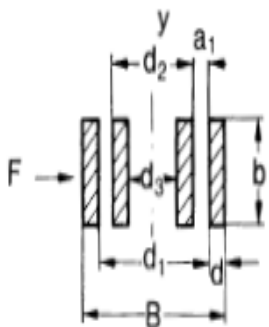
Tensión mecánica = $\frac{\text{Momento de flexión en el punto}}{\text{Momento resistente}}$

Momento resistente (W) = $\frac{\text{Momento de inercia de la viga}}{\text{Mayor distancia del eje a cualquier parte de la viga}}$

Cross-section	Moment of resistance bending ¹⁾ $W^{(1)}$ cm^3	Moment of inertia axial ²⁾ J cm^4
	$\approx 0.1 d^3$	$\approx 0.05 d^4$
	$0.098 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$\approx \frac{D^4 - d^4}{20}$
	$\frac{b h^2}{6}$	$\frac{b h^3}{12}$


$$J_y = \frac{b}{12} (B^3 - a'^3)$$
$$Z_y = \frac{D}{6 B} (B^3 - a'^3)$$


$$J_y = \frac{b}{12} (B^3 - d_1^3 + d^3)$$
$$Z_y = \frac{D}{6 B} (B^3 - d_1^3 + d^3)$$


$$J_y = \frac{b}{12} (B^3 - d_1^3 + d_2^3 - d_3^3)$$
$$Z_y = \frac{D}{6 B} (B^3 - d_1^3 + d_2^3 - d_3^3)$$

★Step 5) COMPARAR VALORES CALCULADOS CON VALORES SOPORTABLES
EN AISLADORES (REACCIONES) Y CONDUCTORES (TENSIONES)

CONDUCTORES (TENSIONES)

$$\sigma_T < \sigma_{0.2}$$

$$\sigma_H + \sigma_T < 1.5 * \sigma_{0.2}$$

$$\sigma_{0.2 \text{ cobre}} = 250 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_{0.2 \text{ aluminio}} = 120 \text{ N / mm}^2$$

AISLADORES (REACCIONES)

(tracción, compresión, flexión)

CONTACT US

GISTER

ARCH

ACK

Also available in cycle-aliphatic resin for outdoor applications.

ISO 9001

Cat. No.	Nom. Voltage (kV)	NEI (kV)	Withstand Voltage	Dimensions Ø (mm)					Qty. of sheds	Leakage Distance (+/- 5 mm)
				A	B	C	D	E		
AT/S-59/95 MLT	8	60	20	59	95	38	36	10	2	115
AT/S-72/95 MLT	8	60	20	72	95	45	46	10	2	119
AT/S-96/102 MLT	8	60	20	96	102	-	-	-	3	120
AT/S-61/130 MLT	10	60	28	61	130	38	36	20	5	175
AT/S-77/130 MLT	10	60	28	77	130	45	46	20	5	190
AT/S-91/130 MLT	10	60	28	91	130	55	65	20	4	180
AT/S-118/130 MLT	10	75	28	118	130	65	-	10	4	207
AT/S-75/150 MLT	15	95	34	75	150	45	-	20	4	220
AT/S-75/175 MLT	20	110	50	75	175	45	36	20	6	270
AT/S-83/175 MLT	20	110	50	83	175	50	46	20	6	250
AT/S-75/210 MLT	24	150	50	75	210	45	36	20	8	335
AT/S-90/210 MLT	24	150	50	90	210	50	46	25	8	300
AT/S-82/300 MLT	36	170	70	82	300	45	36	20	11	505
AT/S-90/300 MLT	36	170	70	90	300	40	36	20	11	545
AT/S-98/300 MLT	36	170	70	98	300	60	46	20	11	480
AT/S-104/372 MLT	36	170	70	104	372	-	-	20	11	550

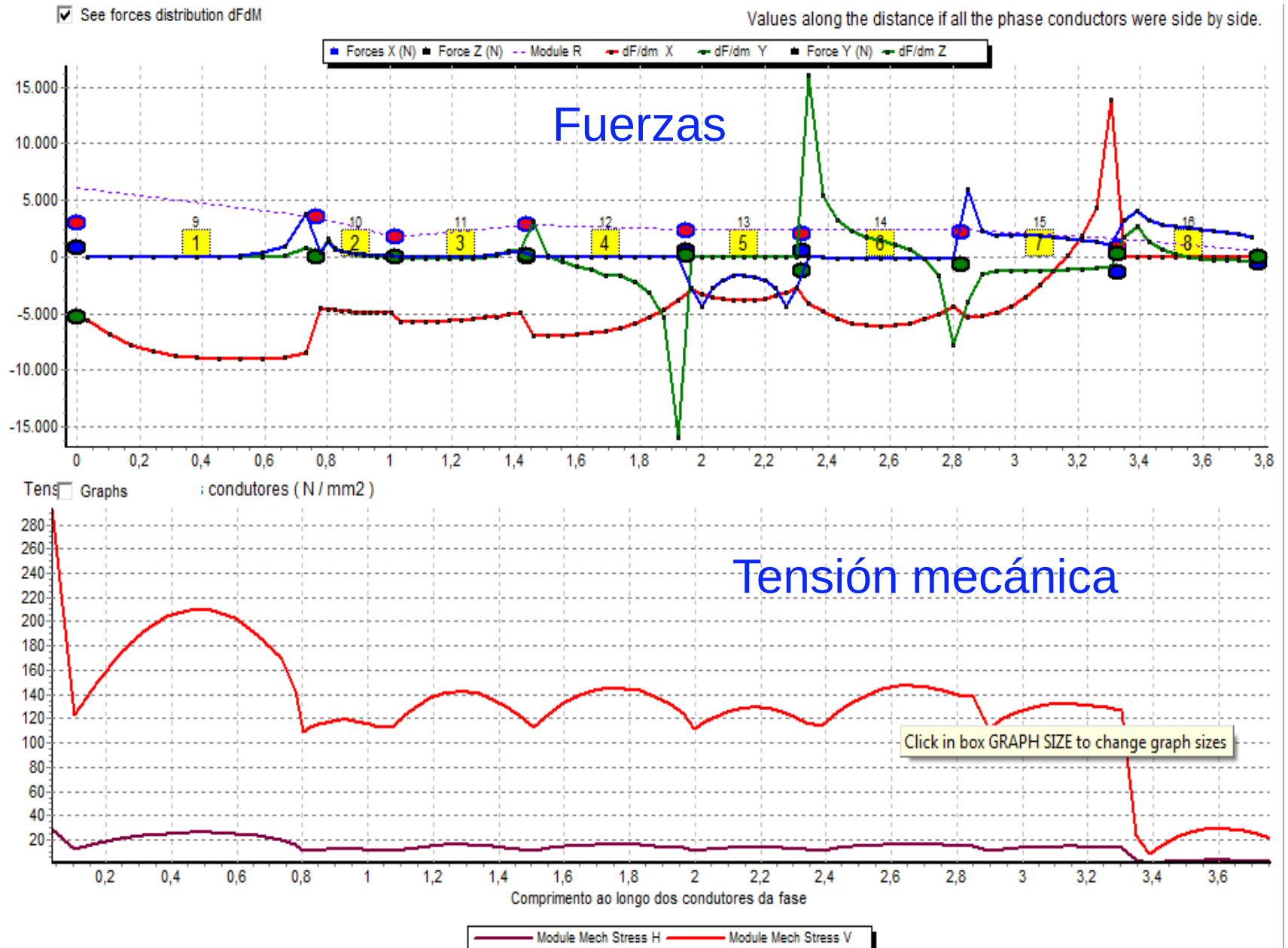
Cont...

Cat. No.	F		Threads G		H		Approx. Weight (g)	Bending Surface Distance (Kgf)	Traction (Kgf)	Compression (Kgf)
	Type	Depth	Type	Depth	Type	Depth				
AT/S-59/95 MLT	M16	25	M6	9	M10	15	420	500/30	1000	>6,000
AT/S-72/95 MLT	M16	26	M10	15	M16	25	650	1000/40	200	>6,000
AT/S-96/102 MLT	M12	32	-	-	M12	32	1290	1000/20	2000	>6,000
AT/S-61/130 MLT	M16	25	M6	9	M10	15	570	500/30	1200	>6,000

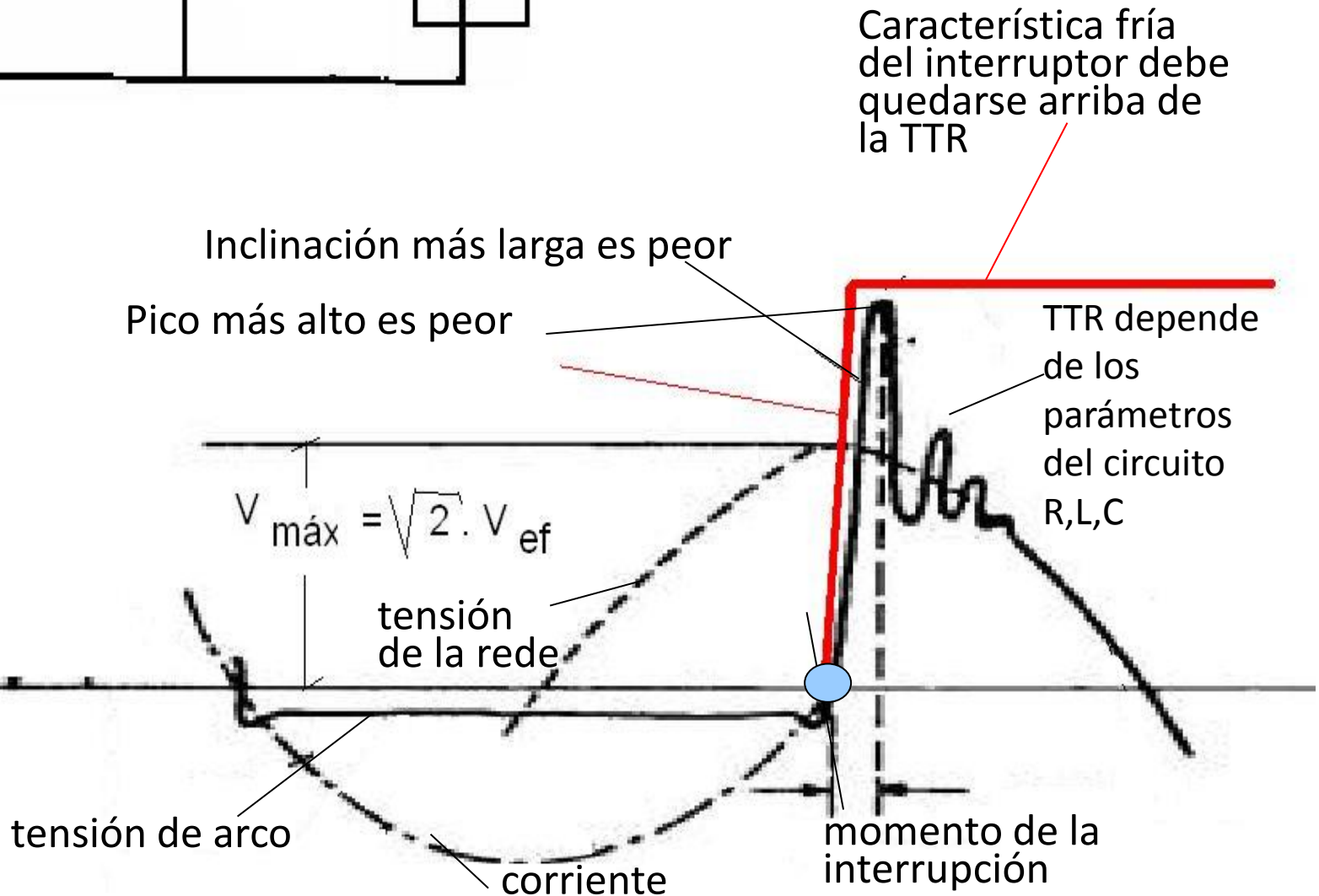
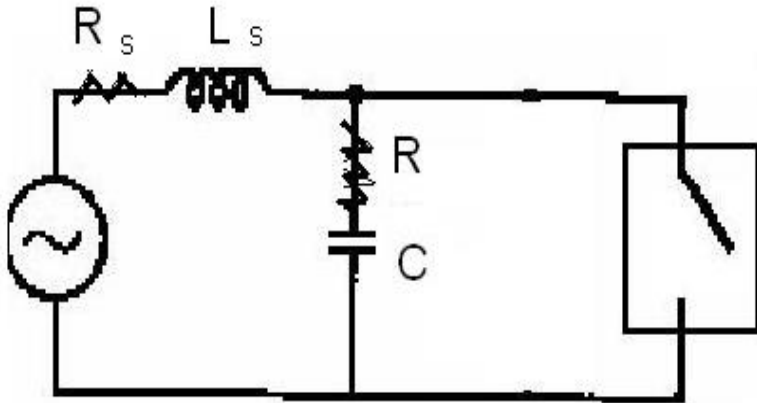


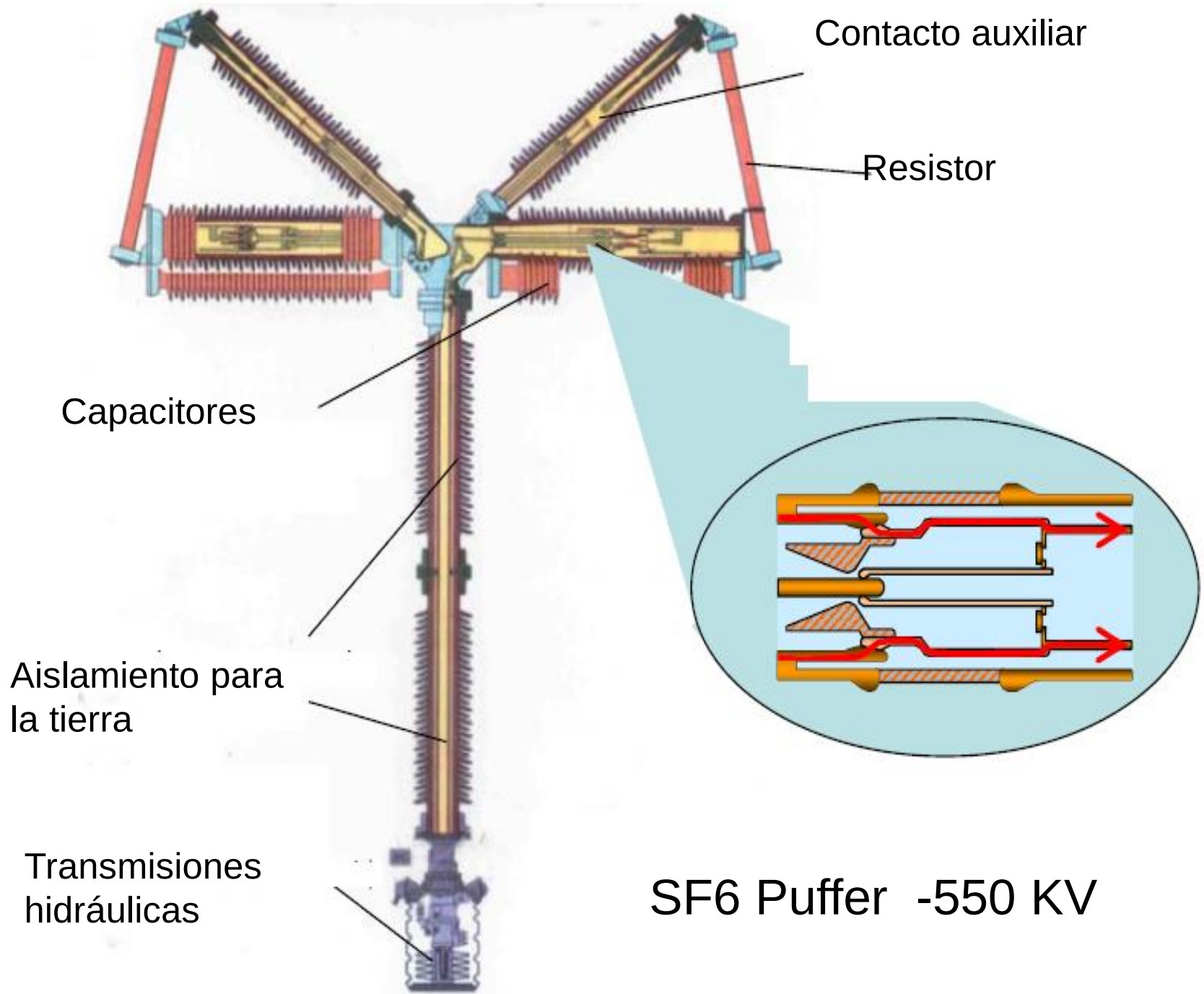
view

Ejemplos con el software



Proceso de interrupción en interruptores y fusibles

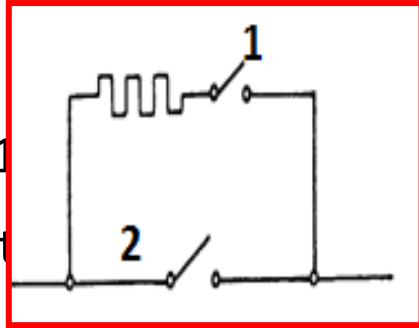




RESISTORES

PREINSERCIÓN

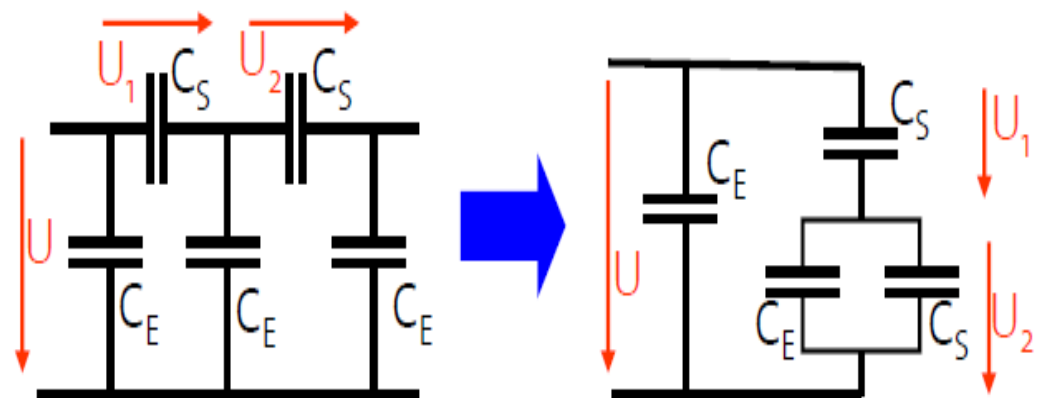
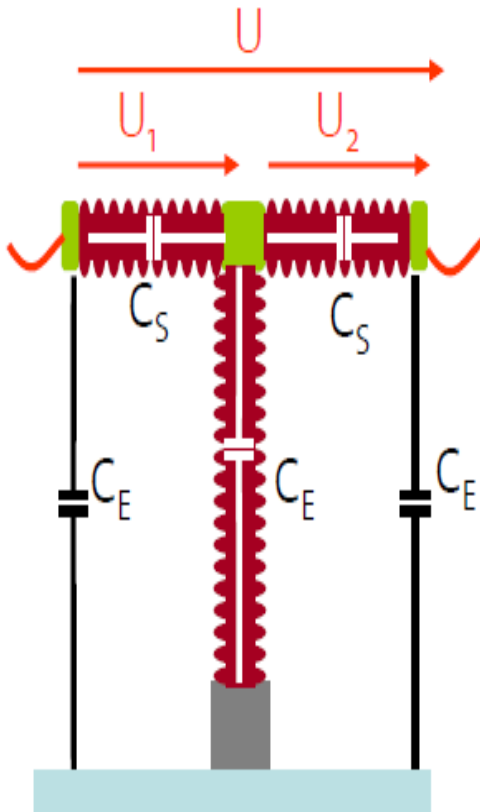
- Cierra el contacto 1
- Después de cierto tiempo abre el contacto 1 y cierra el contacto 2
- Abre el contacto 1
-
- típico 400 Ohm durante 6 - 8 ms)
-
- maniobra de bancos de capacitores (energización y back - to - back)
- energización e religamento de LT's longas
- reducción de corrientes de "inrush" en maniobra de transformadores y reactores en vacío



• APERTURA:

-
- Cierra el contacto 1
- Abre el contacto 2
- Después de cierto tiempo cierra el contacto 1
-
- Típico 600 Ohm durante 15ms)
-
- igualación de las tensiones entre las cámaras (50 000 ohmios)
- reducción de la TRT y TCTR en fallas terminales y kilométricas
- reducción de sobretensiones en la apertura de las pequeñas corrientes inductivas y capacitivas

CAPACITORRES DE IGUALACION DE TENSIONES



$$\frac{U_2}{U} = \frac{U_2}{U_1 + U_2} = \frac{C_S}{2C_S + C_E}$$

Typical values:

C_S = 5-20 pF

C_E (substation) = 5-10 pF

C_E (SF₆) = 50-400 pF

$C_{\text{grading cap.}}$ = 100-2000 pF

145 kV - 1 chamber

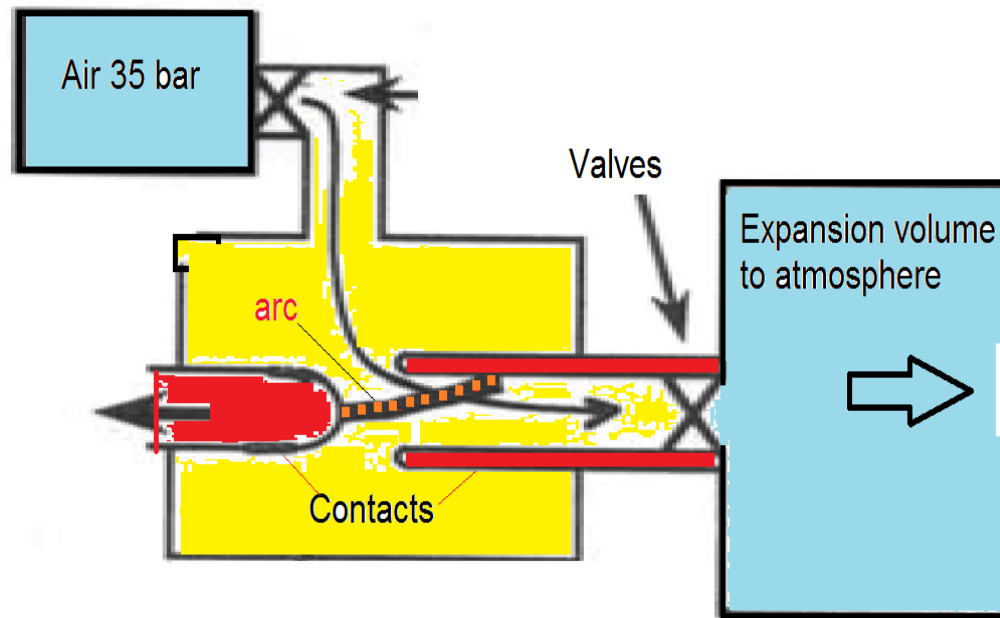
245 kV - 2

362 kV - 2 - 4

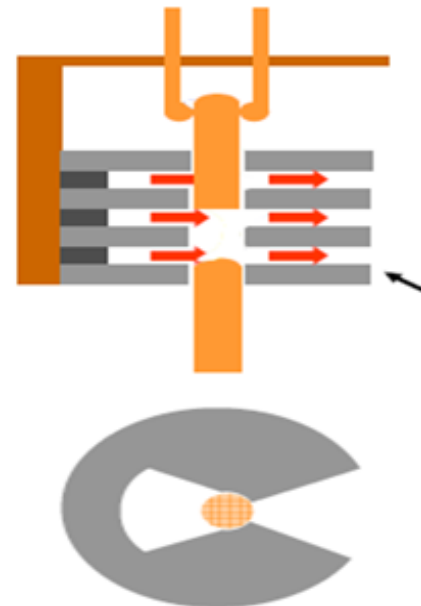
500 kV - 4

800 kV - 8

Interrupidores EN AIRE COMPRIMIDO



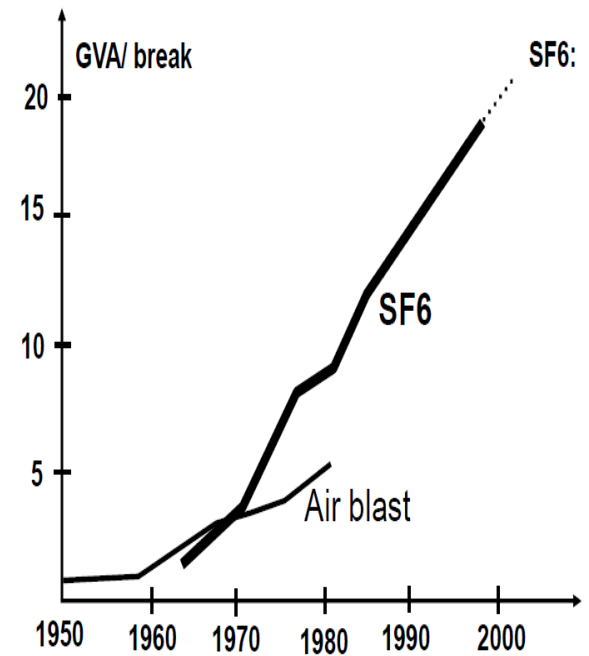
interrupidores EN ACEITE



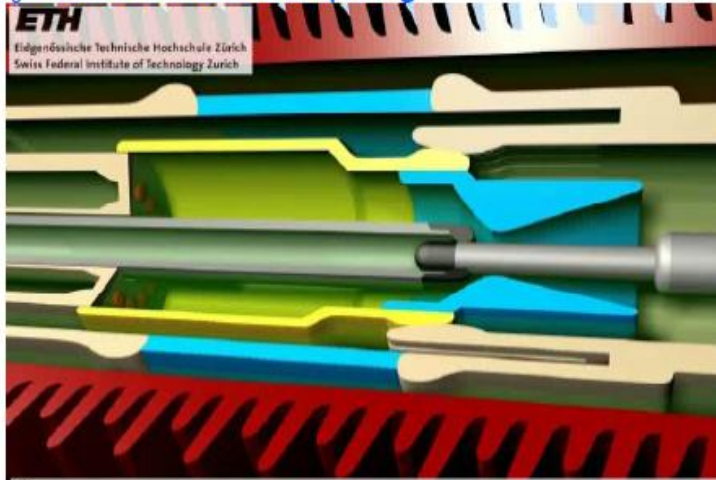
Insulating
plates

INTERRUPTOR SF_6

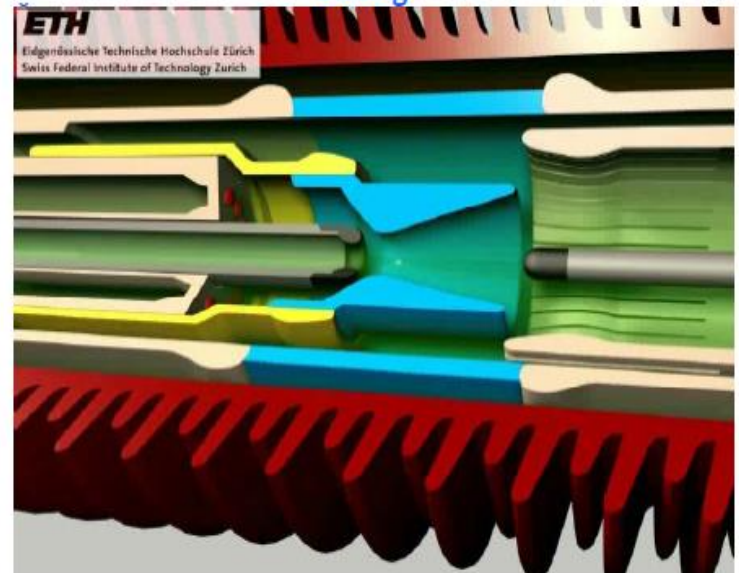
- SF_6 : estable e inerte y 5 x pesado que el aire
- Rigidez dieléctrica 2,5 veces mayor que el aire.
- La contaminación por aire: 20% de aire reduce 5% la rigidez dieléctrica del gas.
- "Puffer" con presión individual (3 ~ 6 bar)
- Pistón se mueve y comprime el gas a presiones de ~ 6 veces la inicial.
- El gas fluye a través de los contactos a alta velocidad



SF_6 Puffer Circuit Breaker: Opening

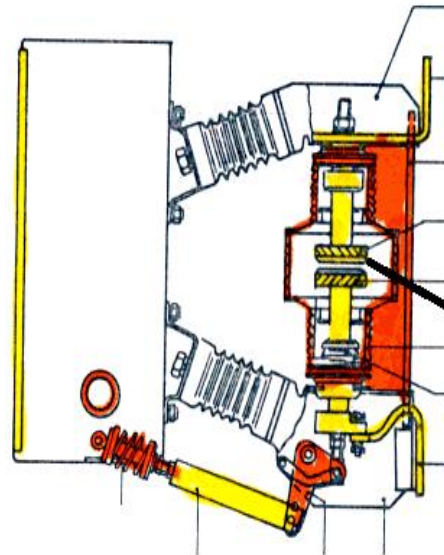
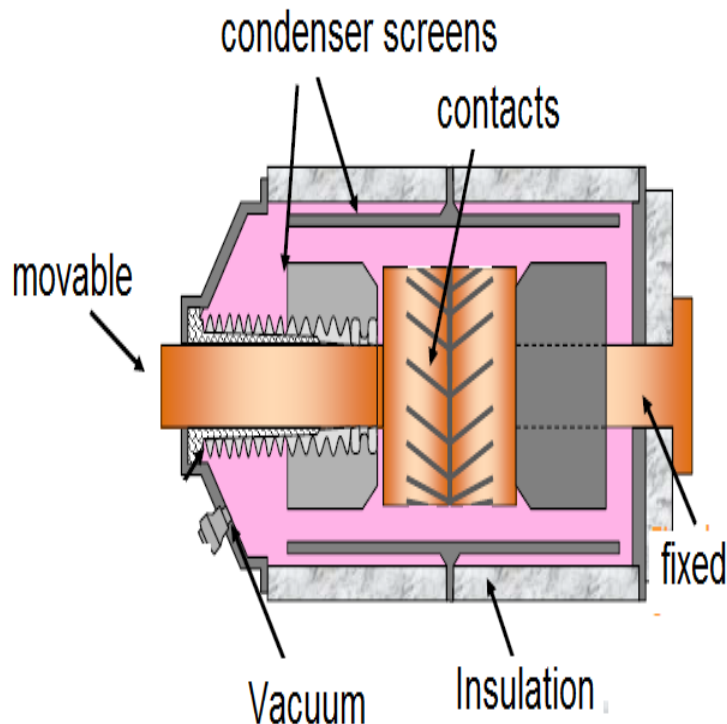


Closing



INTERRUPTORES EN VACÍO

- El arco que se forma entre contactos es diferente de otros tipos de interruptores y se mantiene por iones metálicos vaporizado del material de los contactos.
- En el cero de corriente el espacio entre los contactos es rápidamente de-ionizado por la condensación de vapor en los electrodos metálicos



Secuencia nominal de operación

O - t - CO - t' - CO

t = 3 minutos para interruptores sin religamento rápido

t = 0,3 s para interruptores con religamento rápido

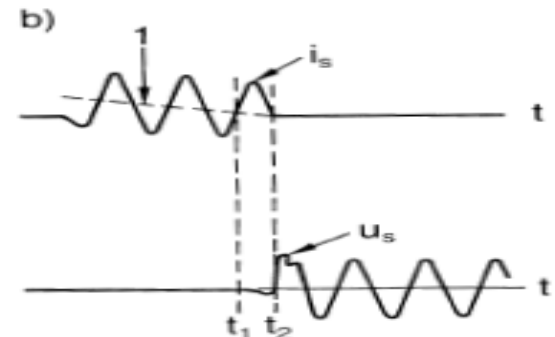
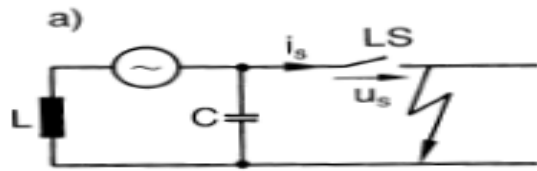
t' = 3 minutos

CO - t'' - CO

t'' = 15 s para interruptores sin religamento rápido

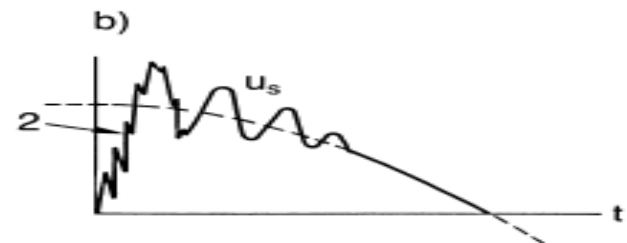
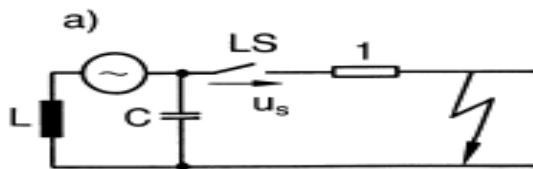
Interrupción de Fallas en los terminales

Terminal fault (asymmetrical short-circuit current), Fig. 10-13



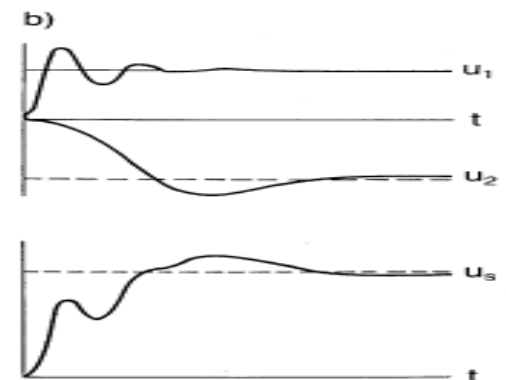
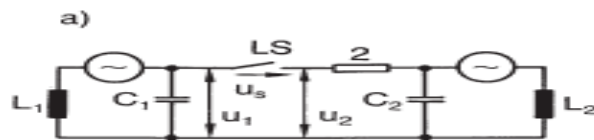
Interrupción de líneas cortas

Short-line fault, Fig. 10-14



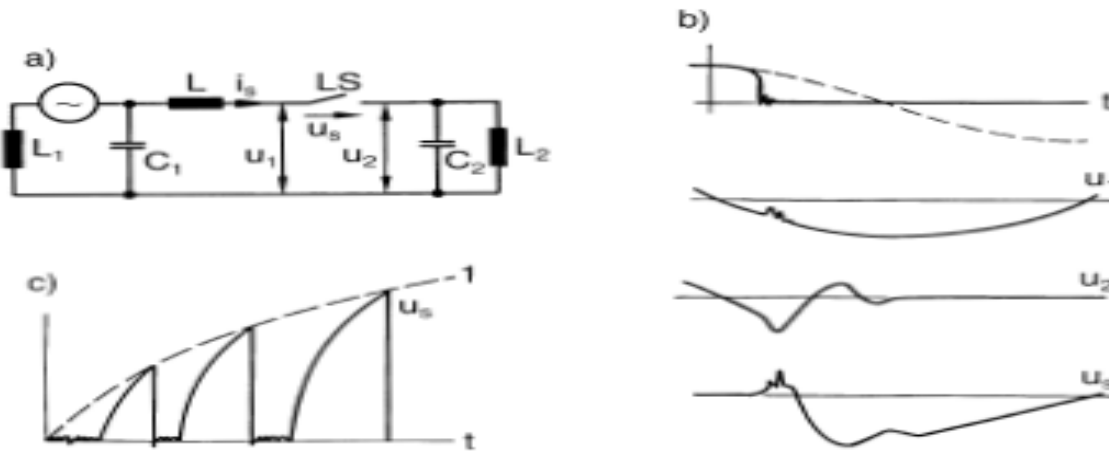
Interrupción en discordancia de fases

Switching under out-of-phase conditions (phase opposition)

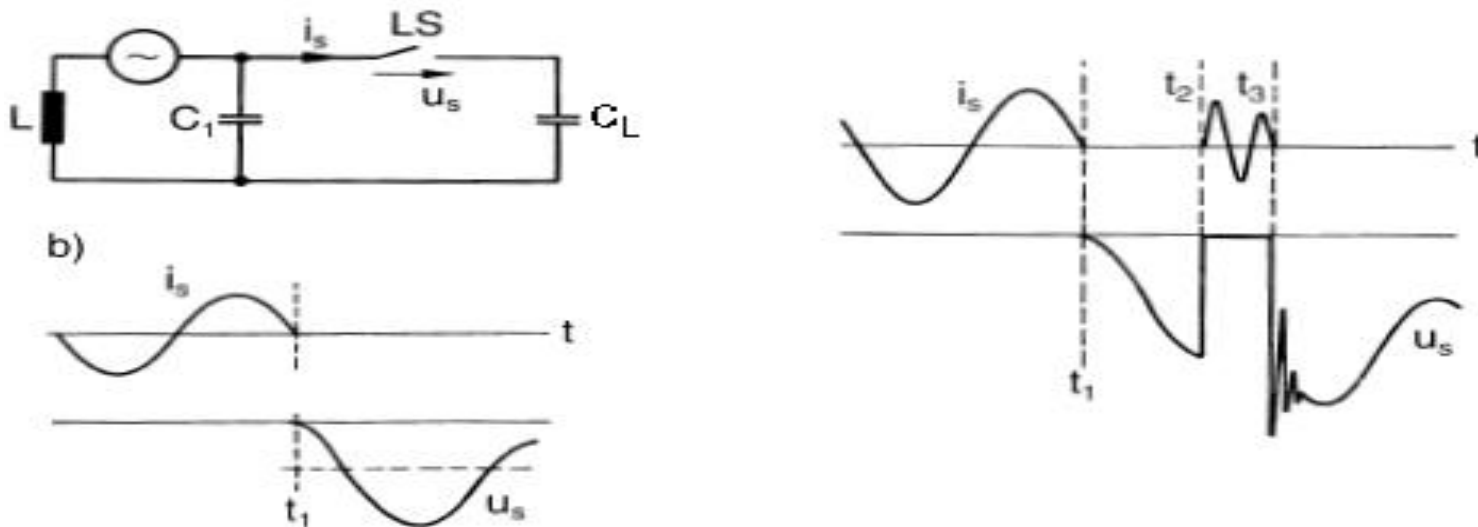


Switching under out-of-phase conditions,
a) simplified equivalent circuit,
b) voltage stress on circuit-breaker

Ruptura de corriente inductiva de pequeña intensidad



Apertura de línea en vacío



MATERIAL COMPLEMENTARIO PARA ESTUDIO

CÁLCULO DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA

- Ecuaciones de cálculo para preparar un programa
- El cálculo de la elevación de la temperatura de los conductores por encima de la temperatura del aire
- El cálculo de la elevación de la temperatura del fluido (aire, ...) por el método de la norma IEC 60890
- Propiedades de los materiales aislantes
- Propiedades de material conductor
- Los comentarios sobre los materiales en contacto
- Efectos de diferentes atmósferas en la oxidación

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA PREPARAR UN PROGRAMA

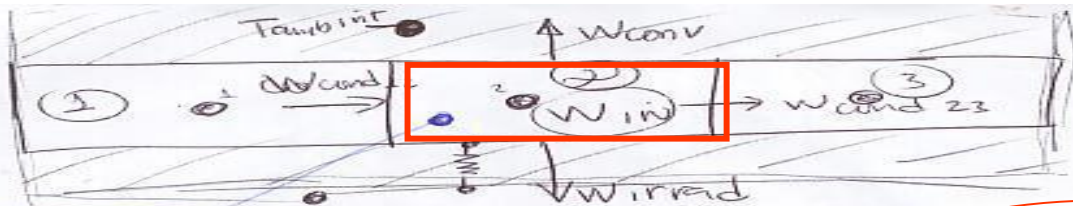


Diagram showing a thermal system with three nodes (1, 2, 3) and heat transfer rates. The system is enclosed in a container with ambient temperature T_{amb} . Heat transfer rates are labeled: $W_{cond 12}$, W_{in} , $W_{cond 23}$, W_{conv} , and W_{irrad} . A velocity vector v is shown at Node 2.

Energy balance equation for Node 2 (circled in red):

$$W_{cond 12} + W_{in} = W_{cond 23} + W_{conv} + W_{irrad} + \text{Massa} \times C_M \times \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

Heat transfer equations for the interfaces (circled in red):

$$\frac{K_{12} \cdot S_{12} (T_2 - T_1)}{\Delta m_{12}} + W_{in} = \frac{K_{23} \cdot S_{23} (T_3 - T_2)}{\Delta m_{23}} + W_{conv} + W_{irrad} + \text{Massa} \times C_M \times \frac{(T_2 - T_{2,old})}{\Delta t}$$

Passing to ΔT :

$$\frac{K_{12} S_{12}}{\Delta m} (\Delta T_1) + \left(\frac{K_{12} S_{12}}{\Delta m_{12}} - \frac{K_{23} S_{23}}{\Delta m_{23}} - \frac{\text{massa} \times C_M}{\Delta t} \right) \Delta T_2 + \frac{K_{23} S_{23}}{\Delta m_{23}} (\Delta T_3)$$

Energy balance for Node 2 (circled in red):

$$-W_{conv} - W_{irrad} = -W_{in} - \text{massa} \times C_M \times \frac{\Delta T_{2,old}}{\Delta t}$$

or:

$$\left\{ \begin{aligned} &+ \frac{K_{12} S_{12}}{\Delta m_{12}} (\Delta T_1) \\ &+ \frac{K_{23} S_{23}}{\Delta m_{23}} (\Delta T_3) \end{aligned} \right\} + \left(\frac{K_{12} S_{12}}{\Delta m_{12}} - \frac{K_{23} S_{23}}{\Delta m_{23}} - \frac{\text{massa} \times C_M}{\Delta t} - \frac{W_{conv}}{\Delta T_2} - \frac{W_{irrad}}{\Delta T_2} \right) \Delta T_2 = -W_{in} - \text{massa} \times C_M \times \frac{\Delta T_{2,old}}{\Delta t}$$

aux 1

aux 2

W out =

Veloc. = $0,065 \frac{m}{s}$

Velocidade tem + impactsa se 1 barra.

W out absorber =

W in absorber =

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA PREPARAR UN PROGRAMA

A MATRIZ DE ELEVACION DE TEMPERATURAS (1/3)

aux 1									ΔT_1	aux 2
W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}							ΔT_2	aux 2
	W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}						ΔT_3	aux 2
		W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}					ΔT_4	aux 2
			W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}				ΔT_5	aux 2
				W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}			ΔT_6	aux 2
					W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}		ΔT_7	aux 2
						W_{cond12}	aux 1	W_{cond23}	ΔT_8	aux 2
							W_{cond12}	aux 1	ΔT_9	aux 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
○	○	○	○	○	○	○	○	○

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA PREPARAR UN PROGRAMA

Os termos

$$\text{Aux1} = -W_{\text{cond12}} - W_{\text{cond23}} - W_{\text{conv-div-r}} - W_{\text{rad-div-r}} - \frac{MC_{\text{div-OT}}}{\Delta T}$$

$$\text{Aux2} = -W_{\text{in[pt]}} + W_{\text{statechange}} + W_{\text{out interruption}} - \text{old_MCD}$$

$$W_{\text{out[pt]}} = W_{\text{cond12}} + W_{\text{cond23}} + W_{\text{conv-div-r}} + W_{\text{rad-div-r}} + W_{\text{out interruption}}$$

$$W_{\text{in[pt]}} = W_{\text{wire}} + W_{\text{arc}} + W_{\text{constrict}} + W_{\text{ext}}$$

$$\text{old_MCD} = \frac{\text{old } T_{\text{sr[pt]}} \times \text{Cond Mass[pt]} \times CM_{\text{1a}}}{\Delta T_{\text{res}}}$$

$$MC_{\text{div-OT}} = \frac{\text{Cond Mass[pt]} \times CM_{\text{eq}}}{\Delta T}$$

$$W_{\text{rad-div-r}} = S_{\text{total}} \times \sigma \times \epsilon \times T_{\text{amb}}^3$$

$$W_{\text{conv-div-r}} = \frac{S_{\text{total}} \times Km_{\text{1a}} \times Nu_{\text{self}}}{\Delta H}$$

$$\frac{W}{m \cdot V} \times \frac{m^2}{m} = \frac{W}{V}$$

$$W_{\text{cond12}} = W_{\text{cond12}}$$

$$Km_{\text{1a}} \times \text{Series}$$

$$\Delta m_{\text{cond12}}$$

$$\uparrow$$

$$\text{positive ou negativo?}$$

2/3

	Symbol	Atomic weight	Atomic number	Density (kg/m ³)	Softening temperature (°C)	Melting temperature (°C)	Hardness H (10 ⁸ Pa)	Temperature		Resistivity (10 ⁻⁸ Ωm)	Temperature resistivity coefficient (10 ⁻³ K ⁻¹)	Specific heat (J/kg · K)	Thermal conductivity (W/m · K)	Total emissivity		Remarks
								°C	K					Bare	Oxidized	
Copper (annealed)	Cu	63.546	29	8 889	190	1 083	3.5 to 7.0	0 20 36.85 60	273.15 293.15 310 333.15	1.5881 1.7241 1.838 1.995	4.265 3.93 3.69	382 386 389 394	390 387 382 378	0.05	0.7	Cold-drawn copper: $\rho_{20^\circ\text{C}} = 1.759 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ Copper conductors in cables: $\rho_{20^\circ\text{C}} = 1.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
Brass	70 Cu, 30 Zn			8 530		915	~10	0 20	273.15 293.15	6 6.2	1.53 1.484	377	119 121	0.04	0.6	
Cupro- tungsten	W, 35 Cu, 0.5 Ni			13 600			15	20	293.15	5.3	6		150	0.1	0.5	
Aluminium (ASL)	Al	26.9815	13	2 700	150	658	1.5 to 8.0	0 20 36.85 60	273.15 293.15 310 333.15	2.6 2.8264 3.02 3.28	4.383 4.03 3.77	881 891 900 910	202 203 204 205	0.07	0.6	Aluminium cable conductors: $\rho_{20^\circ\text{C}} = 3.06 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
Almelec (AG5L)	Al, 0.5 Mg, 0.5 Si			2 700		552		0 20 36.85	273.15 293.15 310	3.016 3.25 3.45	3.88 3.6 3.39	890	185	0.07	0.6	Cabled Almelec: $\rho_{20^\circ\text{C}} = 3.3 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
Al. alloy (AG3)				2 700				20	293.15	5.5		890	125	0.07	0.6	
Ductalex	Be, Cu, Mg			2 700				20	293.15	2.826	3.9	890		0.07	0.6	Alloy still at experimental stage
Silver	Ag	107.868	47	10 500	180	962	2.6 to 6.0	0 20	273.15 293.15	1.47 1.59	4.08 3.77	234 235	418			
Tin	Sn	118.69	50	7 300	100	232	0.45 to 0.6	0 20 60	273.15 293.15 333.15	11 12 14	4.47	223.5 226.4 232.2	62.8 62.5 62.0	0.08	0.55	Amorphous state (β)
Nickel	Ni	58.71	28	8 900	520	1 453	7.0 to 20.0	0 20 60	273.15 293.15 333.15	5.9 6.84 8.73	6.9	398 412 442	95.2 92.5 87.8	0.02		Pure nickel
Exconal	Copper plated aluminium (15% Cu by volume)			3 630				20	293.15	2.65	4.1	710	240	0.05	0.7	Contact surface equivalent to annealed copper

PROPIEDADES DEL MATERIAL (aislantes)

	Pressure (bar) (10 ⁵ Pa)	Temperature		Density ρ (kg/m ³)	Thermal conduc- tivity λ (W/m · K)	Dynamic viscosity μ_d (10 ⁻⁵ Pa · s)	Compres- sibility β (10 ⁻³ K ⁻¹)	Specific heat C_p (J/kg · K)	Remarks
		°C	K						
Air	1	-23.15	250	1.4133	0.02227	1.599	4.017	1005.4	
		0	273.15	1.2928	0.02419	1.728	3.67	1005.6	
		20	293.15	1.205	0.02585	1.822	3.40	1006.3	
		46.85	320	1.1033	0.02779	1.939	3.131	1007.3	
SF ₆	1.3	20	293.15	7.95	0.01355	1.52	3.33	655	Indicative values
Sulphur	3	20	293.15	18.65	0.01355	1.52	3.33	655	
hexa- fluoride	5	87.5	360.65	25.3	0.0142	1.82	2.78	766	
	Liquid	20	293.15	1371	0.150	29.1	7.1	1557	
Oil	1	20	293.15	870	0.13	26	0.764	1880	Indicative values

Metal	Reactant	Reaction product	Oxidation formula obtained	Units Remarks	Sources	Examples		
						Temperature (°C)	Thickness formed × 10 ⁻¹⁰ m	
							After 1000 h	After 100 000 h
Copper	Atmospheric oxygen	Cu ₂ O	$s = \sqrt{s_0^2 + t \cdot e^{\left(34.31 - \frac{11\,700}{T_c}\right)}}$	s, s_0 in angströms*; ($s_0 \approx 20$ Å, oxide thickness immediately formed on the metal) t = time in hours T_c = temperature in kelvins (thermodynamic temperature)	Rönnquist, quoted by Holm (Electric Contacts, Springer Verlag)	20 55 60 85 100	21.7 35 39 87 150	37 170 210 690 1300
Aluminium	Atmospheric oxygen	Al ₂ O ₃	The thickness of Al ₂ O ₃ oxide formed on the aluminium does not exceed 50 Å, the initial oxidation of 20 Å being attained after a few seconds. The film obtained is insulating and must be broken to allow the passage of current in the case of electric contacts. The presence of water vapour favours the growth of the film which can continue for months, but very slowly.			50 Å (unusable without preparation as contact material)		
Tin	Atmospheric oxygen	SnO	$s = 5.22 \ln 47 t \cdot e^{\left(7.92 - \frac{2400}{T_c}\right)}$	s in angströms*, t in hours, T_c in kelvins ($s_0 \approx 15$ Å)	Britton and Bright, Metallurgica 56 (1957), p. 163	20 55 60 85 100	42 103 114 188 250	61 146 162 260 360

Metal	Reactant	Reaction product	Oxidation formula obtained	Units Remarks	Sources	Examples		
						Temperature (°C)	Thickness formed $\times 10^{-10}$ m	
							After 1 000 h	After 100 000 h

Nickel	Atmospheric oxygen	NiO	$s = \sqrt{s_0^2 + t \cdot e^{\left(4.68 - \frac{1800}{T_c}\right)}}$	s in angströms*, t in hours, T_c in kelvins ($s_0 \approx 10 \text{ Å}$)	Pilling and Bedworth, quoted by Holm (Electric Contacts, Springer Verlag)	20 55 60 85 100	15.5 21 22 27 34	150 210 220 270 340
Silver	H ₂ S and sulphurous vapours	Ag ₂ S	$t < 40 : s = 60 t^{1/3} e^{\left(27.5 - \frac{8000}{T_c}\right)}$ $40 \leq t < 70 : s = 0.121 t^{2.57} e^{\left(27.5 - \frac{8000}{T_c}\right)}$ $t \geq 70 : s = 3\,750 t^{0.15} e^{\left(27.5 - \frac{8000}{T_c}\right)}$	In saturated damp air at 20 °C containing 2% by volume of hydrogen sulphide	Frischmeister and Drott, Acta Metallurgica, vol. 7 (Dec. 1959), p. 777	Depends on the concentration of sulphurous vapours. The danger threshold is about 1/10 ⁹ (in volume)		
	Ozone	Ag ₂ O	Remains very thin (<10 Å) and decomposes at 200 °C – its presence is not a problem with contacts			<10 Å		
	Atmospheric sulphur	Ag ₂ S	$s = \sqrt{s_0^2 + t \cdot e^{\left(29 - \frac{8000}{T_c}\right)}}$	s in angströms*, t in hours, T_c in kelvins ($s_0 \approx 16 \text{ Å}$)	According to W.E. Campbell, Electrical Contacts, IIT 1972, p. 185	Does not depend on humidity, but on the air circulation speed. The action of free sulphur S appears preponderant vis-à-vis H ₂ S or SO ₂		

* 1 Å = 10⁻¹⁰ m.

EL CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE INTERNO A LA ENVOLVENTE

RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3
TECHNICAL
REPORT - TYPE 3

CEI
IEC
890

1987

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1995-02

Amendement 1

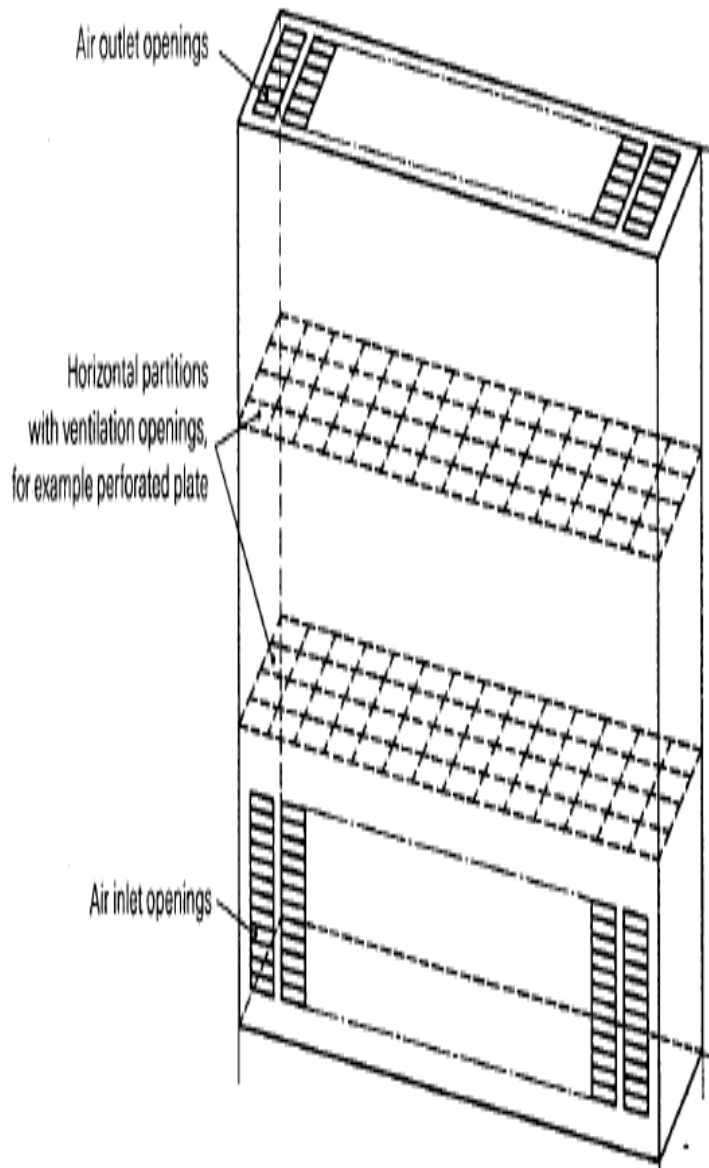
**Méthode de détermination par extrapolation
des échauffements pour les ensembles
d'appareillage à basse tension
dérivés de série (EDS)**

Amendment 1

**A method of temperature-rise assessment
by extrapolation for partially-tested
assemblies (PTTA) of low-voltage
switchgear and controlgear**

- IEC TR 60890
- Estimar la temperatura del fluido ambiente interior en una envolvente metálica
- Con o sin aberturas
- Con una potencia eléctrica disipada conocida
- Dentro de ciertas condiciones

DENTRO DE CIERTAS CONDICIONES



- Sin ventilación forzada
- Potencia eléctrica bien distribuida
- Circulación de aire poco impedida (< 3 particiones horizontales)
- Corrientes < 3150 A
- Si la temperatura externa es >35C vale la temperatura interna
- Corrientes de Foucault muy pequeñas
- Área de pasaje de ventilación en las particiones > 50% del área horizontal de la partición,

El cálculo de la temperatura del aire interno a la envolvente

Variables de calculo

• Dimensiones de la envolvente (H x W x D)

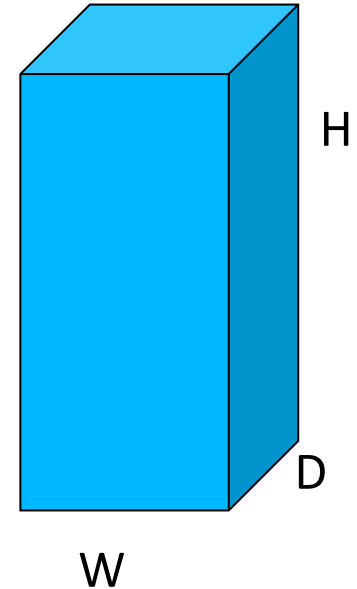
• Tipo de instalación

- ☐ 1) Invólucro separado de paredes em todos os lados
- ☐ ☐ 2) Primeiro ou ultimo de um grupo afastado de paredes
- ☐ 3) Separado de outros mas encostado na parede
- ☐ 3) Involucro central de grupo separado da parede
- ☐ ☐ 4) Primeiro ou ultimo de grupo encostado na parede
- ☐ 5) Involucro central de grupo encostado na parede
- ☒ 4) Invólucro central de grupo encostado na parede e com teto coberto

• Diseño con o sin apertu

• Número de particiones interiores horizontales

• Potencia eléctrica efectiva en el interior de la envolvente



Cálculo del aumento de temperatura en 50% y 100% de la altura

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IEC 60890	Elevación temperatura		Envolvente		Factores					Curva de la temperatura en función de la altura
Área eficaz de enfriamiento	$\Delta T_{50\% h}$	$\Delta T_{100\% h}$	A_e	Sin o con Aperturas	b	k	d	c	x	
$A_e = \sum \text{areas} \times b$	↓	↓	> 1,25 m ²	Sin	Tab III	Fig 3	Tab IV	Fig 4	0,804	5.2.4.1
	$k \times d \times P$	$C \times \Delta T_{50\% h}$		Con		Fig 5	Tab V	Fig 6	0,715	
			< 1,25 m ²	Sin		Fig 7	-	Fig 8	0,804	5.2.4.2

Calc EC890 delta Test

Calculator

Height (H) 2,2

Width (W) 1

Depth (D) 0,5

Type fig4 (C) 2

Contacts losses 1

Bars losses 1

Other power losses 300

Partitions hor. 0

Openings (Y / N) N

Openings area (cm2) 144

Effective area m2 5,8

K 0,13

D 1,00

X 0,80

C 1,41

DeltaT 100% 19,3

DeltaT 50% 13,7

Dimensiones

Tipo de instalación

Watts internos

Particiones

¿Existen aberturas de ventilación

Área de las aberturas de ventilación

Aumento de la temperatura del aire interior

Symbol	Type of installation of enclosure	Curve
	= Separate enclosure, detached on all sides	1
	= Separate enclosure for wall-mounting	3
	= First or last enclosure, detached type	2
	= First or last enclosure, wall-mounting type	4
	= Central enclosure, detached type	3
	= Central enclosure, wall-mounting type	5
	= Central enclosure for wall-mounting and with covered top surface	4

A_0 = superficie de lados exteriores del recinto (m^2)

A_b = superficie de base (m^2)

A_e = superficie de enfriamiento eficaz (m^2)

B = factor de superficie

C = factor de distribución de la temperatura

D = factor de las particiones horizontales

F = factor de altura / base

H, W = altura y la anchura del recinto (m)

K = caja constante

N = número de particiones horizontales

P = Pérdida de potencia efectiva dentro (Watts)

X = exponente

$\Delta T_{0,5}$ aumento de temperatura en 50% de la altura

Tipo de instalación(Figure 4)

Symbol	Type of installation of enclosure	Curve
	= Separate enclosure, detached on all sides	1 -
	= Separate enclosure for wall-mounting	3 -
 	= First or last enclosure, detached type	2 -
 	= First or last enclosure, wall-mounting type	4 -
	= Central enclosure, detached type	3 -
	= Central enclosure, wall-mounting type	5 -
	= Central enclosure for wall-mounting and with covered top surface	4 -

Factor B

(Para calcular el área efectiva de la columna 1)

B

1	Exposed top surface	1,4
2	Covered top surface of built-in enclosures	0,7
3	Exposed side faces (front , rear and side walls)	0,9
4	Covered side faces (front , rear and side walls)	0,5
5	Side faces of central enclosures	0,5
6	Floor surface	0,0

Factor D

	Cantidad de particiones horizontales			
Envolvente sin aperturas ventilación $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	1,00	1,05	1,15	1,30
Envolvente con aperturas ventilación $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	1,03	1,05	1,10	1,15

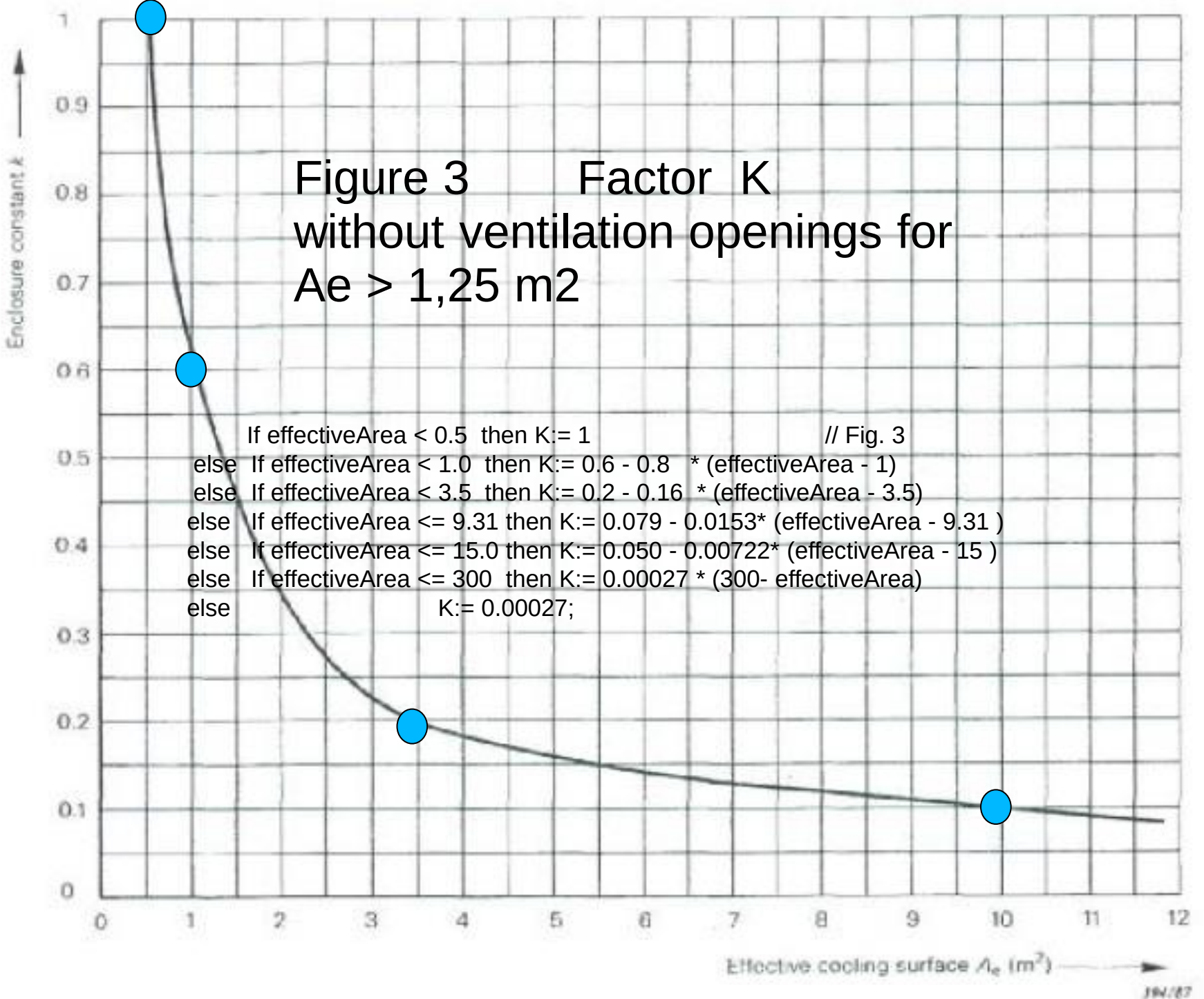


FIG.3. — Enclosure constant k for enclosures without ventilation openings, with an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$.

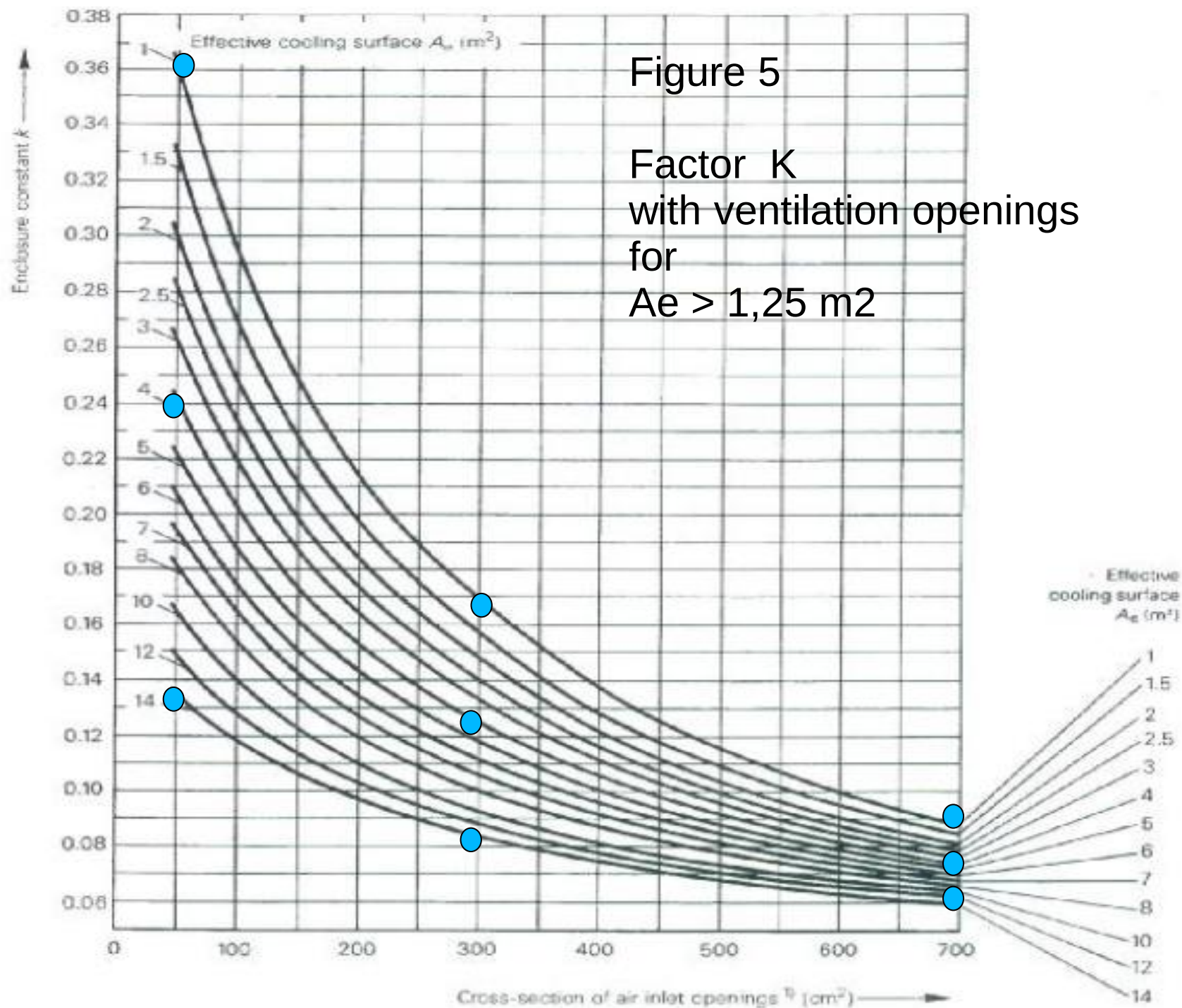
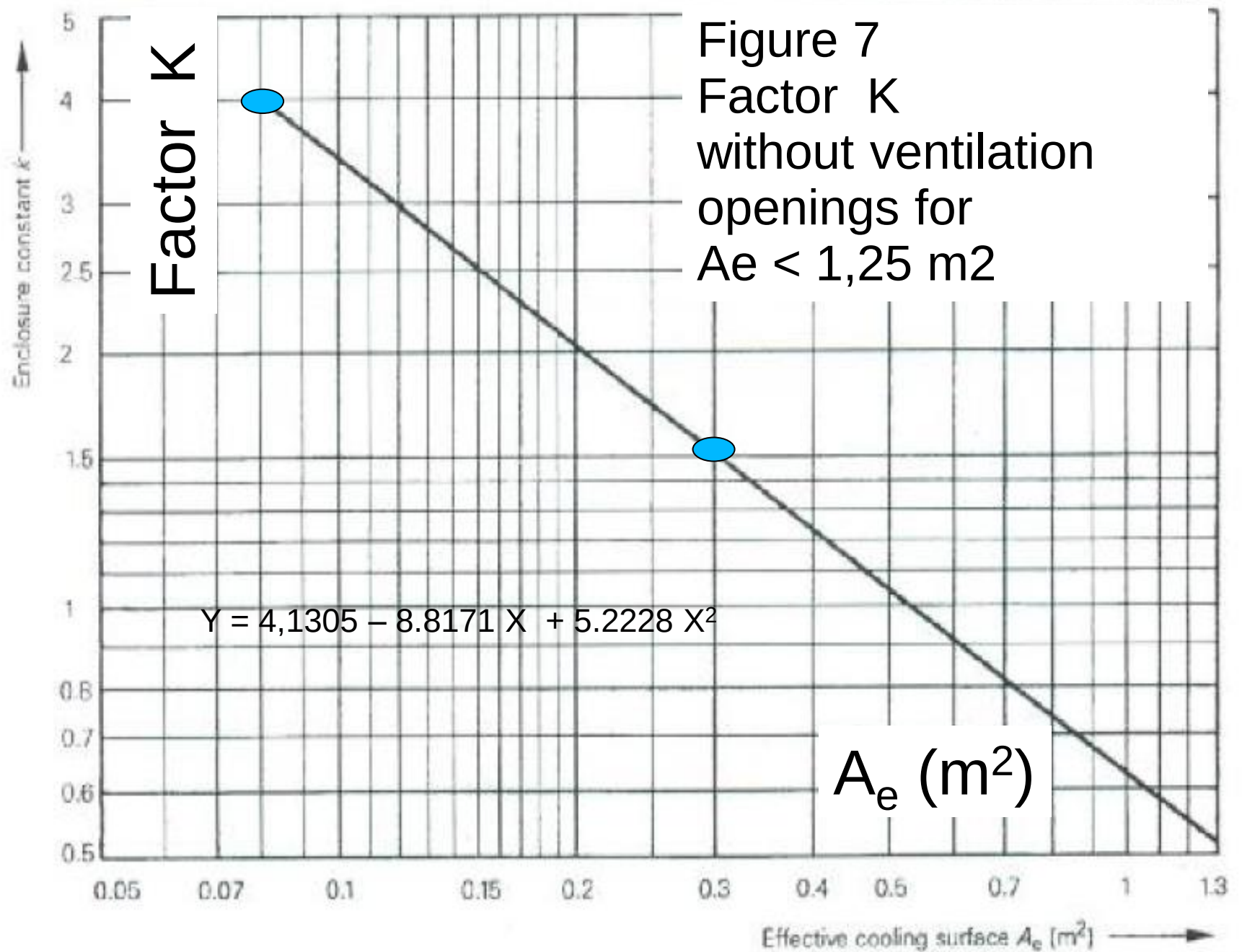


FIG. 5. — Enclosure constant k for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1.25 \text{ m}^2$.



398/87

FIG. 7. — Enclosure constant k for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e < 1.25 \text{ m}^2$.

Factor F to calculate C in figure 4

5.2.3 Determination of the internal temperature rise $\Delta t_{1,0}$ of air at the top of the enclosure

The calculation is made according to formula (3) in column 3 of Table I.

Factor c allows for the temperature distribution inside an enclosure. Its determination varies with the design and installation of the assembly as follows:

- a) For enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface:

$$A_e > 1.25 \text{ m}^2$$

The factor c from Figure 4, page 25, depends on the type of installation and the height/base factor f , where:

$$f = \frac{h^{1.35}}{A_b}$$

- b) For enclosures with ventilation openings and with an effective cooling surface:

$$A_e > 1.25 \text{ m}^2$$

The factor c from Figure 6, page 29, depends on the cross-section of air inlet openings and the height/base factor f , where:

$$f = \frac{h^{1.35}}{A_b}$$

- c) For enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface:

$$A_e \leq 1.25 \text{ m}^2$$

The factor c from Figure 8, page 33, depends on the height/width factor g , where:

$$g = \frac{h}{w}$$

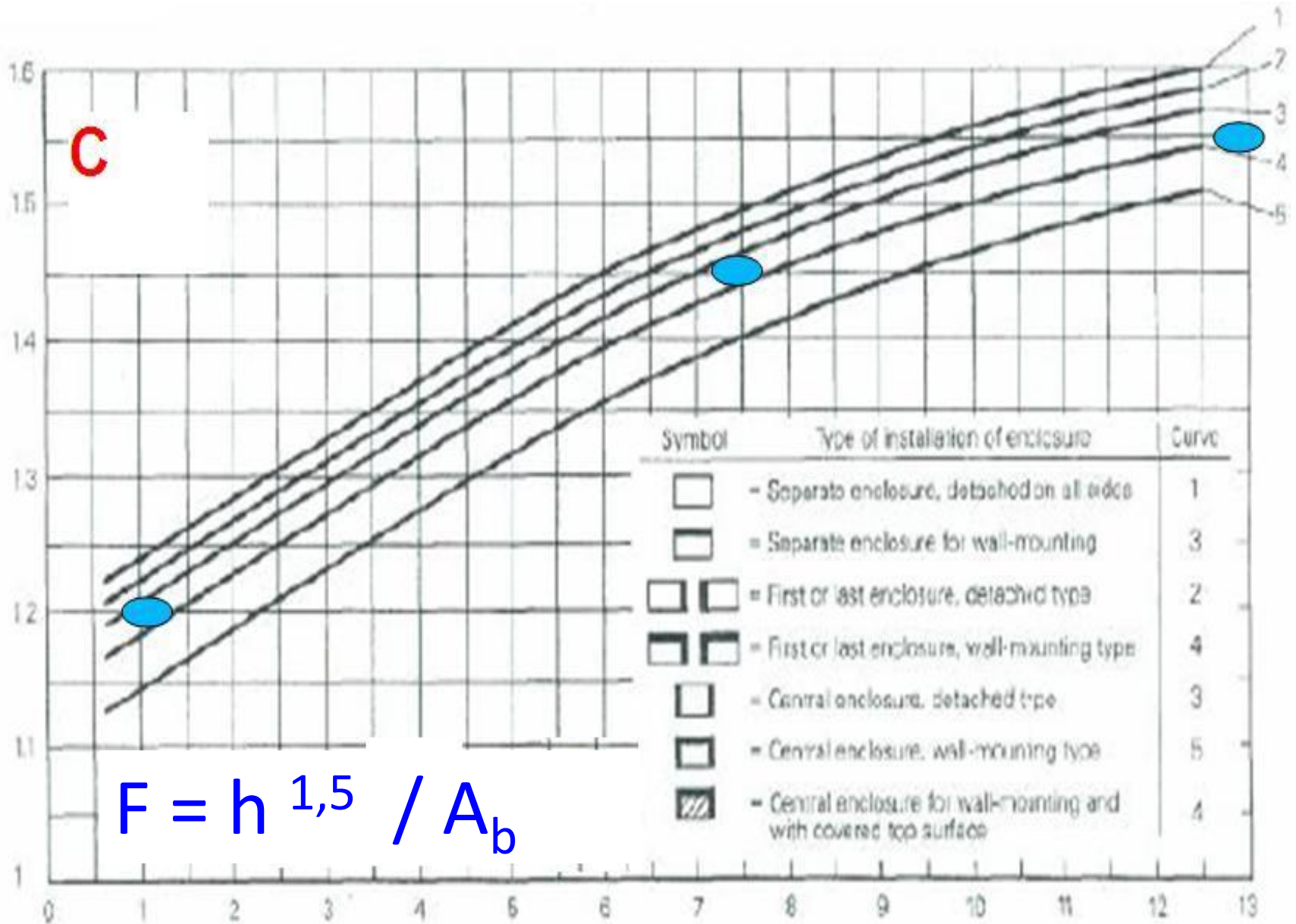
where:

h is the enclosure height, in metres

A_b is the surface area of the enclosure base, in square metres

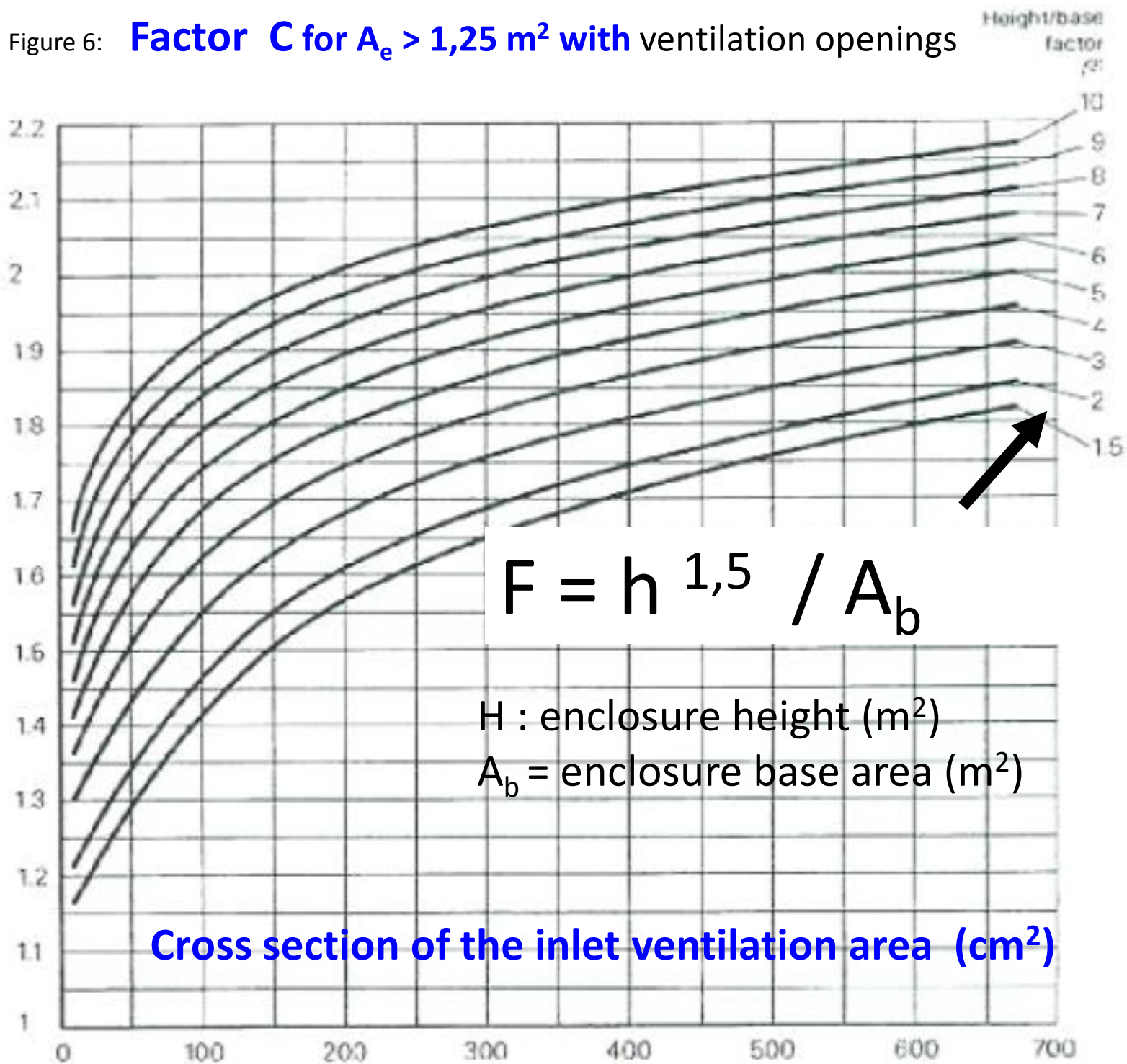
w is the enclosure width, in metres

Figure 4: Factor **C** for $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ with ventilation openings



H : enclosure height (m^2) A_b = enclosure base area (m^2)

Figure 6: **Factor C for $A_e > 1,25 \text{ m}^2$ with ventilation openings**



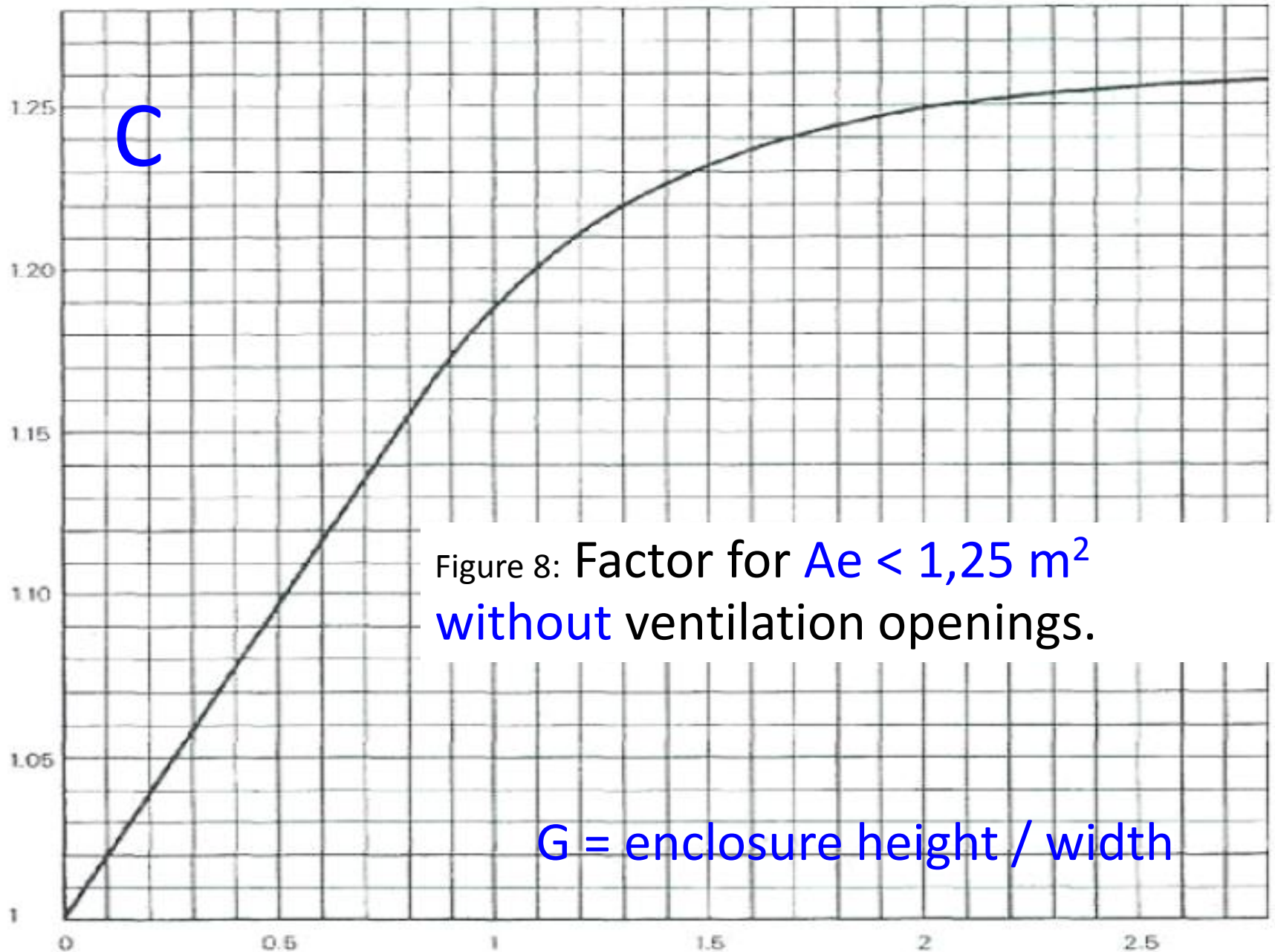
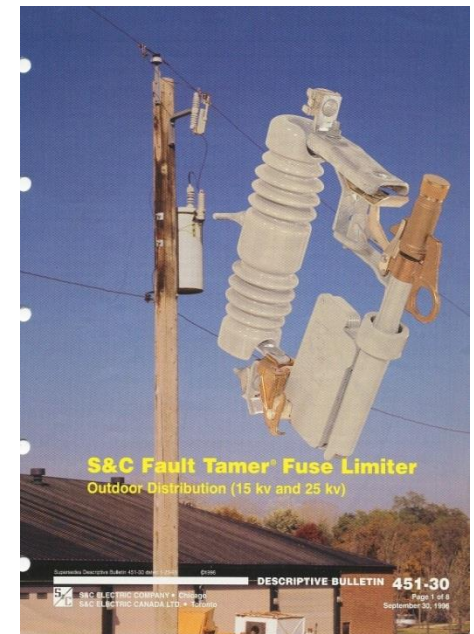


Table 6 – Test parameters

Parameters	Class	Test-duties									
		1		2		3		4		5	
Power-frequency recovery voltage	A to C	(Note 5) Rated voltage $+5_0\%$									
Prospective TRV characteristics	A B C	Table 8 Table 9 Table 10		Table 8 Table 9 Table 11		Table 8 Table 9 Table 12		Table 13 Table 14 Table 14		(Note 7)	
Prospective current (r.m.s. value of the a.c. component)	A to C	I_1 $+5_0\%$ (Note 5)		I_2 from 0,6 I_1 to 0,8 I_1		I_3 from 0,2 I_1 to 0,3 I_1		I_4 from 400 A to 500 A (Notes 1 and 2)		I_5 from 2,7 I_r to 3,3 I_r (Notes 1 and 10)	
Power-factor	A B C	Lower than 0,15 Lower than 0,10 Lower than 0,10						See table 7		From 0,6 to 0,8	
Making angle related to voltage zero (degrees) (Note 9)	A to C	1st test: -5 to +15 2nd test: 85 to 105 3rd test: 130 to 150		1st test: -5 to +15 2nd test: 85 to 105 3rd test: 130 to 150		For all tests, from 85 to 105		Random timing			
Duration of power frequency recovery voltage after interruption (Note 11)	A to C (drop-out)	Not less than drop-out time, or 0,5 s, whichever is greater									
	A to C (non drop-out)	10 min (Note 8)						1 min			
Rated current of fuse-links (Note 6)	A to C	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.		min.	
Number of tests	A to C	3	3	3	3	1	1	2		2	
Number of tests before replacing fuse-carriers (Note 3)	A to C	3	3	3	3	2		4			
Number of fuse-carriers	A to C	1	1	1	1	1		1			
Maximum number of fuse-bases (Note 4)	A to C	1	1	1	1	1		1			

(See notes on next page)

HIGH VOLTAGE EXPULSION TYPE FUSES (IEC 60282-2)

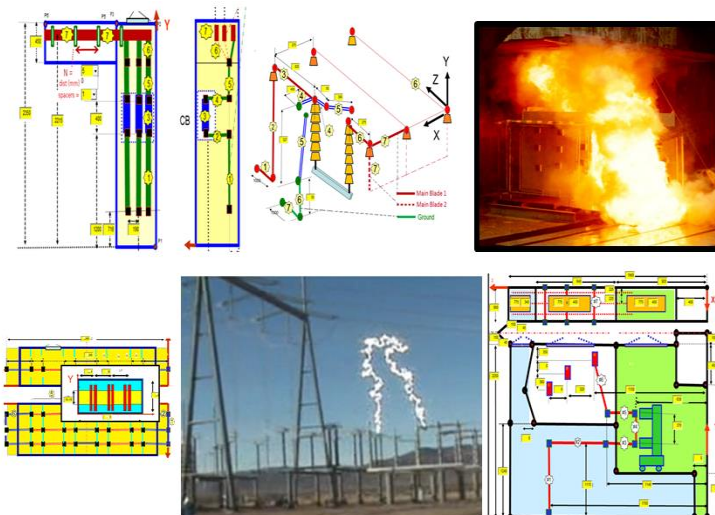


FINAL DEL MÓDULO 3

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)



MODULO 4:

ARCOS ELECTRICOS Y
SEGURIDAD DE PERSONAS Y
INSTALACIONES

■ SOBREPRESIONES POR ARCOS
INTERNOS EN CELDAS (AIRE)

■ LAS EXPLOSIONES E INCENDIOS EN LOS
TRANSFORMADORES (ACEITE)

■ ARCO DE POTENCIA EN CADENAS DE
AISLADORES

SOBREPRESIONES DEL ARCO INTERNO

- ✓ Corrientes en el sistema: el aumento de los niveles
- ✓ Requisitos: ocupación de menos espacio y "permanecer utilizable" en caso de producirse un fallo.
- ✓ Especificaciones:
 - ✓ Algunas temperaturas no deberán ser superadas en el uso normal
 - ✓ Soportar sobrepresiones de arco para evitar riesgos a las personas y dañar las instalaciones
 - ✓ Fuerzas electrodinámicas en aislantes y conductores
- ✓ El más compacto es el tablero y más altas son las corrientes más difícil de cumplir con estas especificaciones
- ✓ Relación entre las pruebas de calentamiento, grado IP y arco interno

PRUBA DEL ARCO INTERNO

- Iniciación del arco es seguida por la vaporización de cobre y otros materiales con aumento de la presión y la apertura de los dispositivos de alivio
- Nivel de protección a las personas cerca del equipo
- Tableros de media tensión: IEC 62271-200: ensayo de tipo para la clasificación IAC .
- Baja tensión: (IEC TR 61641): no es una prueba de tipo pero el mercado pide. (protección de las personas, los equipos y la operación limitada después de arco interno)
- IEC 62271-307: Extensión de la validez de informes

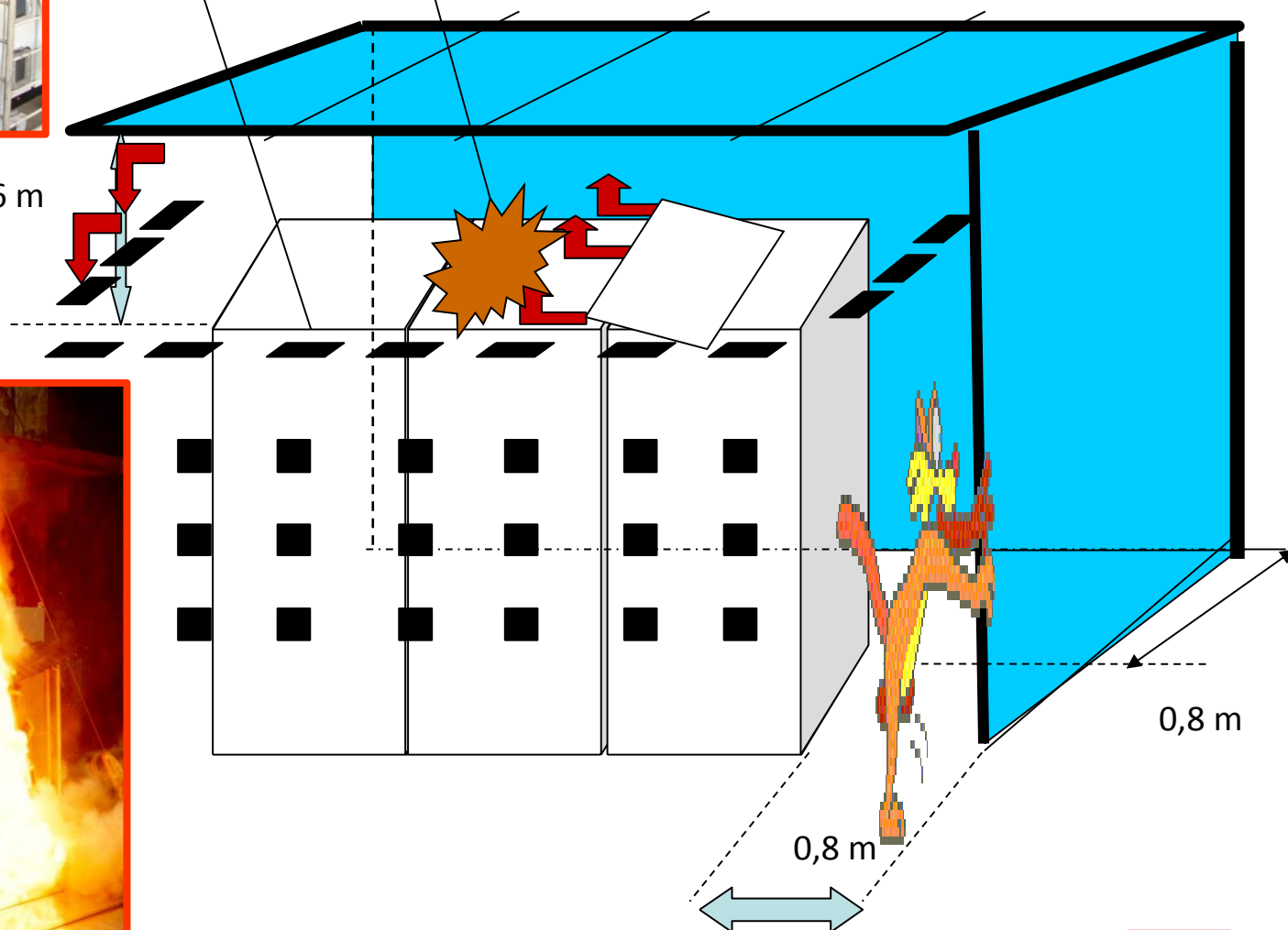


Indicadores de algodón

Gases calientes

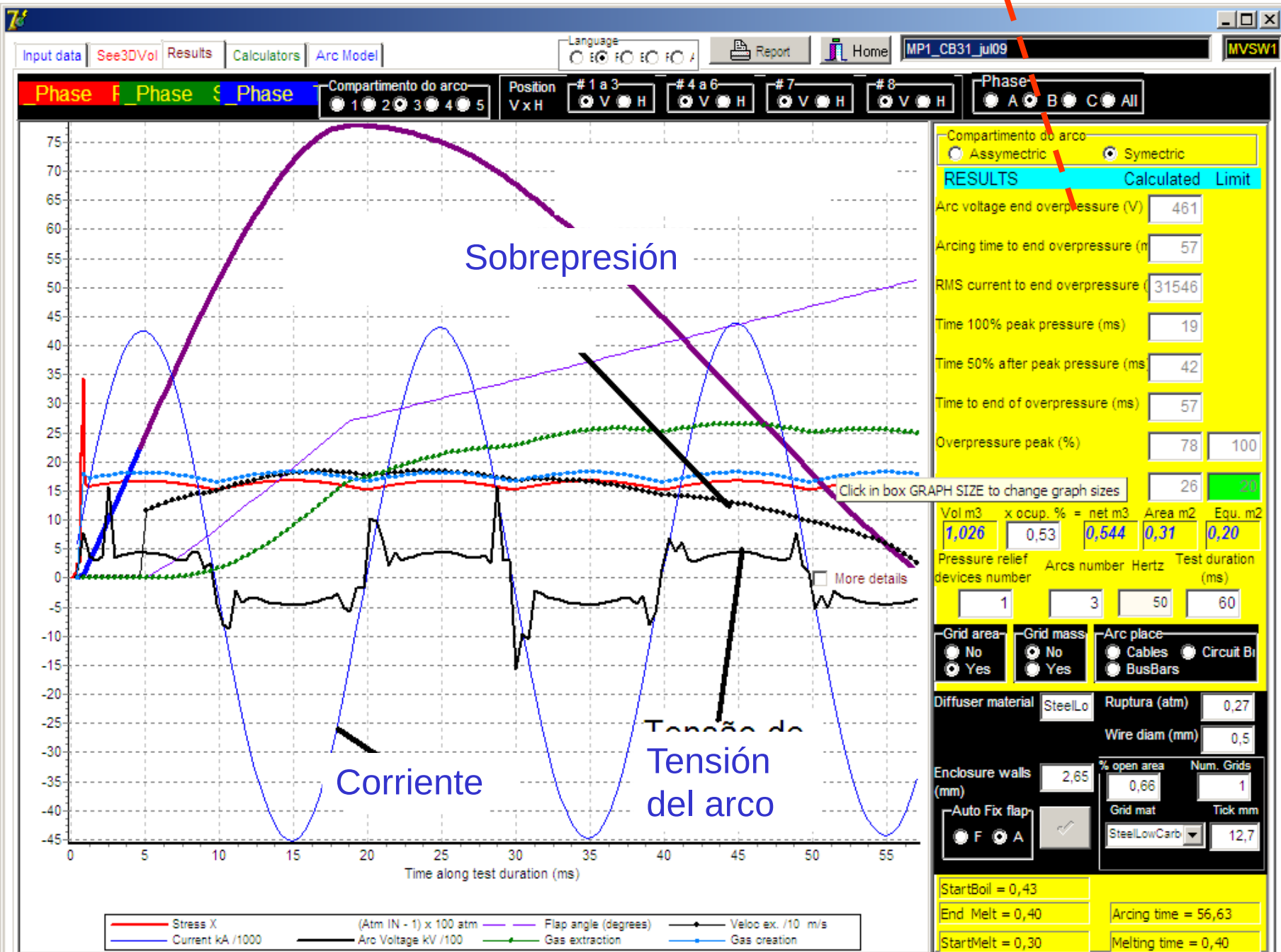
- Las puertas no deben abrir¹⁸⁷
- No tirar las piezas
- No quemar indicadores de algodón
- Circuitos de protección siguen siendo eficaz
- No hay agujeros en la placa

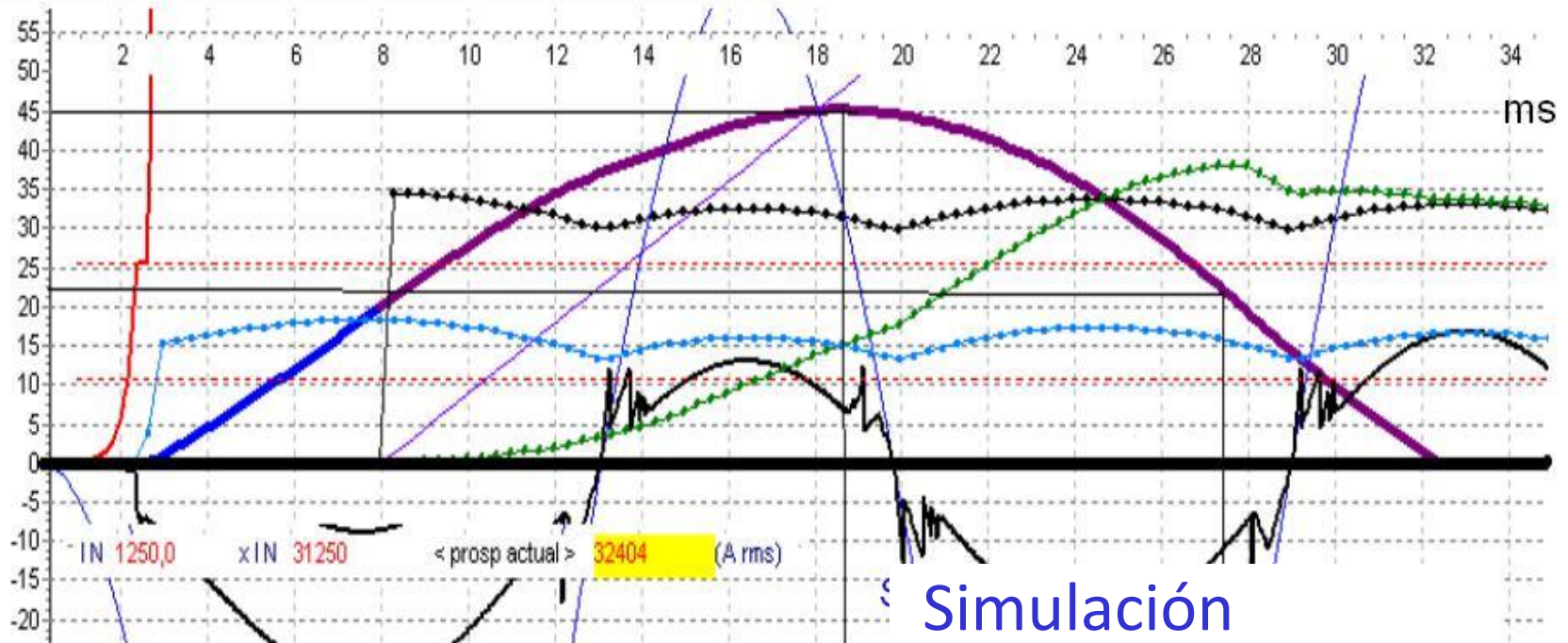
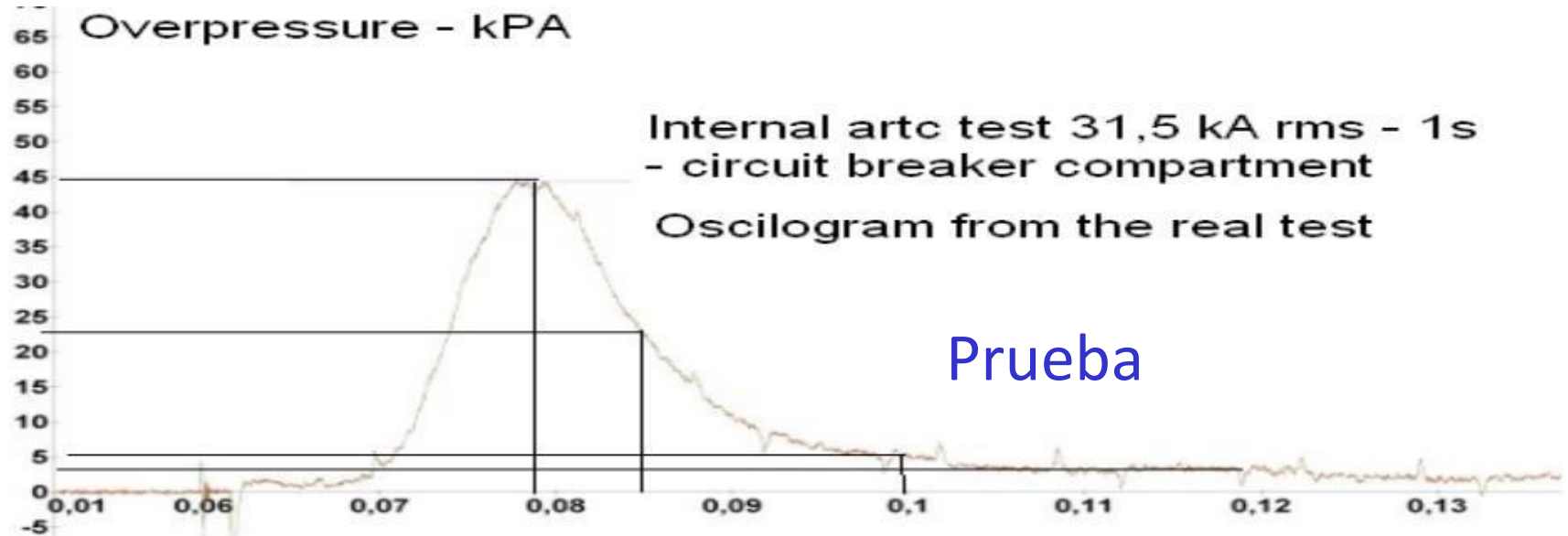
> 0,6 m











ARCO INTERNO (PARÁMETROS IMPORTANTES)

- Volumen neto del compartimiento, área escape, velocidad y características de los dispositivos de alivio de presión
- Las normas técnicas no abordan adecuadamente la relación entre el aumento de la temperatura y el arco interno (informes de ensayo)
- IEC grupos de trabajo (AT y BT) y CIGRE estudiando.
- Los métodos para calcular
 - (a) "Folleto" grupo CIGRE WG A3-24-publicación 2014
 - (b) Método “calentamiento”, pero teniendo en cuenta hasta la vaporización de los conductores

CIGRÈ WG A3. 24 : TOOLS FOR SIMULATING INTERNAL ARC AND CURRENT WITHSTAND TESTING

- Las simulaciones para predecir los resultados de las pruebas de arco interno en el equipo SF6 si SF6 es reemplazado por aire.
- Motivo: razones ambientales ya que pruebas liberan SF6 para el medio ambiente
- El uso de simulaciones para reducir el número de pruebas de arco interno



CIGRÈ WG A3. 24 : Brochure TOOLS FOR SIMULATION OF PRESSURE RISE DUE TO INTERNAL ARC IN MV AND HV SWITCHGEAR

Name	First Name	Country	Company
del Rio	Luis	Spain	ORMAZABAL CORPORATE 1
Douchin	Jerome	France	Schneider Electric
Dullni	Edgar	Germany	ABB
Feitoza Costa	Sergio	Brazil	Cognitor
Fjeld	Elin	Norway	Telemark University
Glinkowski	Mietek	USA	ABB
Kim	Hong-Kyu	Korea	KERI
Kriegel	Martin	Switzerland	Axpo
Lopez-Roldan	Jose	Australia	Powerlink
Pater	Ryszard	Canada	Hydro-Québec
Pietsch	Gerhard	Germany	RWTH Aachen
Reiher	Thomas	Germany	Siemens
Robin-Jouan	Phillipe	France	Areva
Schoonenberg	Gerard	Netherlands	Eaton
Smeets	Rene	Netherlands	KEMA
Uchii	Toshiyuki (To	Japan	Toshiba
Uzelac	Nenad	USA	G&W
Van der Sluis	Lou	Netherlands	TU Delft
Vinson	Paul	France	Areva
Yoshida	Daisuke	Japan	Mitsubishi Electric Corportion

OPCIONES DE PROYECTO X CORRIENTES

Ducto

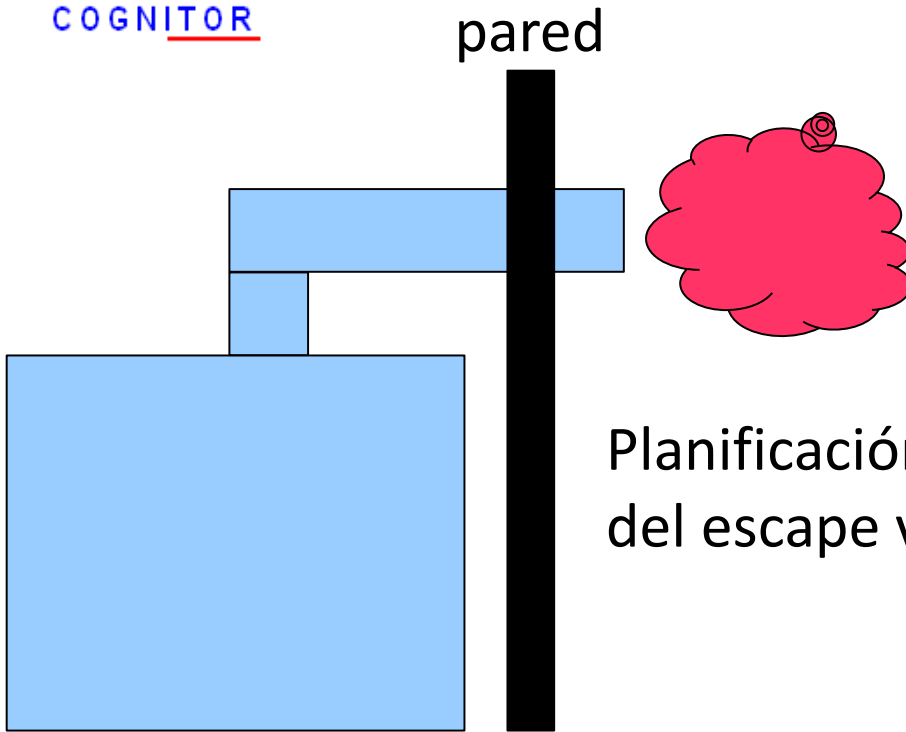
Indicadores de
algodón

Deflector

Sin deflector y sin ducto

tablero



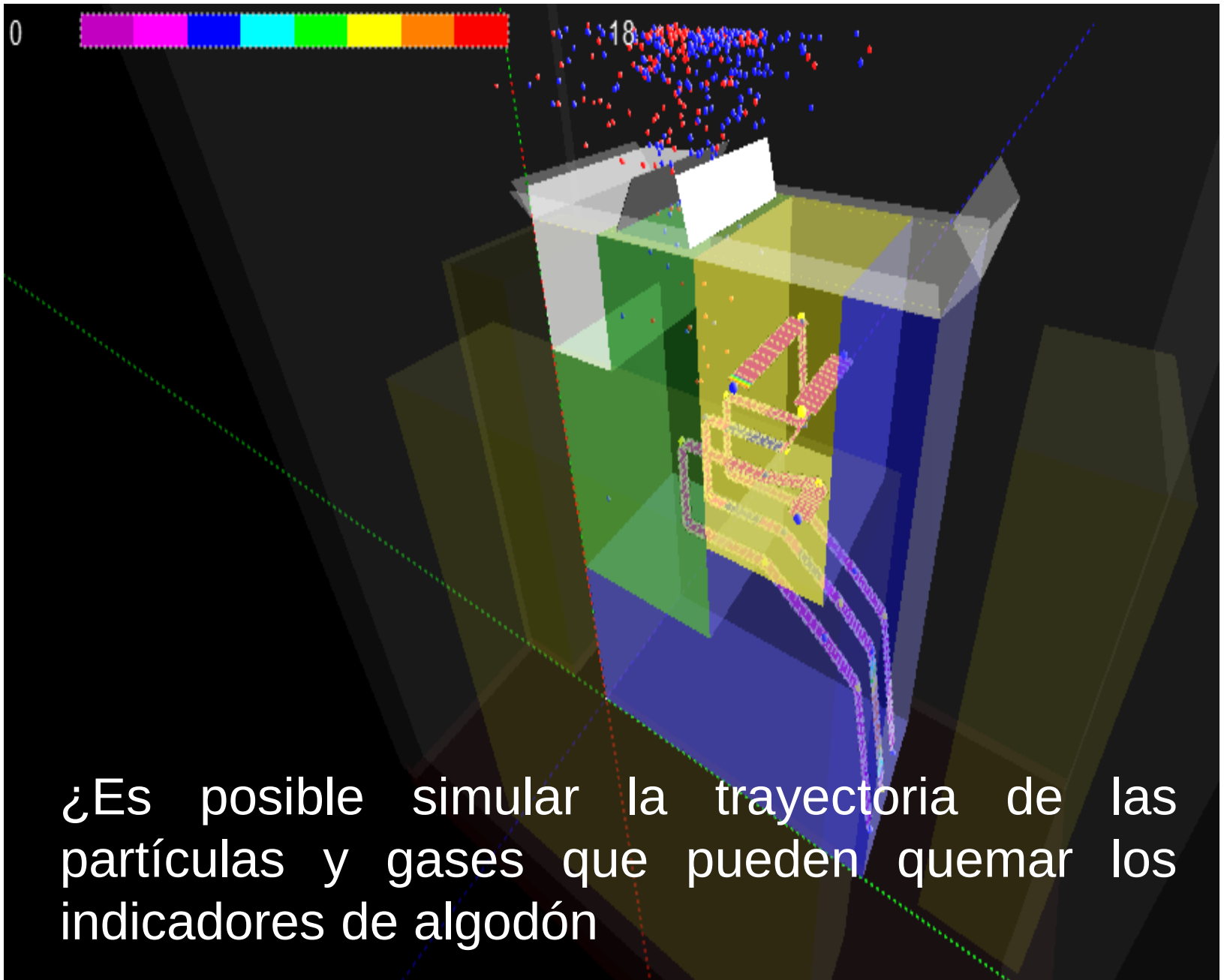


Planificación inteligente, conductos y área del escape vecina

El uso de absorbedores de calor para eliminar el calor en los gases de escape



15 kV – 25 kA eff



¿Es posible simular la trayectoria de las partículas y gases que pueden quemar los indicadores de algodón

ARCO INTERNO EN TRANSFORMADORES

- ✓ Arco en contacto con el aceite produce gases explosivos.
- ✓ Aumenta la presión y puede romperse el tanque (transformadores soportan ~ 1 bar de sobrepresión)
- ✓ Si se rompe el tanque el oxígeno en el aire entra en contacto con los gases ... acetileno ... (explosión y fuego).
- ✓ Sistemas de prevención para aliviar la presión antes de que alcance el límite del depósito
- ✓ Los interruptores automáticos no son lo suficientemente rápidos, pero de discos de ruptura son



El objetivo es llevar los gases a quemar en un lugar seguro

Hay una norma técnica brasileña con una prueba de corto circuito interno

420 INCIDENTES DE INCENDIO Y EXPLOSIONES DE TRANSFORMADORES (EUA - 11/3/2002 hasta 31/7/2002)		
MUERTES		4
PERSONAS HERIDAS		247
PERSONAS AFETADAS POR FALTA DE ENERGIA		1.6 x 10 ⁶
EMPRESAS DE ELECTRICIDAD		117
EMPRESAS DE ELECTRICIDAD > 3 EXPLOSIONES		27
SÍTIO DEL INCIDENTE	Plantas de generación Y subestaciones	80
	Plantas nucleares	7
	Áreas residenciales	19
	Áreas urbanas	29
	Plazas públicas e edificios	54
	Escuelas y universidades	25

NORMAS TÉCNICAS BRASILEÑAS

PUBLICADAS EN 2006

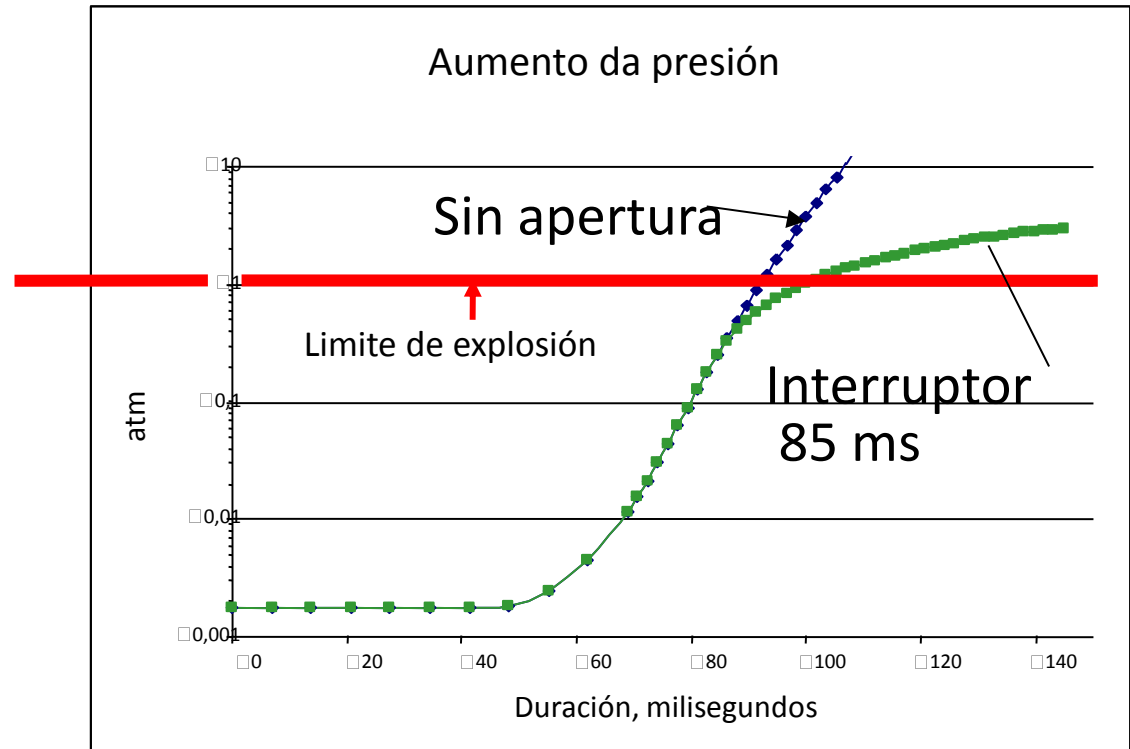
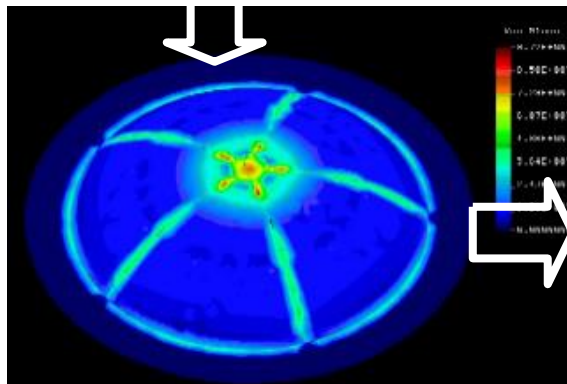
(preparación coordinada por Sergio Feitoza)

- ✓ NBR 13231: Protección contra incendios en subestaciones eléctricas..
- ✓ NBR 8222 - Sistemas de protección de transformadores de potencia y reactores, por despresurización
- ✓ NBR 8674 : Sistemas de aspersión de agua
- ✓ NBR 12232 : Sistemas de dióxido de carbono

Transformador soporta ~ 1 bar arriba de presión atmosférica por corta duración

Apertura de interruptor non evita ruptura del tanque

Disco de ruptura



Corriente

35 kA

118 kA

236 kA

Tempo de apertura del disco

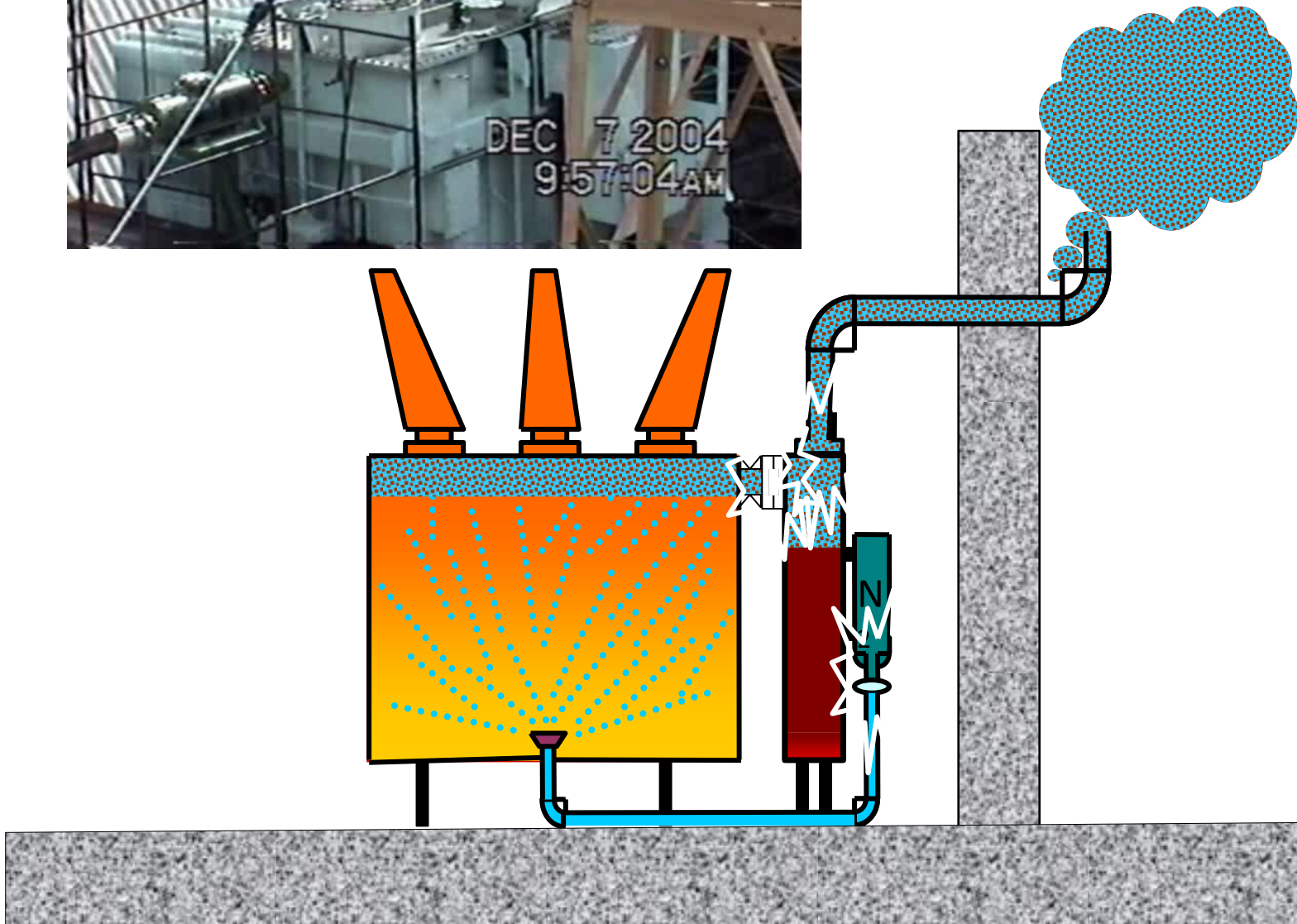
1.8 ms

1.2 ms

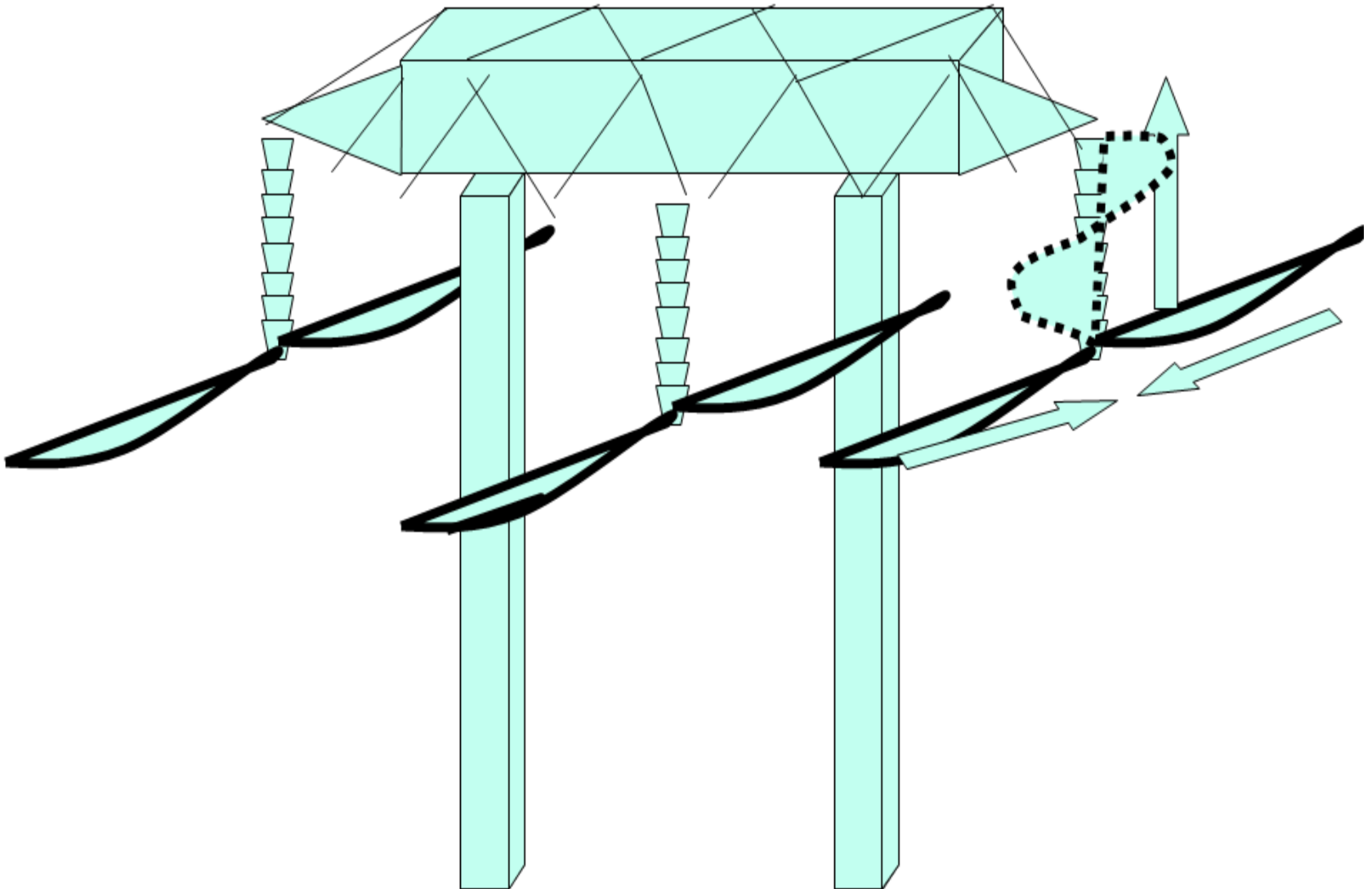
0.6 ms



PELICULA



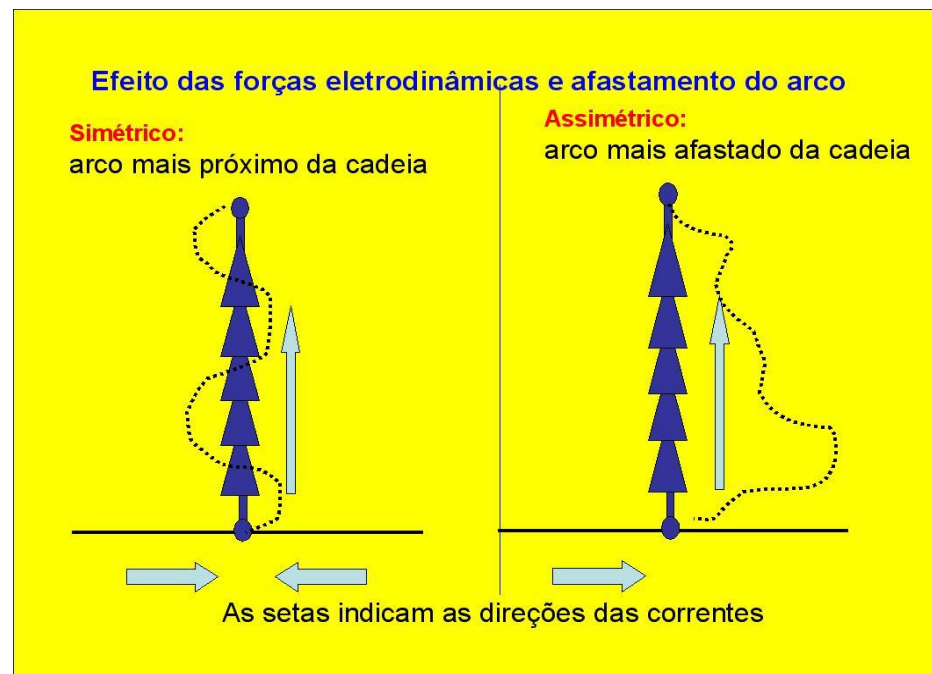
Ensayo de arco en las cadenas de aisladores



Ensayo de arco en las cadenas de aisladores

- La descarga se produce y se abre un "camino" para el paso de la corriente de cortocircuito de 50/60 Hz, w, ex. 40 KAEF durante 0,2 s
- Desgaste por el arco y corrientes en accesorios que soportan los cables pueden romper la cadena
- Más tarde otra descarga se produce ..
- Factores a tener en cuenta (cantidad, duración y número de eventos)
- Disposición física (medios simétrica o asimétrica que arco es más o menos cerca de los aisladores debido a las fuerzas electrodinámicas)

- Lo que hay que comprobar después de la prueba

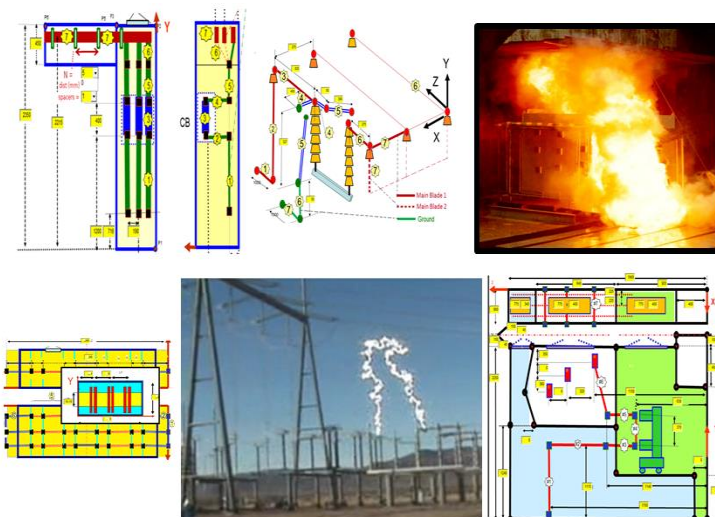


FINAL DEL MÓDULO 4

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)



MODULO 5:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
PREPARADAS POR EMPRESAS
CONCESIONARIAS DE ENERGÍA.

Principio básico de las especificaciones

- La más eficiente especificación técnica es la normativa técnica internacional IEC.
- En la especificación (corta) referir la norma (y no copiarla)
- Menos errores y pérdida de valor técnico y valor jurídico.

Ejemplo

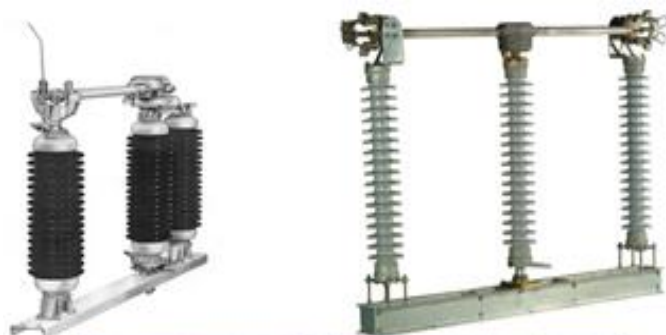
ERROR: La elevación de temperatura debe ser de 53 °C (en lugar de escribir “la máxima elevación de temperatura debe ser de 53 °C”)

CIERTO: debe pasar en el ensayo de elevación de temperatura de la Norma IEC-60694 (1996-05): Estipulaciones comunes para las normas de paramentas de alta tensión.

Ejemplos de lo que se debe evitar

- El proyecto de contactos deben hacerse de modo que las fuerzas electromecánicas puedan abrir el contacto.
 - *Especificar el ensayo de corrientes soportables de corta duración y cresta*
- Utilizar materiales de la mejor calidad técnica, nuevos y de fabricación reciente .
 - Especificar normas ABNT, ANSI, IEC, NEMA, ASTM
 - ...
- Calidad de Ejecución: la más alta calidad y de conformidad con los mejores y más modernas prácticas de alta calidad.
 - *Para que sirve si no hay padrón definido ?*

SECCIONADORES



	Seccionador Monopolar Tipo Faca Operação por vara de manobra Montagem vertical ou invertida Trava e dispositivo de extração (Cod. ABNT - FQ)		Seccionador Semi-Pantográfico Horizontal Operação tripolar com um isolador rotativo Faca articulada (Cod. ABNT - SPH)
	Seccionador Monopolar Tipo Faca em Tandem (QB + 2TD) Operação por vara de manobra Montagem vertical ou invertida Trava e dispositivo de extração (Cod. ABNT - FQ)		Seccionador Semi-Pantográfico Vertical Operação tripolar com um isolador rotativo Faca articulada (Cod. ABNT - SSP)
	Seccionador de Abertura Lateral Operação tripolar com um isolador rotativo Montagem vertical, horizontal ou invertida Faca rígida com contatos de alta tensão (Cod. ABNT - AL)		Seccionador de Abertura Central Operação tripolar com isoladores rotativos Articulações com contatos deslizantes (Cod. ABNT - AC)
	Seccionador de Dupla Abertura Lateral Operação tripolar com isolador central rotativo Faca giratória com engate automático (Cod. ABNT - DA)		Seccionador de Aterramento Operação monopolar ou tripolar Montagem individual ou acoplada ao seccionador (Cod. ABNT - TE)
	Seccionador de Abertura Vertical Operação tripolar com um isolador rotativo Montagem vertical, horizontal ou invertida Faca giratória com engate automático (Cod. ABNT - AV)		Seccionador de Aterramento Operação monopolar ou tripolar Montagem individual ou acoplada ao seccionador Dispositivo de retenção e extração (Cod. ABNT - TE)
	Seccionador Abertura Vertical Reversa Operação tripolar com um isolador rotativo Faca giratória com engate automático (Cod. ABNT - VR)		Seccionador de Aterramento Rápido Operação monopolar ou tripolar Montagem horizontal ou vertical Disparo através de dispositivo eletromagnético (Cod. ABNT - AR)

Seccionadores

Tensión nominal	Tensión nominal (F - F) :	230 kVef
	Tensión máxima de operación (F - F)	242 kVef
Frecuencia nominal		60 Hz
Niveles de aislamiento:	Tensión soportable nominal de frecuencia industrial, 1 minuto - seco y bajo la lluvia 10 s:	Cerrado para la tierra 395 kVef Entre contactos abiertos: 460kVef
	Tensión soportable nominal impulso atmosférico (1,2 x 50 μ S)	Cerrado para la tierra 950 kVcr Entre contactos abiertos 950kVcr en un terminal con 140kVef - 60Hz 1 minuto en otro
	Tensión de descarga disruptiva U50 % para impulso atmosférico	Cerrado para la tierra (kVcr): Entre contactos abiertos (kVcr) :
	Tensión soportable de frecuencia industrial, 1 minuto (circuitos auxiliares y de control)	3 kVef

Seccionadores

Número de polos:		3
Corrientes :	Corriente nominal Corriente soportable de corta duración Corriente soportable de cresta	2000 Aef 40 kAef 100 kAcr
Duración del cortocircuito		3 s
Tensión máxima de radio interferencia para 154 kVef		500 μ V
Tensión mínima de inicio y extinción corona visual		154kVef
Capacidad de la interrupción de la corriente de carga:	Máxima (Aef) en Un para ____ pF Máxima (Aef) en Umax para _ pF	
Máxima corriente de magnetización de transformador que puede interrumpir		

Capacidad de interrupción para las corrientes pequeñas a la tensión máxima de funcionamiento (Amperios correspondiente a una capacitancia de _____ pF)



ALGUNAS PRUEBAS DE TIPO

- Prueba de impulso atmosférico.
- Prueba de impulso de maniobra (seco / húmedo).
- Tensión soportable de corta duración a frecuencia industrial seco (1min) húmedo (10 s)
- Prueba de aumento de temperatura.
- Corriente soportable de corta duración y de cresta
- Soportabilidad y funcionamiento mecánico.
- Tensión de radio interferencia
- Corona Visual.

TENSIÓN SOPORTABLE DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL SECO (1MIN) HÚMEDO (10 S)

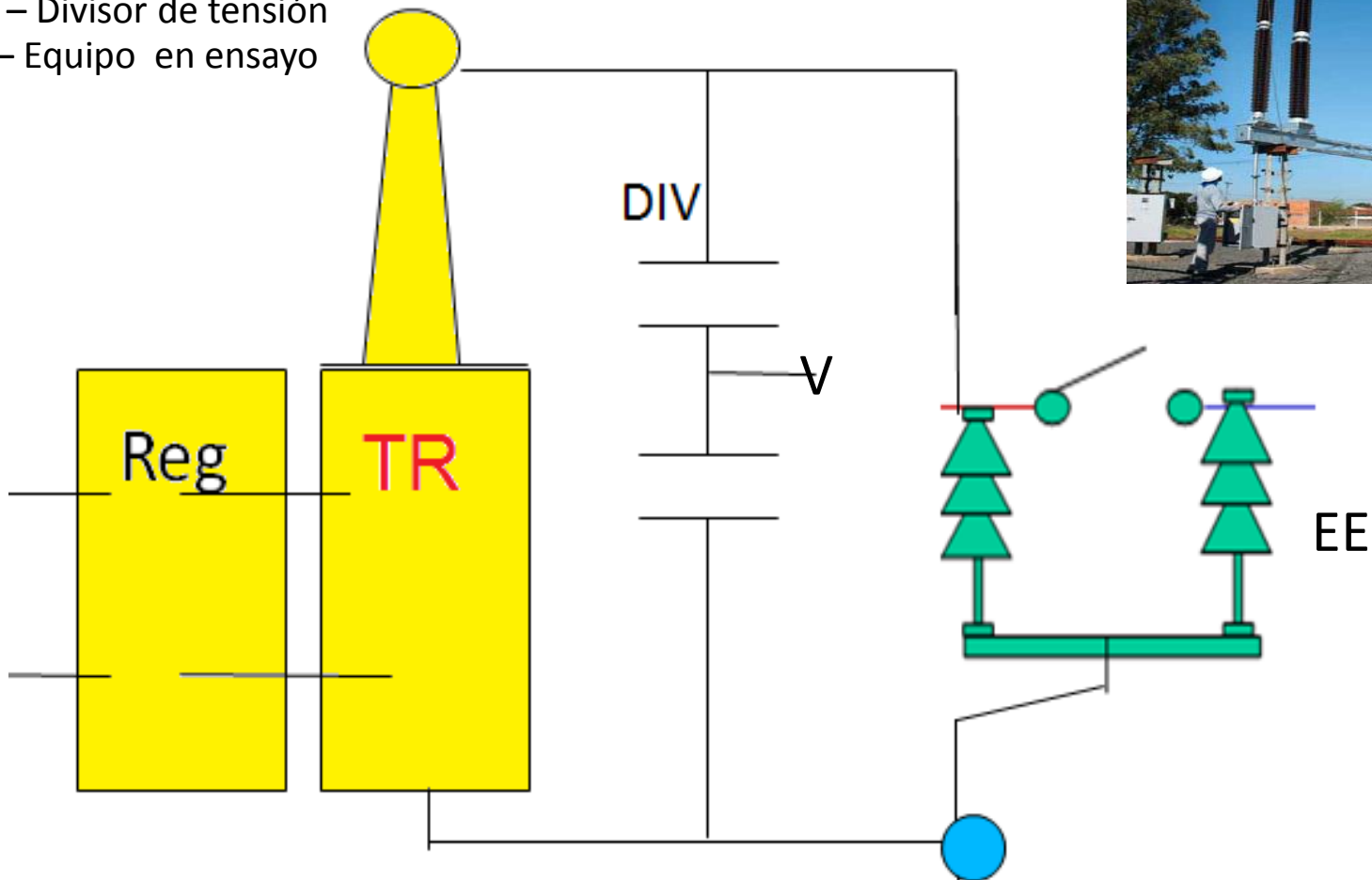
Reg – Regulador de tensión

Trafo – Transformador

V – Voltímetro

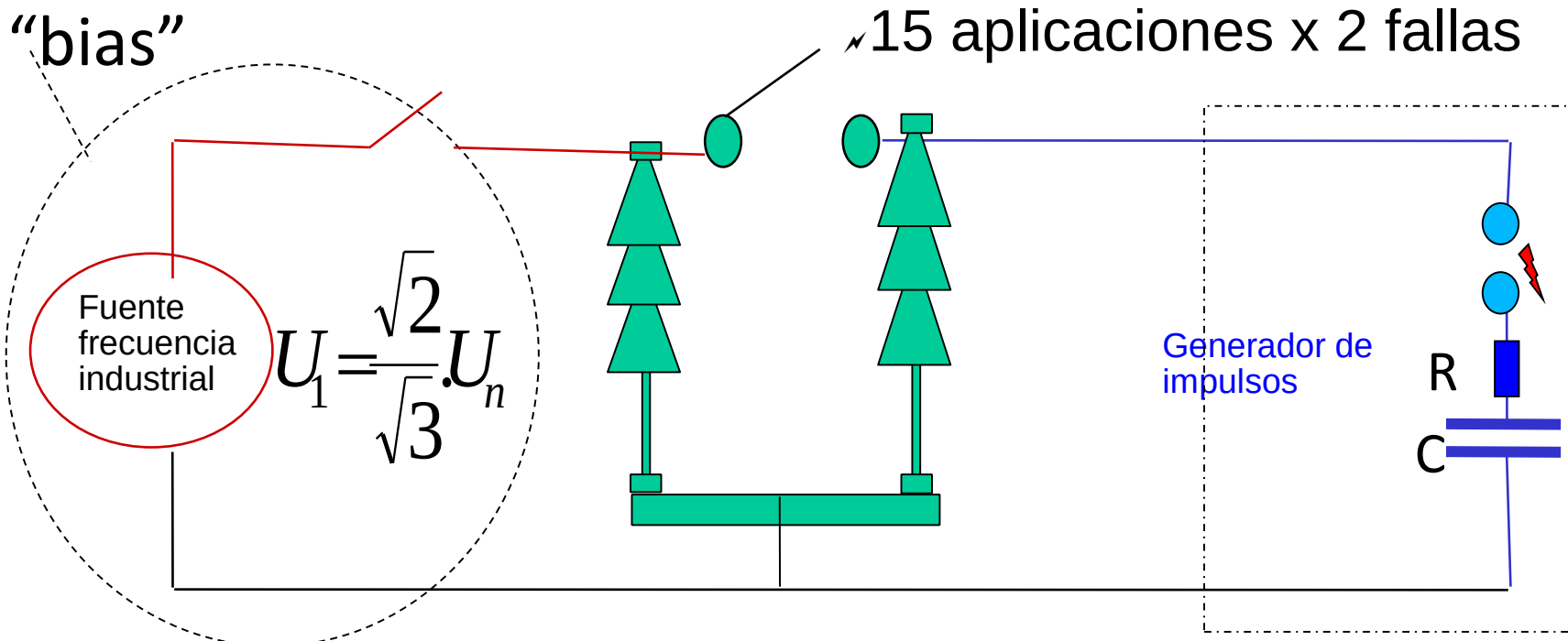
Div – Divisor de tensión

EE – Equipo en ensayo



Tensión soportable nominal de impulso atmosférico o maniobra²¹⁵

“bias”

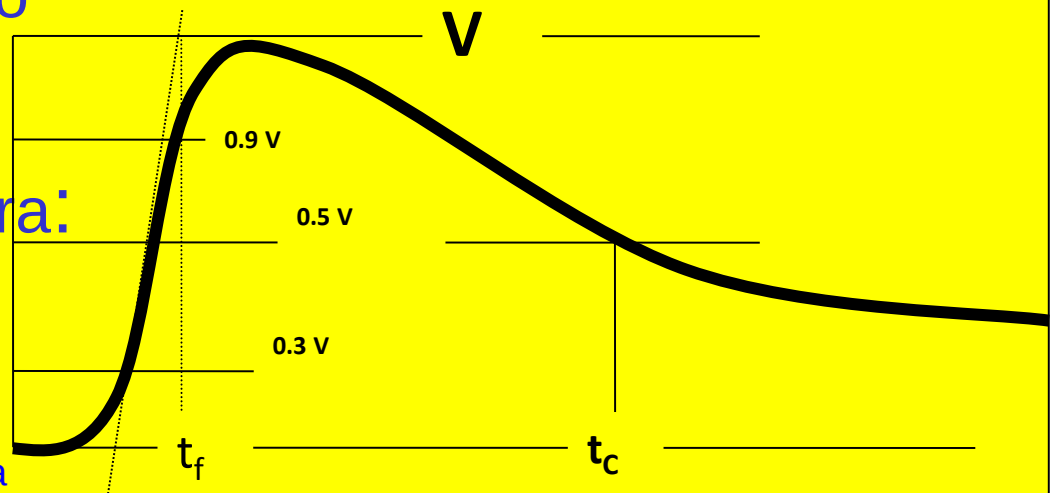


Impulso Atmosférico

$t_f = 1,2 \mu s$; $t_c = 50 \mu s$

Impulso de Maniobra:

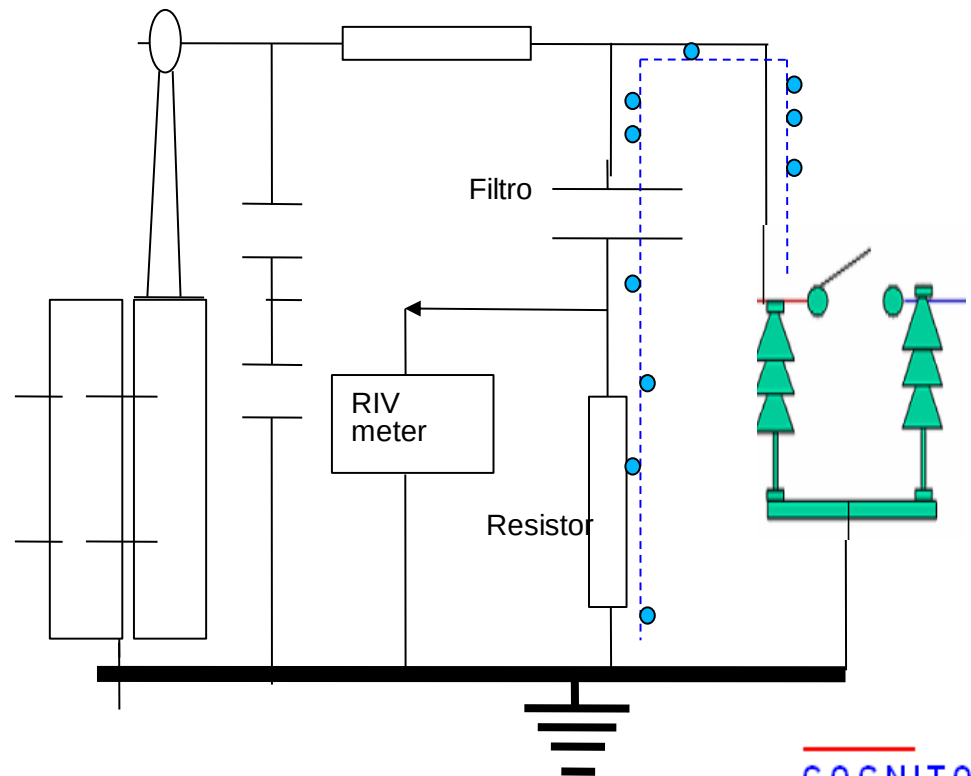
$t_f = 250 \mu s$; $t_c = 2500 \mu s$



Polaridades positiva y negativa

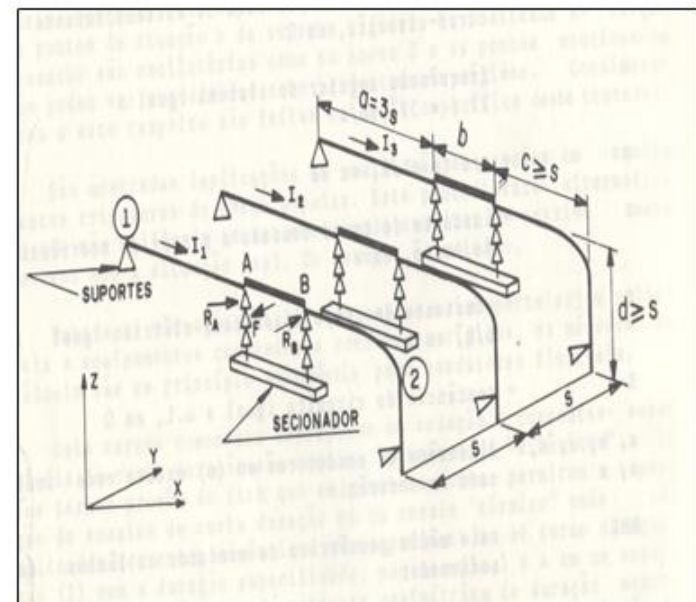
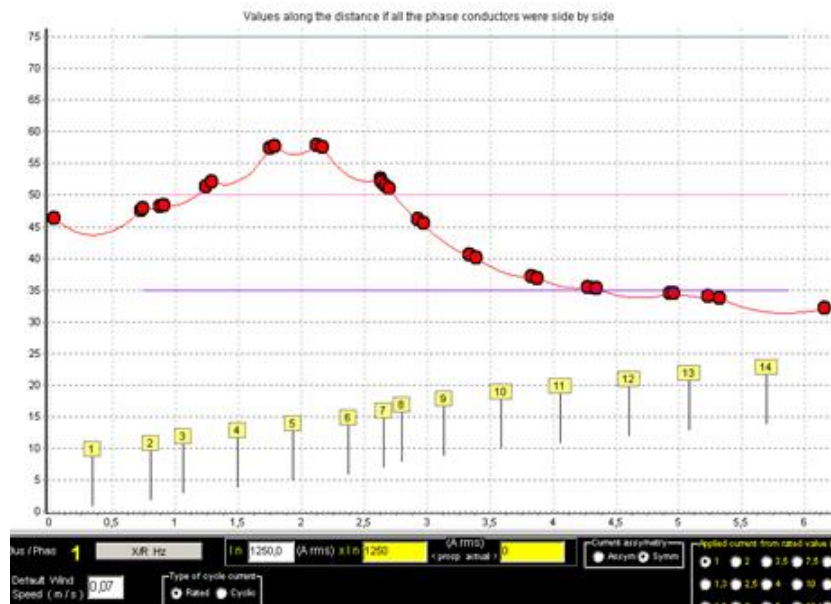
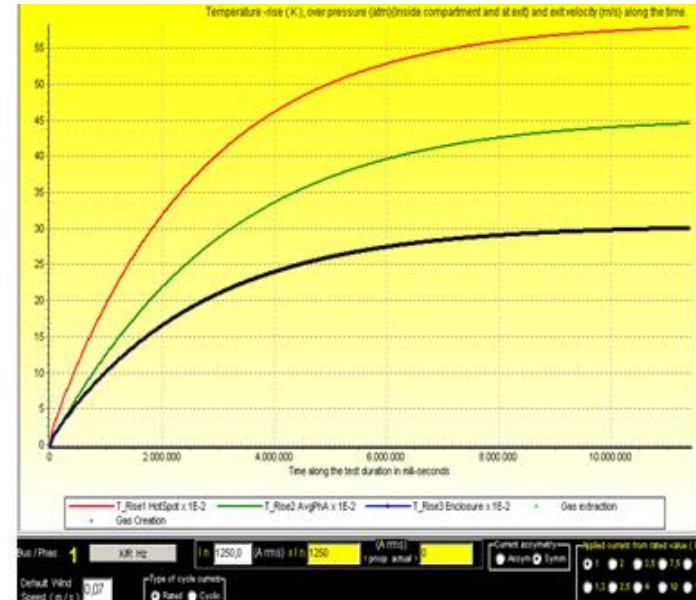
- Pulsos de alta frecuencia generados por las equipos y líneas propagándose por los conductores o son irradiados
- Pueden interferir con las radios (+ en la banda AM).
- Equipos pueden producir 50 a 1000 μV ($\sim$ distancia).
- Laboratorio: mede “conducidas”.
- NEMA 107 e IEC – CISPR 16:
- Líneas: medición de componentes irradiados. Conocida como la medición de RI. Antenas tipo de mesa (componente magnético) o tipo tallo (componente eléctrico)

- ✓ Ensayo de RIV (radio influence voltage).
- ✓ Verificación de aislamiento externo
- ✓ $1,1 U_{F-T}$ entre terminales y base con equipo cerrado o abierto
- ✓ Reducir a $0,3 U_{F-T}$ de $0,1 U_{F-T}$ e volver a $1,1 U_{F-T}$
- ✓ Obtener curva tensión x RI < limite



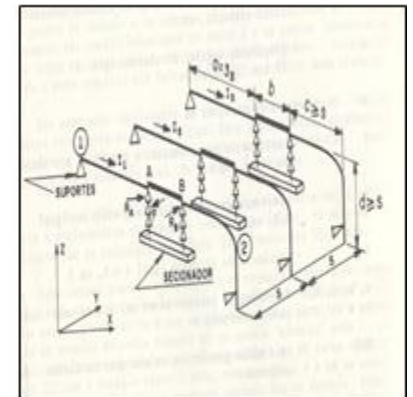
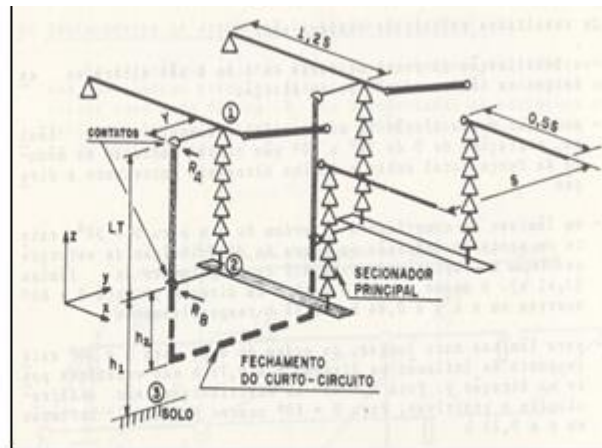
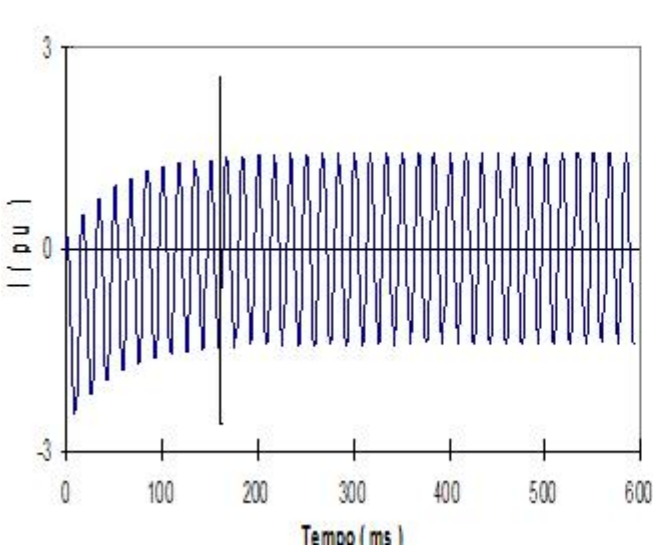
Elevación de Temperatura (calentamiento)

Parte	Material do contacto y medio donde sera utilizado	Elevación de temperatura máx. (K) a 20°C	Temperatura max. (°C) ambiental 0°C	Comentarios
CONTACTO DE MUELLE	Cobre e sus aleaciones, no revestido			
	- en aire	35		
	- en SF6	50		
	- en aceite	40		
	Estañado , en aire, SF6 o aceite	50		
CONTACTO ATORNILLADO	Plateado o niquelado	65		
	- en aire	65		
	- en aceite	50		
	Para contactores en aceite		105	Deteriora el aceite
	Cobre, aluminio e sus aleaciones no revestido	50		
PARTES en METAL	En contacto o aislamiento clase	65		
	Y / B / F / H		90 / 105 / 120 / 130 / 155 / 180	Envejecimiento de aislamiento
	• Actuando como muelles		caso a caso	Deformación perm.
	• en posición de sueldas		100	Ruptura
	SUPERFICIES	Pueden ser tocadas (metalino met.) Accesible pero no tocada		70 / 80 / 80 / 90



CORRIENTE SOPORTABLE DE CORTA DURACIÓN Y DE CRESTA

- ✓ Capacidad de soportar efectos térmicos y dinámicos de la corriente de cortocircuito
- ✓ Montaje X situación real
- ✓ Ensayos monobásicos X trifásicos



● Después del ensayo:

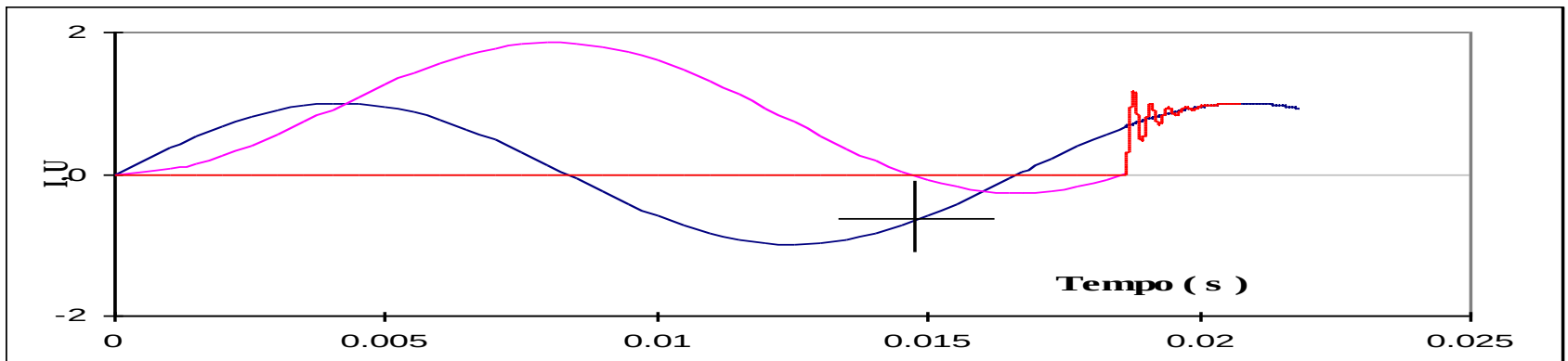
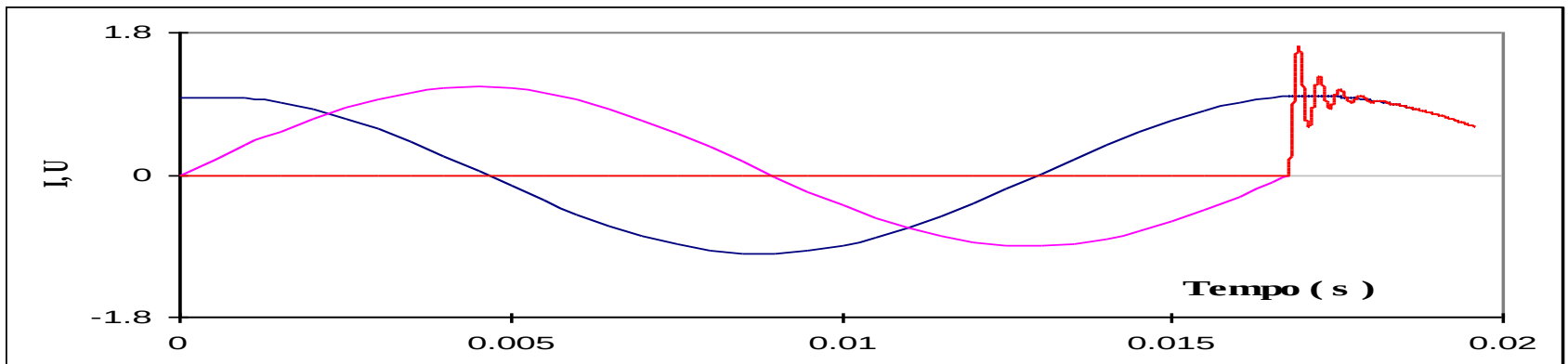
- una operación sin carga de un dispositivo mecánico de maniobra después de las pruebas y los contactos debe abrir el primer intento;
- Medir la resistencia del circuito principal (con excepción de seccionadores de tierra). Si el incremento es $> 20\%$ y no es posible confirmar la condición de los contactos hacer prueba adicional de calentamiento.

ESPECIFICACIÓN DE INTERRUPTOR DE ALTA TENSIÓN



Ensayos de interrupción

- ✓ Tipo de falla para representar (tensión, corriente y X/R)
- ✓ % Asimetría en la interrupción de la corriente
- ✓ Tensión transitoria de restablecimiento (TTR)
- ✓ Factor de primero polo
- ✓ Cortocircuito en terminales:
 - ✓ 10%, 30%, 60%, 100% simétrico e 100% asimétrico I_{cc}



ENSAYOS DE INTERRUPCIÓN

■ Establecimiento y interrupción en desacuerdo de fases (interconexión)

- $I_1 = 20 \sim 40\% I_{disc}$
- $I_2 = 100 \sim 110\% I_{disc} \quad 2 \sim 2,5 U \emptyset N$

■ Maniobra de corrientes capacitivas :

- Interrupción de líneas en vacío ;
- Interrupción de cables en vacío; ;
- Interrupción de bancos de capacitores.

■ Maniobra de pequeñas corrientes inductivas y magnetización

✓ Fallas en líneas cortas:

- ✓ 90%, 75% , 60% I_{cc}

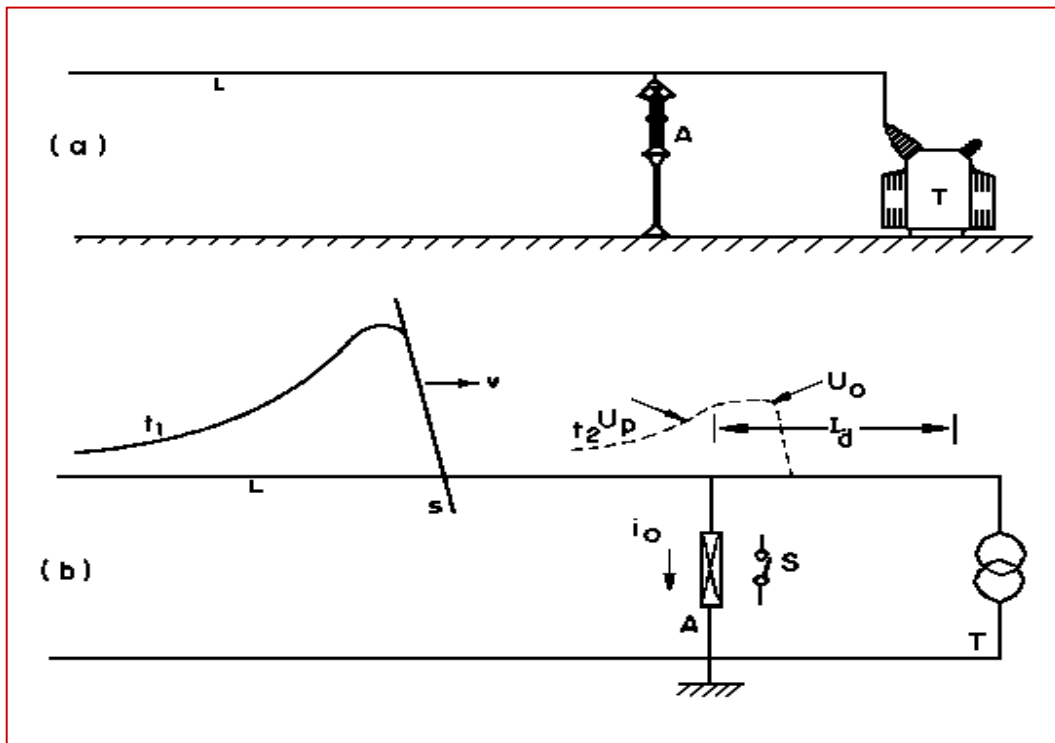
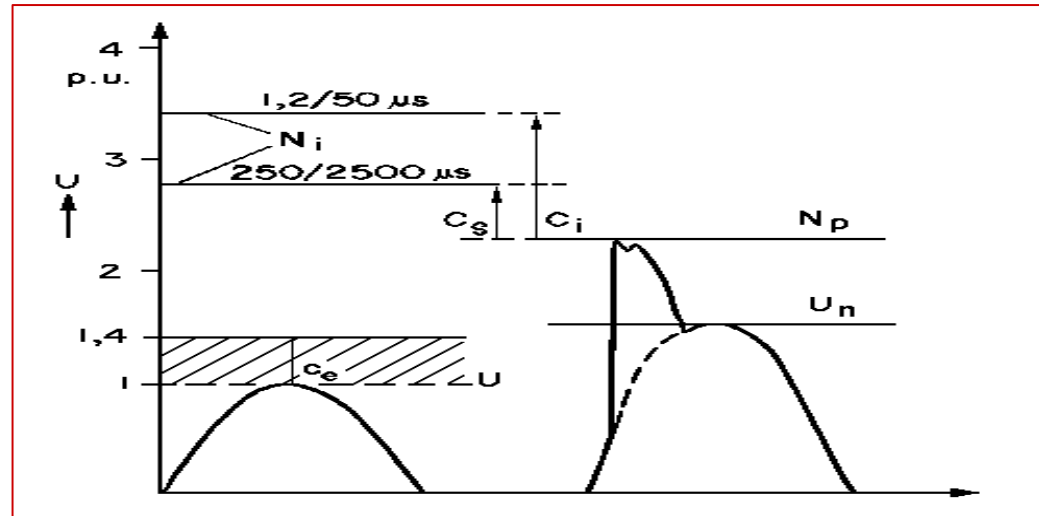
ESPECIFICACIÓN DE INTERRUPTOR DE ALTA TENSIÓN

Datos técnicos		Requerimientos
	Otras especificaciones como en el seccionador	
Corrientes de corto circuito	Capacidad de interrupción Componente e CA (kA eff) Componente CC (%) Duración nominal (s)	40 kAeff 50% 3 s
Interrupciones	Número de interrupciones sin mantenimiento	
TRT nominal para fallas en los terminales	Número de parámetros da curva TTR Factor de primero polo: Primera tensión ref. (U1) Tiempo para Tensión U1 (t1) Segunda Tensión ref. (Uc) Tiempo p/ atingir Uc (t2) Tiempo de retardo (td) Tensión coordinada U' Tiempo coordinado t' Tasa crecimiento (U1/t1)	4 1,5 296 kVcr 148 μS 415 kVcr 444 μS 2 μS 148 kVcr 76 μS 2 kV/ μS
Ciclo de operación		O - 0,3s – CO - 3min - CO

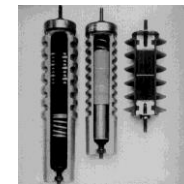
ESPECIFICACIÓN DE INTERRUPTOR DE ALTA TENSIÓN

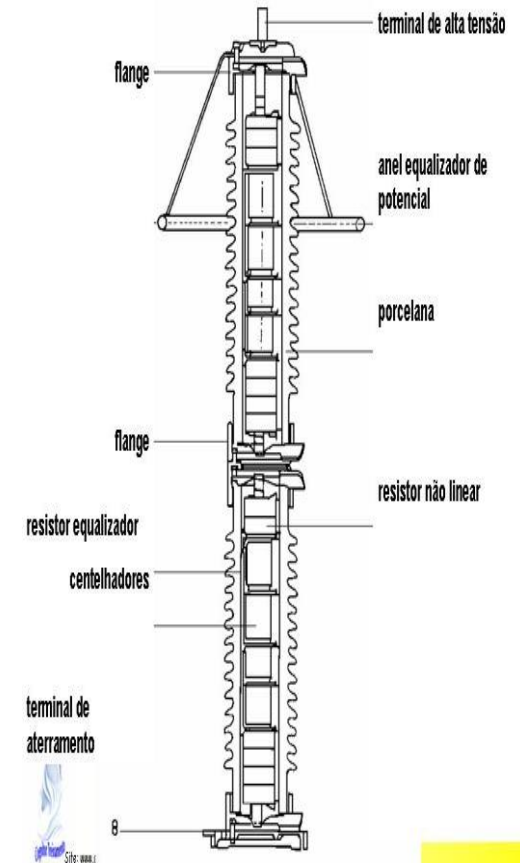
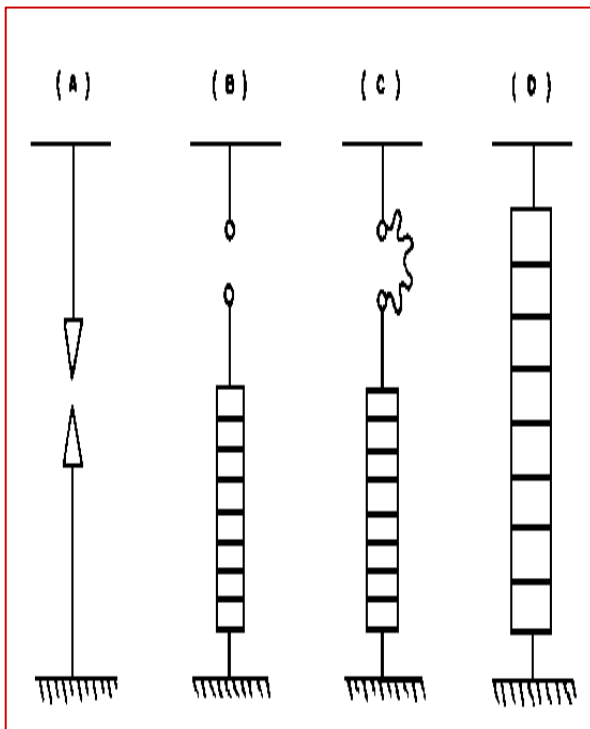
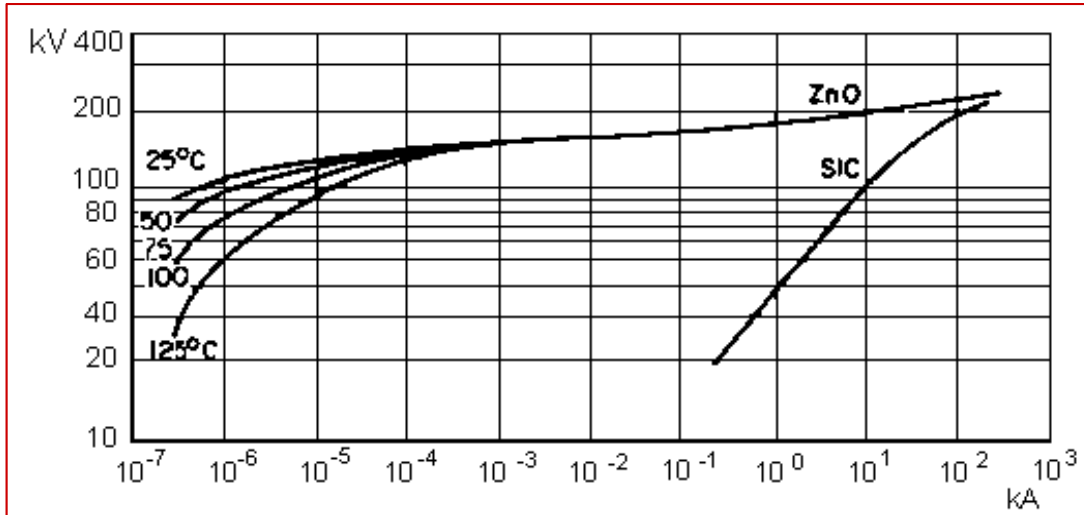
Características nominales para fallas en la línea	Impedancia de surto nominal (Z) Factor de crista nominal (k): Factor de tasa de crecimiento da TTR	450 Ohms 1,6 0,240 kV/ μ S. kA
	Tiempo de ruptura nominal	3 ciclos
Ruptura de corriente inductiva de pequeña intensidad	a) Corriente de ruptura nominal b) Sobretensión máxima en la ruptura	5,0 Aef 2,0 pu
Maniobra en discordancia de fases	Corriente de ruptura nominal Tensión aplicada en discordancia de fases:	10 kAef: 279 kVef
Apertura de línea en vacío	Corriente de apertura nominal Factor de sobretensión transitoria PU	125 A _{ef} 1,4

Desviar las sobretensiones para la tierra evitando que lleguen en los equipos protegidos



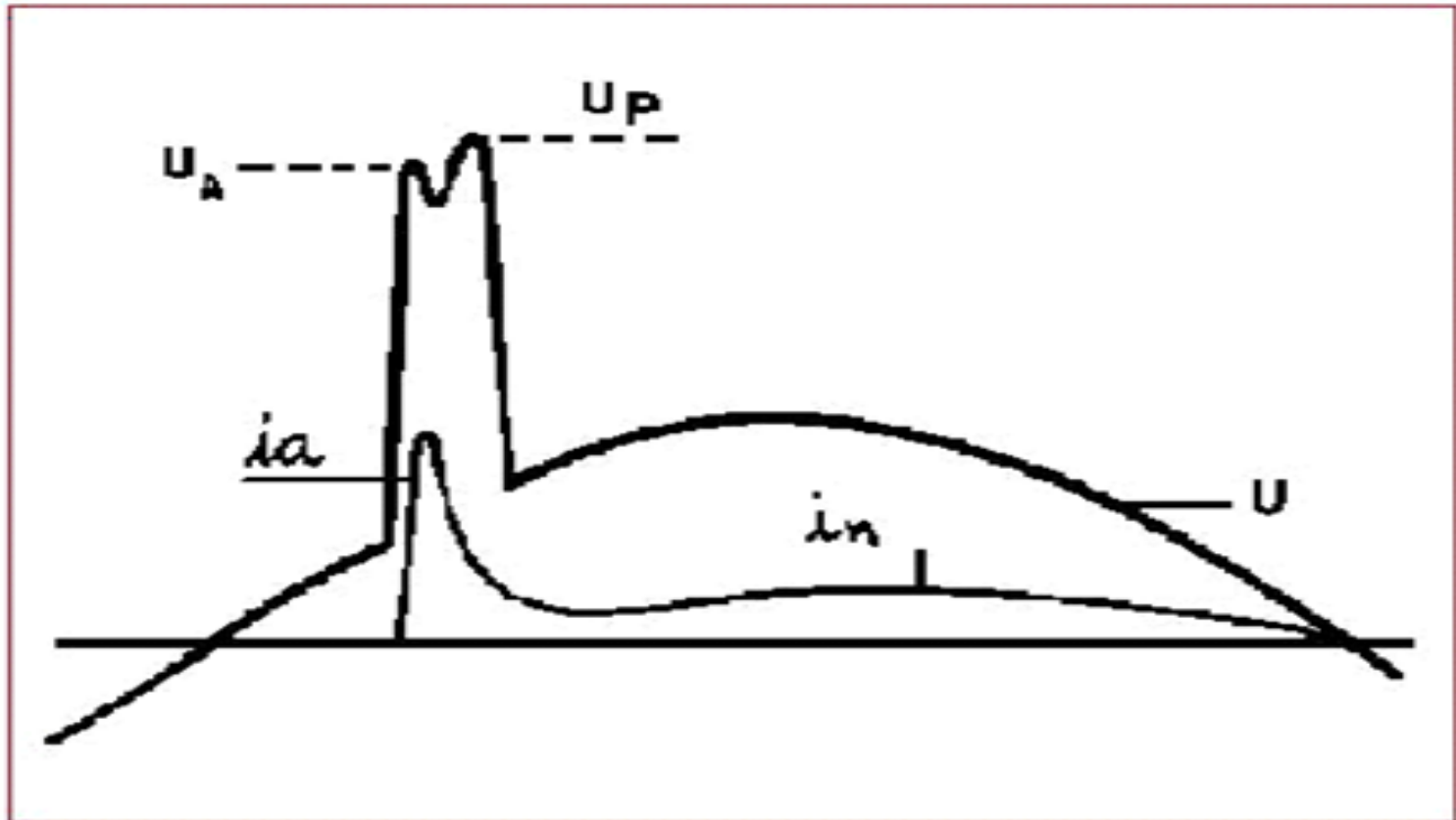
Sobretensiones:
frecuencia
industrial,
maniobra y
atmosféricas





- Centelhadores con dieléctrico de aire
- Carbonato de Silicio (SiC) con centelhadores
- Óxido de Zinco (ZnO) , sin centelhadores
- Poliméricos o porcelana

SiC con centelladores



i_a = corriente de descarga

i_n = corriente subsecuente

U_a = tensión de disparo

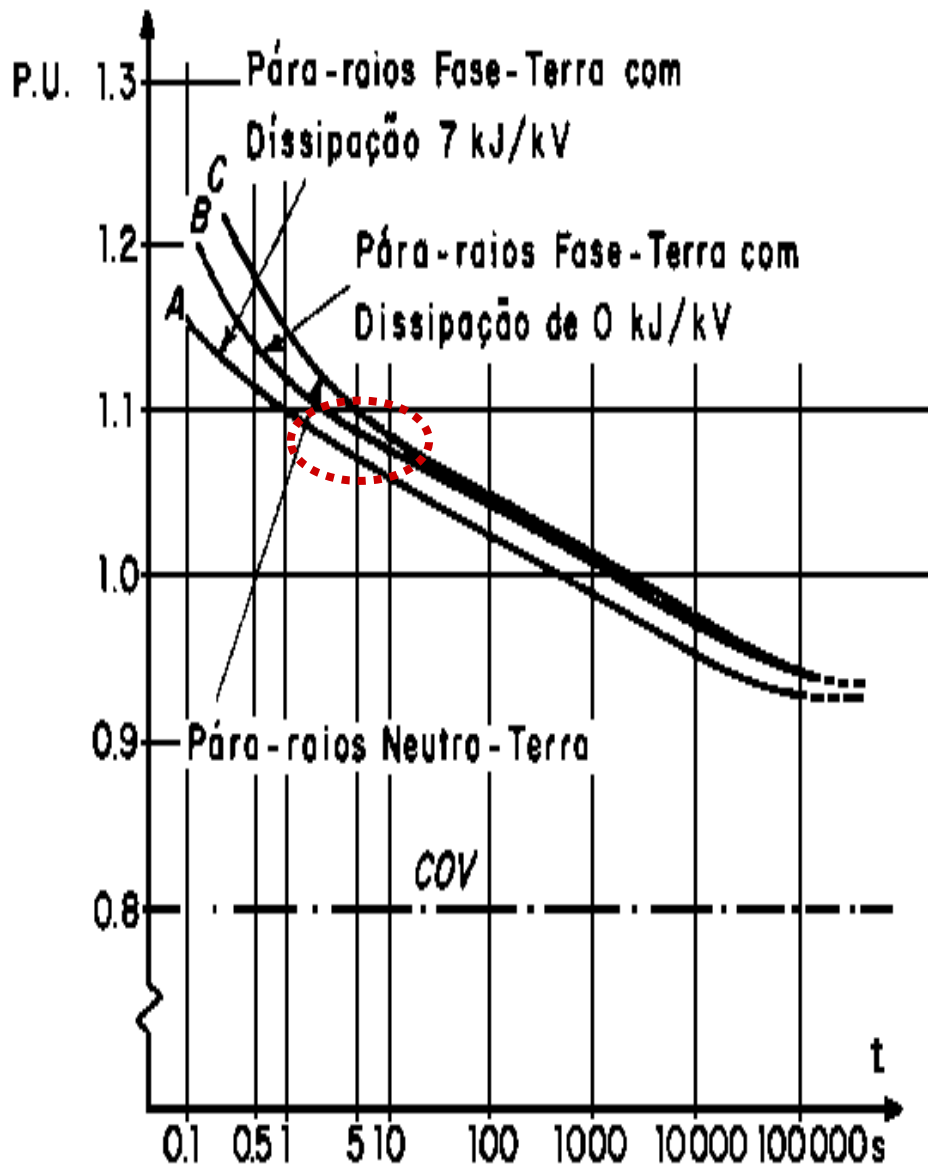
U_p = tensión residual

U = tensión sistema 50 / 60 Hz

- Corriente que fluye por los bloques de ZnO es muy dependiente de la temperatura
- Componente capacitiva y resistiva (pérdidas Joule -10 a 20% de corriente total).
- Características de protección bien definidas debido no haber centelladores.
- Posibilidad de división de corrientes en paralelo.

Polimérico

- Menos espaciamiento de aire = menos penetración de la humedad
- Sin fragmentación del involucro puede quedarse más cerca de transformador
- Sin dispositivos de alivio de sobrepresión es más barato
- 50% del peso



U_r - Tensión nominal (kVef):
 máxima tensión a frecuencia industrial aplicado a sus terminales a los que está diseñado para funcionar conforme en la prueba de ciclo de operación (10s de duración).

Tensión continua operación de U_c (kVef):

valor máximo en las mismas condiciones a continuación del ciclo de U_r de funcionamiento. (MCOV)

PARARRAYOS

Corriente de descarga nominal (I_n): cresta de la corriente en impulso atmosférico . Clasificación del descargador . $8 \times 20 \mu S$

Impulso de alta corriente: ensayo para verificar la estabilidad en descargas atmosféricas directas. $4 \times 10 \mu S$

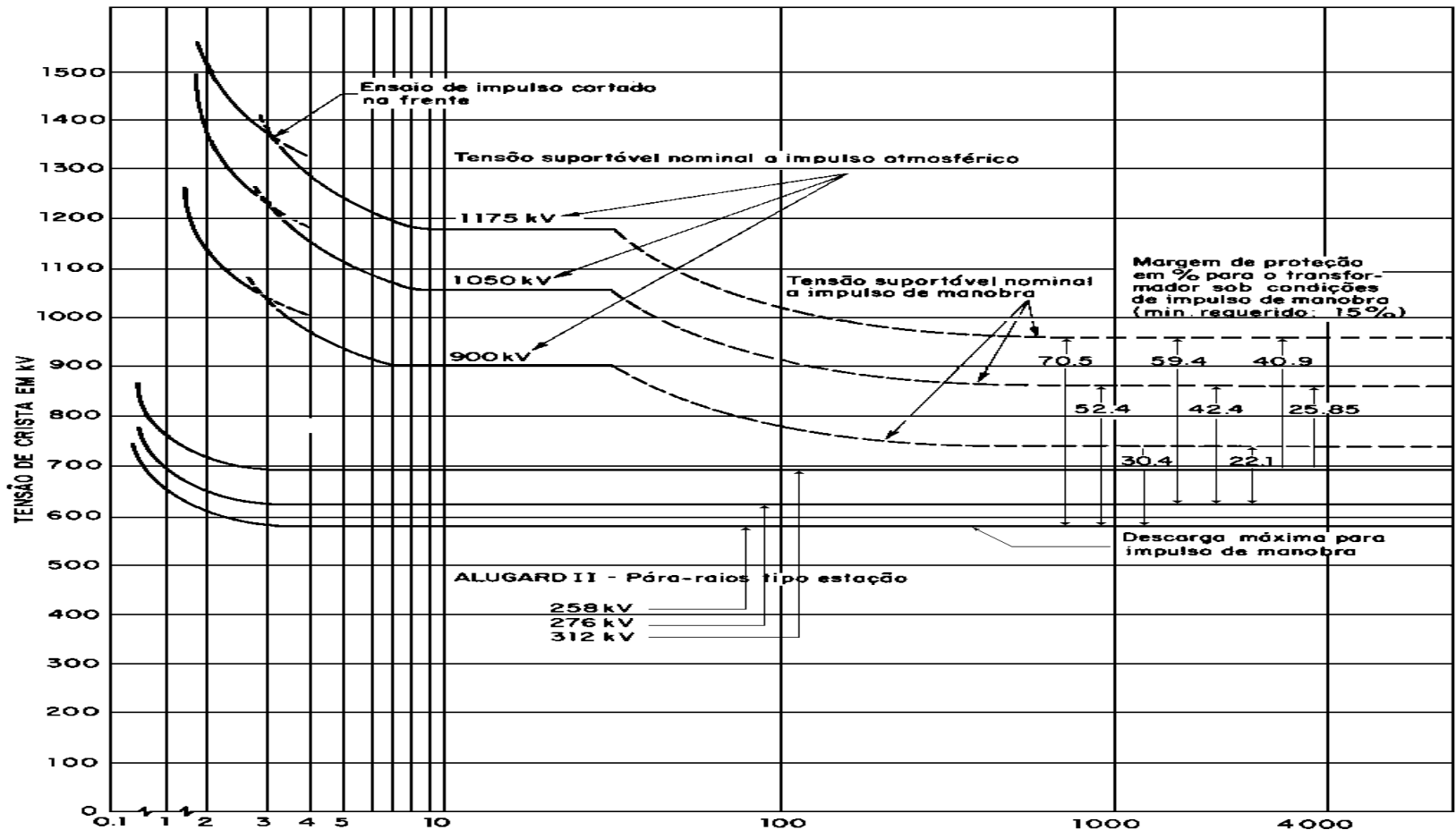
Corriente permanente: en la condición de tensión continua de operación U_c

Corriente de referencia: cresta de la componente resistiva de la corriente a frecuencia industrial. Usada para determinar la tensión de referencia

Tensión residual : cresta de la tensión en los terminales (queda de tensión en la descarga)

Selección

- Máxima tensión de operación continua
- Características de protección para surtos atmosféricos e de maniobra;
- Durabilidad a sobretensiones temporarias y surtos
- Alivio de sobrepresión



Selección de la Tensión Nominal U_r

- Valor límite tensión de frecuencia industrial que puede aplicarse continuamente entre sus terminales sin causar daños (**tensión máxima de operación continua – MCOV**).

Los elementos de ZnO pueden absorber, durante algún tiempo, una cantidad de energía de las sobretensiones sostenidas sin que se afecte a su funcionamiento y las características de protección. (**curva “Tensión frecuencia industrial x tiempo” - TOVPR**).

Garantizar que:

- (1) La MCOV debe ser igual o superior a la máxima tensión del sistema en el punto de aplicación del descargador,
- (2) La **TOVPR** debe ser igual o superior a las sobretensiones temporarias o de impulso que pueden ocurrir

PARARRAYOS - Especificación

Tensión nominal (F - F) :	230 kVef
Tensión máxima de operación continua del sistema (F - F)	242 kVef
Tensión máxima de operación continua del descargador (F - N)	160 kVef
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal del descargador	228 kVef

ESPECIFICACIÓN

Tensión residual máxima para frente de onda:	590 kVcr
Tensión residual máxima para impulso atmosférico	_____ kVcr
Tensión residual máxima para impulso atmosférico	480 kVcr
Tensión residual máxima para corriente de descarga nominal	600 kVcr
Corriente de descarga nominal :	20000 A cresta
Clase de descarga de larga duración (IEC 99-4)	4 KA
Corriente soportable de alivio de presión (alta intensidad):	40 kAef / 100 kA cresta
Corriente soportable de alivio de presión (baja intensidad):	800 Aef
Tensión de referencia (valores máximo y mínimo)	
Corriente de referencia	mA
Mínima sobretension temporaria después de la descarga por: (kVef): para 10 s -----1 s -----0,1s	216 kV por 10 s
Corriente de fuga a tensión y frecuencia nominales (valores máximo y mínimo)	mA

ESPECIFICACIÓN

Capacidad de absorción de energía	8 kJ / kV
Protección para maniobra diaria - tensión máxima para corriente de 100 A (kVcr): 400	400 kVcr
Especificaciones para la porcelana como en seccionadores	
Distancia mínima de “escoamento”	20 mm/kV
Valores máximos de tensión residual para ondas de corrientes de maniobra desde 50 hasta 2000 A	kVcr
Valores máximos de tensión residual para ondas de corrientes de 08 x 20 μ s para 3000 a 20000 A	kVcr

PLANILLA DE DATOS GARANTIZ.- DESCARGAD. DE OXIDO METALICO			kV	
DESCRIPCION	UNIDAD	ITEM		
		según pliego	según oferta	
GENERALES				
1 Fabricante	-	IEC 99-4		
2 Norma a que corresponde el aparato	-			
3 Modelo ofrecido (desig. de fábrica)	-			
4 Año de diseño del modelo ofrecido	-	ZnO		
5 Tipo pedido	-			
6 Color del aislador cerámico	-			
CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA				
1 Tensión de servicio	kV	50 Rígido tierra		
2 Tensión máxima de servicio (Um)	kV			
3 Frecuencia de servicio del sistema	Hz			
4 Conexión del neutro del sistema	-			
5 Nivel de aislación del sist. (BIL)	kV	2500		
6 Nivel de radiointerferencia máximo al 110% de Un/1,73, 1 MHz	µV			
CARACTERÍSTICAS NOMINALES				
1 Tensión nominal del descargador	kV			
2 Máx. tensión continua de operación	kV			
3 Corriente nominal del descargador (valor cresta)	A			
4 Corriente permanente:				
a) a tensión máxima de servicio	mA			
b) a máxima tensión continua de Operación	mA			
5 Clase de alivio de presión	kA			

PLANILLA DE DATOS GARANTIZ.- DESCARGAD. DE OXIDO METÁLICO kV			
DESCRIPCION	UNIDAD	ITEM	
		según pliego	según oferta
6 Tensión de prueba de la aislación externa a 50Hz, 1 min. bajo lluvia	kV		
7 Tensión de referencia a ...mA ca (valor de cresta) (indicar la corriente de ensayo)	kV		
CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN			
1 Tensión máxima residual a impulso con onda completa (1,2/50µs.) (valor de cresta)	kV	≤	
2 Tensión máxima residual a impulso sobre frente de onda (valor de cresta)	kV	≤	
3 Tensión máxima residual a las sobretensiones de maniobra (valor de cresta)	kV	≤	
4 Tensión máxima residual a impulso para distintas intensidades de evacuación (valores de cresta): a) 0,5 In b) 1 In c) 2 In	kV kV kV		
5 Intensidad de descarga máxima con onda a) 8/20 µs. b) 4/10 µs.	kA kA	65	
6 Capacidad de descarga de línea: a) longitud de línea b) impedancia de onda c) sobretensión en pu de Ums d) número de descargas por año	km ohm pu cr Nro	18	

PLANILLA DE DATOS GARANTIZ.- DESCARGAD. DE OXIDO METÁLICO kV			
DESCRIPCION	UNIDAD	ITEM	
		según pliego	según oferta
6 a') longitud de línea b') impedancia de onda c') sobretensión en pu de Ums d') número de descargas 7 Capacidad de soportar sobretensión temporaria, considerando una descarga previa igual a la nominal del descargador, en p.u. de la tensión nominal del mismo a) Durante 1 s. b) Durante 10 s. 8 Capacidad energética, para un simple impulso de 4 ms de duración, en kJ/kV de la tensión nominal del descargador. 9 Clase de descargador s/Anexo E de la Norma IEC 99 - 4	km ohm pu cr Nro p.u. p.u. kJ/kV -		
DIMENSIONES Y PESOS 1 Peso del descargador 2 Dispositivo para izaje 3 Placa de características 4 Cargas en el borne terminal a) en sentido longitudinal - normal - excepcional b) en sentido transversal - normal - excepcional 5 Carga de rotura en el terminal, a la flexión	kg - - daN daN daN daN daN	Si	
CONDICIONES AMBIENTALES Y SÍSMICAS 1 Temperatura máx. absoluta	° C		

PLANILLA DE DATOS GARANTIZ.- DESCARGAD. DE OXIDO METÁLICO kV			
DESCRIPCION	UNIDAD	ÍTEM	
		según pliego	según oferta
2 Temperatura mín. absoluta	° C		
3 Temperatura media diaria anual máx.	° C		
4 Temperatura media diaria	° C		
5 Humedad relativa máxima	%		
6 Humedad relativa mínima	%		
7 Humedad media máxima	%		
8 Velocidad viento sostenido máx.	m/s		
9 Velocidad viento excepcional	m/s		
10 Precipitación media anual	mm		
11 Altura sobre nivel del mar	m		
12 Zona sísmica	-		
13 Zona de alta o baja polución	-		
MISCELANEA			
1 Folletos o catálogos	-	Si	
2 Planos de dimensiones y características generales	-	Si	
3 Protocolo de ensayos	-	Si	
4 Norma (si difiere de IEC)	-	Si	
5 Esquema de embalaje típico	-	Si	

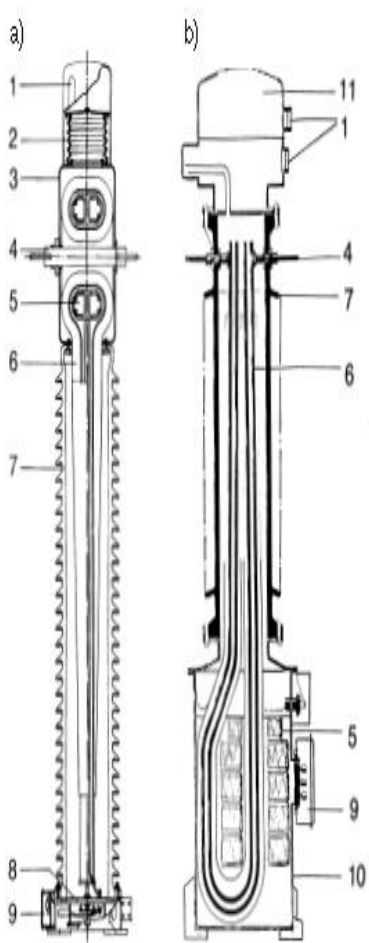
ENSAYOS

- Tensión soportable en involucro sin parte interna activa
- **Tensión residual**
 - Para impulso de corriente con alta tasa de crecimiento
 - Para impulso atmosférico
 - Para impulso de maniobra
- Corrientes soportables de impulso
 - Rectangular de larga duración (descargadores 2,5 kA y 5 kA);
 - Descarga de líneas de transmisión
- **Ciclo de operación**
 - **de alta corriente;**
 - **de impulso de maniobra;**

- v **Característica "tensión de frecuencia industrial x tiempo"**
- v **Alivio de sobrepresión si aplicable**
- v RádioInterferência de tensión interna y de ionización (ANSI)
- v En el dispositivo de desconexión automático, si aplicable
- v Contaminación artificial (ANSI)
- v Hermeticidad
- v Descargas parciales (CEI)
- v Distribución de corriente entre múltiples columnas;

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Relações de transformação		
• secundários de proteção	300/400/600 – 5-5-5-5A	
• secundários de medição	300/400/600 – 5-5 A	
Fator térmico	1,3	
Quantidade de enrolamentos secundários	6	
Secundários de medição	2	
Secundários de proteção	4	
Características do núcleo de medição:		
• Domínio nominal de utilização, para frequências variando entre	58 a 61	Hz
• Limites de erros	0,3%(Iprimária=1,0xIn ; FtxIn) ; 0,6%(Iprim= e item 2.2.4	
• Cargas	Vide item 2.2.4	
• as cargas e classe de exatidão devem ser mantidas na variação de:	5% a 100% da carga nominal, para a r relação de transformação, e as características conforme norma NBR- (inclusive figuras 1,2 e 3 do anexo B)	
• Com carga secundária de 75 a 100% da carga de exatidão nominal máxima e com corrente primária de 50 kAef, a corrente secundária nos núcleos de medição deve ser	50 A ef	



núcleos de proteção:		
Domínio nominal de utilização, para frequências variando entre	55 a 65	
as cargas e classe de exatidão devem ser mantidas na variação de:	5% a 100% da carga nominal, relação de transformação, características conforme norma N	
Limite de Erro	10% (vide item 2.2.4	
Cargas	Vide item 2.2.4	
Fator limite de Exatidão	Núcleos de proteção	83,3 x In

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

3.1 DATOS TÉCNICOS PRINCIPALES

- . Tensión nominal _____ kV
- . Núcleos _____
- . Relación _____/____A
- . Núcleo protección:
 - utilización _____protección
 - prestación _____VA
 - factor límite de precisión _____ $\geq$ _____
 - precisión _____clase 5P
- . Núcleo medición:
 - utilización _____medición
 - prestación _____VA
 - factor de seguridad _____< 5
 - precisión _____clase 0,5
- . Núcleo medición venta de energía:
 - utilización _____medición
 - prestación _____VA
 - factor de seguridad _____< 5
 - precisión _____clase 0,2

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

3.3.1.1 . Ensayos Generales:

- corrientes de corta duración (IEC 60044-1 - cláusula 7.1);
- calentamiento (ídem - cláusula 7.2);
- tensión de impulso (ídem - cláusula 7.3);
- ensayo bajo lluvia para transformadores intemperie (ídem - cláusula 7.4);
- medición de descargas parciales (cláusula 8.2.2, según tensión e IEC 60044-4);
- características del aislador de porcelana (según IEC-233);
- resistencia a las sollicitaciones de origen sísmico;
- ensayo dieléctrico a frecuencia industrial en primario y secundario (cláusulas 8.1 y 8.3);
- ensayos de sobretensión entre espiras (cláusula 8.4);
- . Para secundarios de medición:
 - ensayo de precisión (error de corriente y de fase según cláusula 11.4),
 - corriente de seguridad de instrumento (cláusula 11.6).
- . Para secundarios de protección:
 - ensayo de precisión (error de corriente y de fase según cláusula 12.4);
 - verificación de error compuesto (cláusula 12.5).

- Ensayo De Arco Interno

A fin de verificar, ya sea la capacidad del transformador de resistir las solicitaciones producidas a consecuencia de un arco interno, ya sea el correcto funcionamiento del dispositivo de seguridad contra las sobrepresiones, se debe realizar un ensayo produciendo en el interior del transformador un arco de potencia por la aplicación de la corriente de cortocircuito durante 300 ms.

El arco se debe iniciar en la zona(1) en la cual el gradiente del campo eléctrico es el presumiblemente más elevado ó sostenido más significativo, mediante un hilo conductor de pequeña sección que deberá fundirse casi instantaneamente.

El ensayo puede efectuarse con una tensión sensiblemente inferior a la tensión nominal procurando que la corriente de arco sea prácticamente sinusoidal y el arco no se extinga antes del tiempo establecido.

Los parámetros del circuito y la sincronización del interruptor de cierre deben ser tales que, el valor de cresta del primer pico de la corriente sea igual a $1,7 \div 2,5$ veces el valor eficaz de la corriente permanente.

Durante el curso de la prueba se debe registrar el valor de los parámetros eléctricos y el tiempo de actuación de la válvula de sobrepresión.

El ensayo se debe realizar a la presión nominal de funcionamiento.

La prueba se considera un éxito si no se observa rotura externa sobre el transformador además de la actuación del dispositivo de seguridad contra la sobrepresión.

La ejecución de la prueba no es necesaria si ya fue realizada sobre otro aparato perteneciente a la misma serie proyectada, en tal caso el Fabricante debe demostrar el cumplimiento del ensayo mediante certificación del resultado de la verificación ya efectuada.

Especificación de Transformadores

- Memoria de cálculo de corto circuito, incluyendo:
- Cálculo de la corriente máxima de cortocircuito para cada arrollamiento;
- Cálculo de la capacidad térmica para soportar cortocircuitos Conf. NBR 5356;
- Cálculo de la capacidad dinámica para soportar a cortocircuitos.
 - Indicación de los métodos utilizados en los cálculos de los esfuerzos axiales y radiales;
 - Los datos de entrada y salida de los cálculos de los esfuerzos axiales y radiales;
 - Máximas solicitudes admisibles de los esfuerzos axiales y radiales.

Tensión operativa nominal	$230 \pm 5\%$	kV
Frecuencia normal do sistema	$60 \pm 0,1$	Hz
Nivel de aislamiento en la tensión de 230 kV		
• a impulso atmosférico (BIL)	950	kV
• a impulso de maniobra (BSL)	750	kV
Nivel de curto-circuito en la barra 230 KV		
Curto monofásico (nivel mínimo)	8,8	kA
Curto trifásico (nivel mínimo)	6,3	kA
Curto monofásico (nivel máximo)	21	kA
Curto trifásico (nivel máximo)	15	kA

SOBRETENSION	SUPORTABILIDAD [1]
1,8 pu	50 ms
1,4 pu	200 ms
1,3 pu	1 segundo
1,2 pu	10 segundos
1,1 pu	3 horas

Especificación de Transformadores

DESCRIPCION		Un	OBS
Resfriamiento:	Aceite mineral naftênico		
Número de fases	1		
Frecuencia nominal	60	Hz	
Tensión nominal	$242/\sqrt{3}$	kV _{ef}	
Potencia nominal	x	MVAr	[1]
Conexión de arrollamientos	x		[1]
Método de resfriamiento	x		[1]
Limites de elevación de temperatura dos arrollamientos (punto mas caliente)	65	°C	
Nivel de ruido – Decibéis abaixo da tabela 12, NBR5119 (item 14.16)	x	dB	[1]
Tensión de RádioInterferência, conforme ítem 14.17, NBR 5119	x	μV	[1]

Especificación de Transformadores

DESCRIPCION			Un	OBS
Niveles de aislamiento dos arrollamiento	Línea	Neutro		
Tensión sup.nom. impulso atmosférico pleno	950	x	kV _p	[1]
Tensión sup.nom impulso atmosférico cortado	1045	-	kV _p	[1]
Tensión sup.nom de impulso de maniobra	750	-	kV _p	[1]
Tensión sup.nom à frecuencia industrial	395	x	kV _{ef}	[1]
Niveles de aislamiento das aisladores pasantes				
Tensión sup.nom impulso atmosférico pleno	1050	x	kV _p	[1]
Tensión sup.nom impulso atmosférico cortado-3 µs		x	kV _p	[1]
Tensión sup.nom de impulso de maniobra	850	-	kV _p	[1]
Tensión soportable nominal à frecuencia industrial, a seco	460	x	kV _{ef}	[1]
Tensión sup.nom frecuencia industrial, lluvia		185	kV _{ef}	
Distancia mínima de escoamento	25	25	mm/kV	

Especificación de Transformadores

- **Corriente de excitación:** La rodilla de la curva de saturación debe valorarse en 125% de tensión nominal de 242 kV o superiores a esta. El núcleo de reactancias de aire (X_{ac}) deben estar garantizados por el fabricante .
- El proveedor debe proporcionar al comprador la curva de saturación
- **Soportabilidad a sobretensiones dinámicas**
- Debe soportar niveles en 4.2
- **Requisitos de sobrecarga:** Además de NBR 5416, el transformador y los accesorios deben soportar sobrecargas diarias de corta duración (< media hora), 1,35 veces la potencia nominal en sobrecargas diarias de larga duración (menos de cuatro horas), de 1,25 veces la potencia nominal del transformador.

- **Ensayos de Rutina:** de NBR 5356 y verificación de pintura
- **Ensayos de Tipo:** elevación de temperatura e nivel de ruido
- **Ensayos Especiales**
 - Medición de impedancia de secuencia cero
 - Medición dos harmónicos da corrente de excitação
 - Cromatografía dos gases disueltos en aceite;
 - factor de potencia do aislamiento;
 - Vacío interno;
 - levantamiento da curva de saturación;
 - ensayo de Grau de polimerización.
 - levantamiento da curva de saturación

System rated voltage	$230 \pm 5\%$	kV
System rated frequency	$60 \pm 0,1$	Hz
Insulation level at 230 kV		
• Atmospheric impulse (BIL)	950	kV
• Switching impulse (BSL)	750	kV
Short circuit level at the bus 230 kV 230 KV		
Phase to ground short circuit	8,8 to 21	kA
Three – phase short circuit	6,3 to 15	kA

OVERVOLTAGE	DURATION
1,8 pu	50 ms
1,4 pu	200 ms
1,3 pu	1 segundo
1,2 pu	10 segundos
1,1 pu	3 horas

Description		Un	OBS
Cooling:	Mineral oil naphthenic		
Number of phases	1		
Rated frequency	60	Hz	
Rated voltage	$242/\sqrt{3}$	kV _{ef}	
Rated power	x	MVAr	[1]
Windings connection	x		[1]
Cooling method	x		[1]
Temperature rise limit (hot spot)	65	K	
Noise Level - Decibels below value in the table 12, NBR 5119 (Item 14.16)	x	dB	[1]
Radio interference voltage as in 14:17, NBR 5119	x	µV	[1]

[1] Characteristics defined by the manufacturer

DESCRIPTION			Un	OBS
Windings insulation lcls	Line	Neutral		
Atmospheric impulse withstand voltage	950	x	kV_p	[1]
Atmospheric impulse withstand voltage (cut wave)	1045	-	kV_p	[1]
Switching impulse withstand voltage	750	-	kV_p	[1]
Industrial frequency withstand voltage	395	x	kV_{ef}	[1]
Bushings insulation level				
Atmospheric impulse withstand voltage (full wave)	1050	x	kV_p	[1]
Atmospheric impulse withstand voltage (cut wave 3 μS)		x	kV_p	[1]
Switching impulse withstand voltage	850	-	kV_p	[1]
Industrial frequency withstand voltage dry	460	x	kV_{ef}	[1]
Industrial frequency withstand voltage wet		185	kV_{ef}	
Minimum creepage distance	25	25	mm/kV	

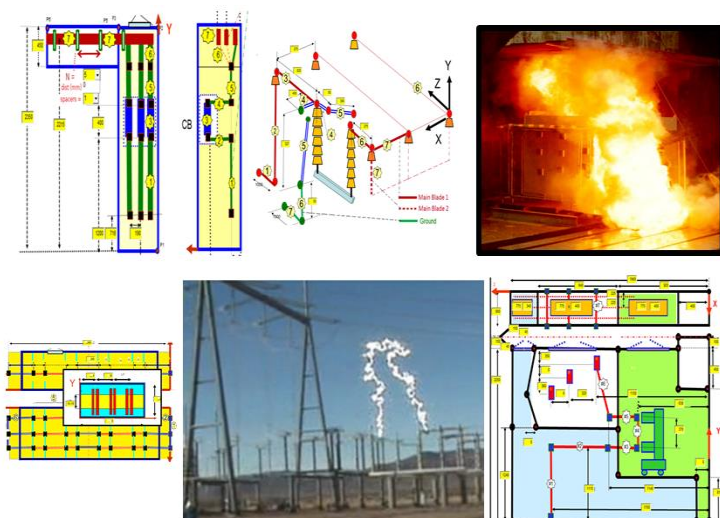
- .Excitation current:
 - .The knee of the curve should be at saturation value of 125% of rated voltage of 242 kV or above.
 - .The supplier shall provide the saturation curve obtained by test
- .Withstand to dynamic overvoltages
 - .The equipment shall be capable of withstanding voltage levels of 4.2
- .Requirements of overload:
 - .Apart from the NBR 5416 requirement, the transformer and accessories shall withstand daily overloads of short duration (less than a half-hour period) of 1.35 times the rated power of the transformer and long-term (less than four hours), 1.25 times the rated power of the transformer.

FINAL DEL MÓDULO 5

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)



MODULE 6:

NORMAS TÉCNICAS PARA
TABLEROS

Media tensión (IEC 62271-200)

Baja tensión (IEC 61439)

Norma IEC 62271-200

IEC 62271-200 : High voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

- Requisitos para conjuntos de maniobra y control $> 1 \text{ kV}$ y $\leq 52 \text{ kV}$ para instalación en interiores y al aire libre
- con elementos fijos y removibles que pueden llenarse con líquido o gas de aislamiento.
- Conjuntos que se diferencian en: consecuencias para la continuidad del servicio para el mantenimiento, la necesidad y conveniencia de mantenimiento.
- Presión relativa del gas $< 300 \text{ kPa}$. ($\sim 3 \text{ ATM}$)
- Para uso en atmósferas inflamables, en las minas o en los buques, puede estar sujeto a requisitos adicionales

Norma IEC 62271-200 (DEFINICIONES)

Envolvente metálica (4 tipos) : grado de protección contra las influencias exteriores, y contacto con las partes vivas y móviles .

Compartimiento con accesibilidad controlada por enclavamiento: puede ser abierto para operación normal y/o mantenimiento normal.

Compartimiento con accesibilidad basada en procedimiento: puede ser abierto para operación normal y / o mantenimiento normal por procedimiento adecuado combinado con enclavamiento.

Compartimiento con accesibilidad basada en procedimiento : pueden ser abiertos pero no en operación normal o mantenimiento (hay procedimientos y herramientas).

Compartimiento no accesible. Apertura puede destruir la integridad del compartimiento

Norma IEC 62271-200 (DEFINICIONES)

Clase de división: si los materiales metálicos o no metálicos son utilizados para la separación de las partes vivas

Clase PM: separación metálica continua y / o persianas , prevista para estar conectados a tierra entre los compartimentos accesibles abiertos y partes activas del circuito principal

Clase Pl: una o más divisiones o persianas no metálicos, entre los compartimentos accesibles abiertos y partes activas del circuito principal

Segregación de conductores: barrera de metal entre las partes vivas, de modo que cualquier descarga sólo puede ocurrir por la tierra

Norma NBR IEC 62271-200 (DEFINICIONES)

Categoría de la pérdida de la continuidad del servicio (LSC) define la capacidad de mantener energizados otros compartimentos cuando se abre un compartimiento del circuito principal.

LSC2 : compartimentos accesibles que no sean los de las barras de conjunto de un único embarrado.

LSC2B: Si el compartimiento de los cables es previsto para también permanecer energizado si otro compartimiento accesible está abierto.

LSC2A: conjunto diferente de LSC2B.

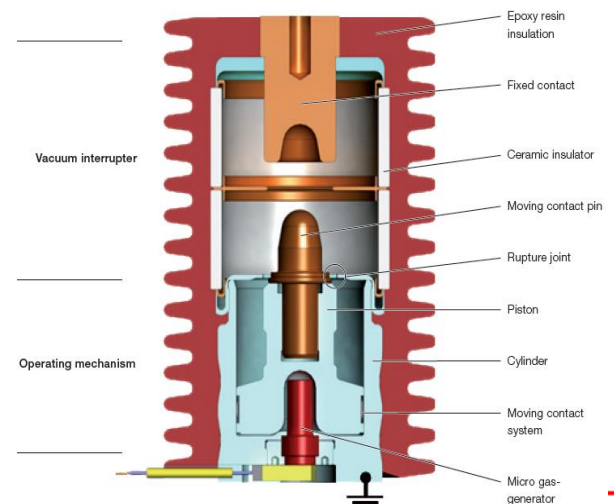
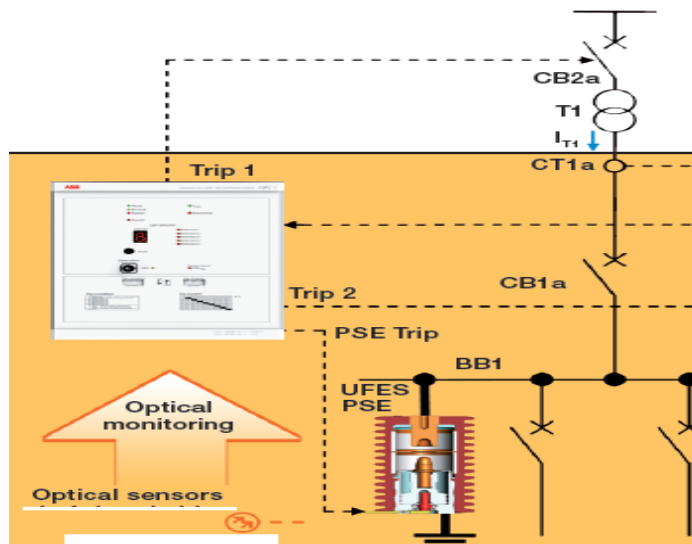
LSC1: conjunto diferente de la categoría LSC2

IEC 62271-200 - TABLERO CLASIFICADO COMO A PRUEBA DEL ARCO INTERNO PRUEBA (IAC)

- Si se cumplen los criterios para la protección de las personas en el caso de un arco internodemostrado mediante ensayos
- Cumple con la norma si se ha diseñado y fabricado para prevenir la ocurrencia de fallas internas.
- Si es instalado, operado y mantenido adecuadamente hay una pequeña posibilidad de arco interno. pero no se puede ignorar.
- Las fallas en el recinto o condiciones de servicio o error de operación excepcional, pueden comenzar arco que representa un riesgo para las personas.

PREVENCIÓN DE EFECTOS de ARCOS INTERNOS

- Rápida eliminación de fallas con detectores sensibles a la luz, presión, calor o la protección diferencial.
- El uso del dispositivo fusible en combinación con llaves (limitar la magnitud y duración da la corriente)
- Desviar a corto circuito metálico a través de dispositivos de cierre rápido (eliminador de arco),
- El mando / control a distancia,
- Inserción o la extracción de la parte extraíble solo con puertas cerradas .



- Nivel de aislamiento de equipo
 - prueba de tensión soportable en frecuencia industrial
 - impulso atmosférico (rayo)
 - descargas parciales (previo acuerdo)
- Calentamiento .
- Corrientes soportables de corta duración y de cresta
- Establecimiento y la interrupción de los dispositivos de maniobra
- Funcionamiento de los dispositivos maniobra y de las partes desmontables .
- Protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas y protección de equipos contra la penetración de cuerpos sólidos extraños (grado IP)
- Resistencia mecánica de compartimentos llenos de gas.
- El cierre de los compartimentos llenos de gas o un líquido
- Efectos del arco interno (si tiene la clasificación IAC)
- Compatibilidad electromagnética

CLASIFICACIÓN DE ARCO INTERNO (IAC)

- Tipos de accesibilidad **A, B , C**
- +
- Corriente de prueba (kA) y duración (s).

1) No está montado en poste.

- accesibilidad **A** (restringido a personal autorizado)
- accesibilidad **B** (sin restricciones, incluyendo el público en general.)

F Frente **R** trasero **L** lateral

2) Está montado en poste.

- accesibilidad **C** (restringido por estar fuera del alcance)

Ejemplo 1: Celda probada con 12,5 KA eff por 0,5 s, instalación en el lugar restringido a operadores y probada con indicadores en la parte frontal, lateral y trasera, se designa como sigue:

Clasificación **IAC AFLR**

Arco interno: 12,5 kA 0,5 s

Ejemplo 2: Celda probada con 16,0 KA eff por 1,0 s, instalación en el lugar de acceso público y que se analiza con indicadores colocados:

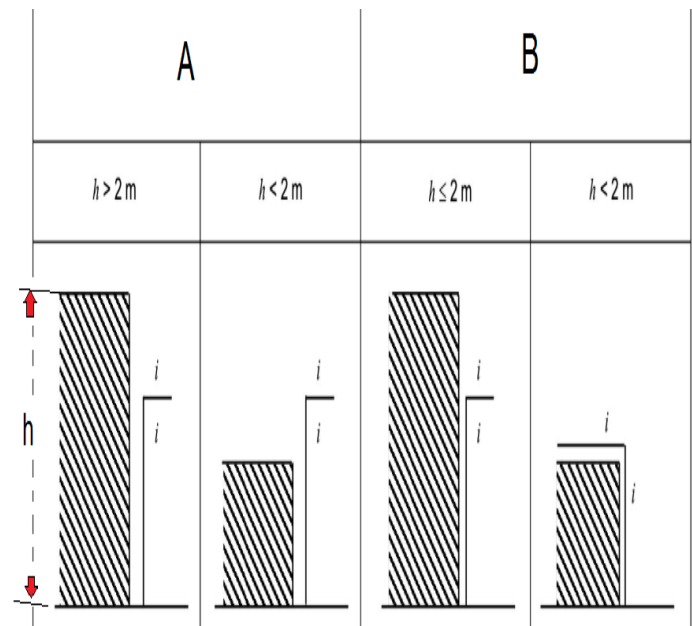
frontal: accesibilidad pública

trasera: restringido a operadores

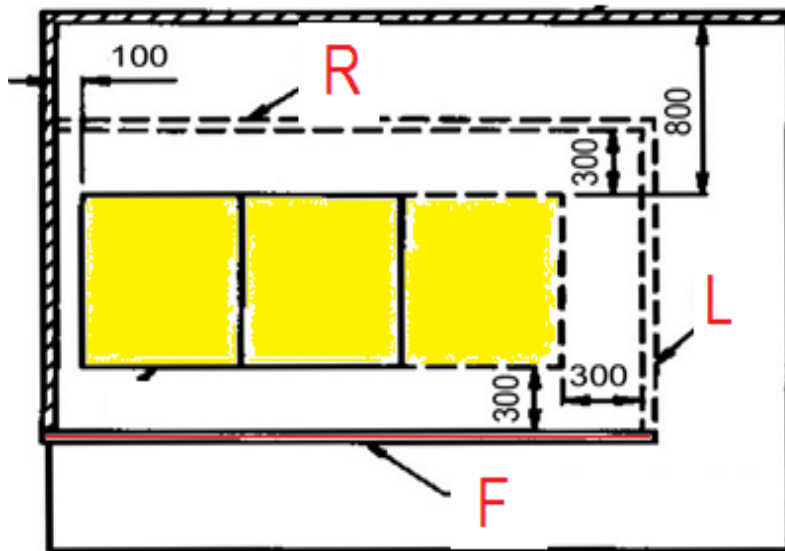
lateral: no accesible

Clasificación **IAC BF-AR**

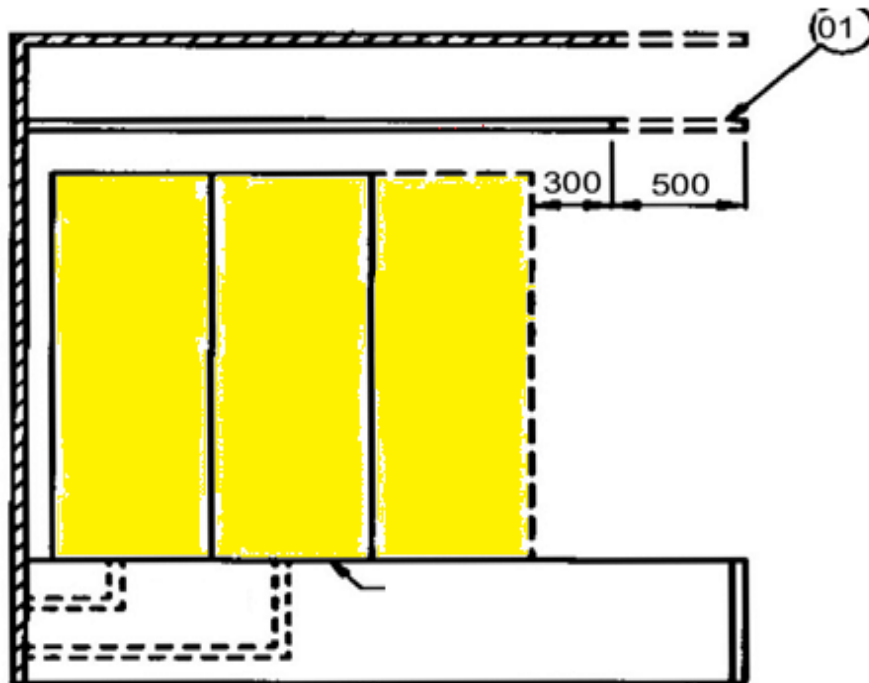
Arco interno 16 kA 1 s.



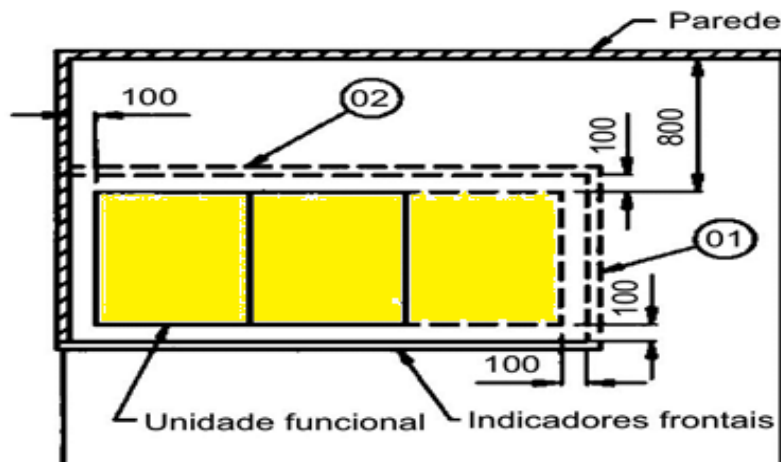
Simulación de la sala y posición de indicadores para
accesibilidad A (celda > 1,5 m altura)



A - A

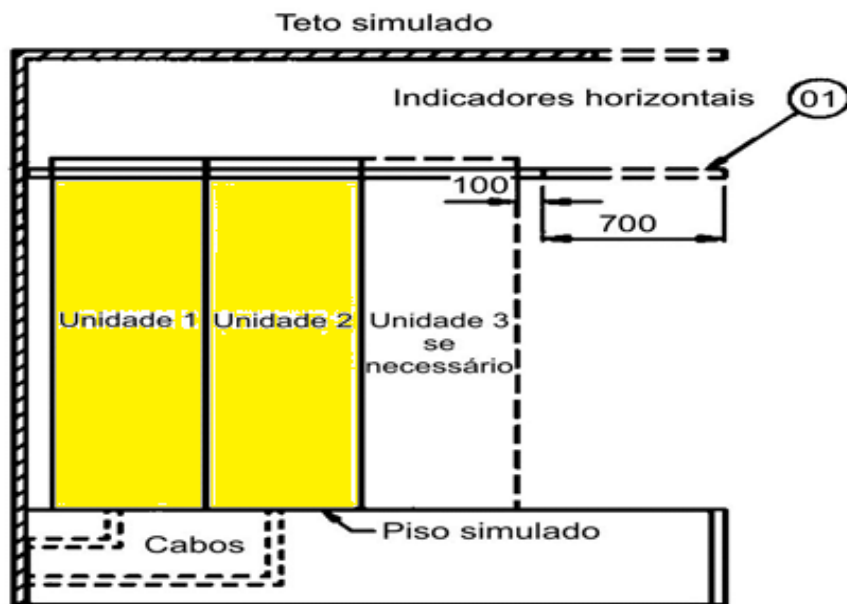


Simulação de la sala y posición de indicadores para accesibilidad B (celda > 2,0 m altura)

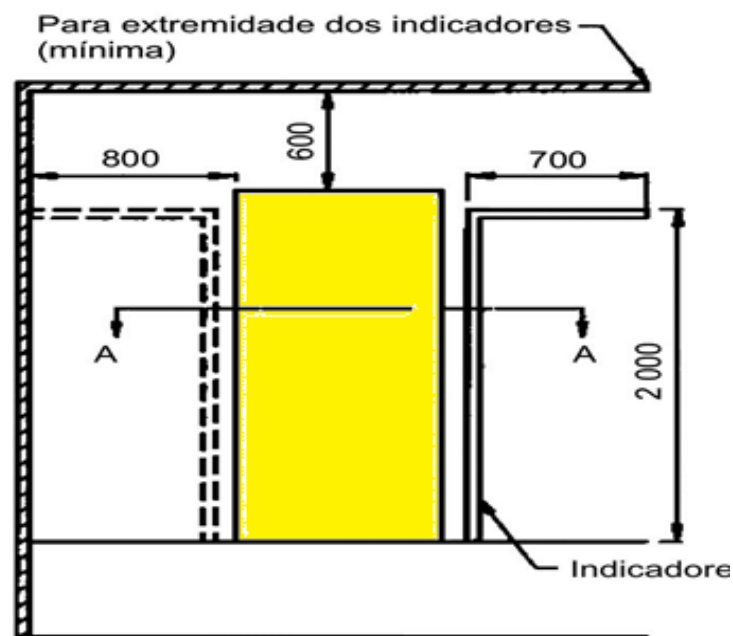


01: indicadores para acessibilidade lateral
02: indicadores para acessibilidade posterior

Corte A-A



Elevação frontal



Elevação posterior

Clasificación completa IEC 62271-200

CLASE de CONTINUIDAD DEL SERVICIO:

Informa la continuidad y la cantidad de compartimientos

LSC2B – PM – IAC - AFLR



Clasificación completa IEC 62271-200

CLASE DE LA COMPARTIMENTACION:

Indica el tipo de material utilizado en estas partes, compartimentos internos y guillotinas.

LSC2B – PM – IAC – AFLR

Clasificación completa IEC 62271-200



**CLASE De
ARCO
INTERNO:**

Informa se celda
fue o no
ensayada para el
arco interno

LSC2B – PM – IAC - AFLR

Clasificación completa IEC 62271-200

**CLASE DE
ACCESIBILIDAD:**
Informa el tipo de
persona y direcciones
donde se puede tener
acceso a la celda

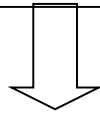
LSC2B – PM – IAC - AFLR



CONJUNTOS DE APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN.

IEC 60439-1 – Conjuntos de aparamenta de baja tensión.

Parte 1: Conjuntos de serie (TTA) y conjuntos derivados de serie (PTTA).



Séries

January – 2009

IEC 61439 - Low-voltage switchgear and controlgear assemblies

*Importante cambio de concepto con las reglas de diseño
(posiblemente el concepto más avanzado en normas IEC)*

IEC 61439

61439-1: General rules

61439-2: Power switchgear and controlgear assemblies

61439-3: Distribution boards

61439-4: Assemblies for construction sites

61439-5: Assemblies for power distribution

61439-6: Busbar trunking systems

IEC 61439 CONCEPTOS

- La discriminación entre "TTA" y "PTTA" es sustituida por el enfoque "verificación"
- Palabra "Tested" sustituida por "verificado"
- La verificación del diseño se puede hacer mediante la aplicación de uno o más de los siguientes métodos alternativos y equivalentes
 - Los cálculos y las mediciones
 - La validación por las reglas de diseño
 - Las pruebas de laboratorio.

IEC 61439 REGLAS DE DISEÑO

	Regla (T = temperatura F = fuerza P = presión)	T	F	P
1	Corriente de corta duración inferior o igual a la a la que se probó ?		X	X
2	Bus sección transversal de la barra inferior o igual a la que se probó ?	X		
3	Distancia entre las fases de mayor o igual a la que se probó?	X	X	
4	Soportes de mismo tipo y la distancia entre los aisladores de la misma fase inferior o igual ... ?		X	
5	Materiales, montaje ... iguales?	X	X	X
6	Dispositivos de cortos circuitos son equivalentes mismo tipo y fabricante /?			
7	Longitud del conductor bajo tensión inferior o igual ...?			
8	Los compartimentos fueran incluidos en las pruebas originales?	X	X	X
9	Los compartimentos son del mismo tipo y dimensiones mayor o igual?	X		X
10	Los compartimentos tienen la misma concepción mecánica?	X		X

"SI: a todos los elementosNO PRUEBA y NO CÁLCULO

"NO a algunas de las reglas, entonces una verificación adicional por cálculos

IEC 61439 REGLAS DE DISEÑO

**Table 13 – Short-circuit verification by design rules:
check list**

Item No.	Requirements to be considered	YES	NO
1	Is the short-circuit withstand rating of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, less than or equal to, that of the reference design?		
2	Is the cross sectional dimensions of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
3	Is the spacing of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
4	Are the busbar supports of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same type, shape and material and have, the same or smaller spacing, along the length of the busbar as the reference design?		
5	Are the material and the material properties of the conductors of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed the same as those of the reference design?		
6	Are the short-circuit protective devices of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed equivalent, that is of the same make and series ^{a)} with the same or better limitation characteristics (I^2t , I_{pk}) based on the device manufacturer's data, and with the same arrangement as the reference design?		
7	Is the length of unprotected live conductors, in accordance with 8.6.4, of each non-protected circuit of the ASSEMBLY to be assessed less than or equal to those of the reference design?		
8	If the ASSEMBLY to be assessed includes an enclosure, did the reference design include an enclosure when verified by test?		
9	Is the enclosure of the ASSEMBLY to be assessed of the same design, type and have at least the same dimensions to that of the reference design?		
10	Are the compartments of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same mechanical design and at least the same dimensions as those of the reference design?		
'YES' to all requirements – no further verification required.			
'NO' to any one requirement – further verification is required, see 10.11.4 and 10.11.5.			

NUEVA IEC 62271-307 (media / alta tensión)

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR :

Part 307 Guidance for the extension of validity of type tests

- Esta guía para CA 1 kV hasta ≤ 52 kV como se especifica en 62271-200 y 62271-201
- Para la extensión de la validez de las pruebas de tipo realizadas en una muestra con un conjunto definido de calificaciones a otro de la misma familia con un conjunto diferente de las calificaciones o diferentes arreglos.
- Es compatible con la selección de muestras de ensayo representativas compuestas de unidades funcionales dirigido a la optimización de los ensayos de tipo con el fin de evaluación de la conformidad.
- Utiliza los principios técnicos y físicos, experiencia en la industria y los cálculos para establecer reglas para varios aspectos de diseño y de calificación.

IEC 61439 VERIFICACION DEL DISEÑO

Si las pruebas se realizaron por la norma IEC 60439, antes de la publicación de la norma de producto de serie IEC_61439 y los resultados cumplen los requisitos de la norma IEC 61439 no será necesario repetir las pruebas.

Aparamenta verificada por el fabricante original y fabricada o montada por otro fabricante no requiere que las pruebas se repitan (si se siguieran los requisitos del fabricante original e instrucciones).

Comprobación de rutina: en todas las aparamentas

IEC 61439 VERIFICACION DEL DISEÑO

•CONSTRUCCIÓN

- Verificación de la resistencia de los materiales y partes;
- Grado de protección ;
- Comprobación de distancias de fuga y de seccionamiento
- Protección contra descargas eléctricas
- Circuitos eléctricos internos y conexiones;
- Terminales para conductores externos.

•RENDIMIENTO:

- Propiedades dieléctricas;
- Verificación de la elevación de temperatura;
- Verificación de resistencia al I cortocircuito
- Compatibilidad electromagnética;
- Funcionamiento mecánico.



Clasificaciones

- ✓ Proyecto externo (de tipo abierto, de frente muerto, cerrado, canalización)
- ✓ Lugar de instalación (interior - exterior)
- ✓ Condiciones de instalación con respecto a la movilidad (fijos o móviles)
- ✓ Tipo de envoltente (metal, plástico, ...)
- ✓ Sistema de montaje (removible o fijo)
- ✓ Medidas para proteger a las personas
- ✓ Tipos de separación interna
- ✓ Conexiones eléctricas de las unidades funcionales

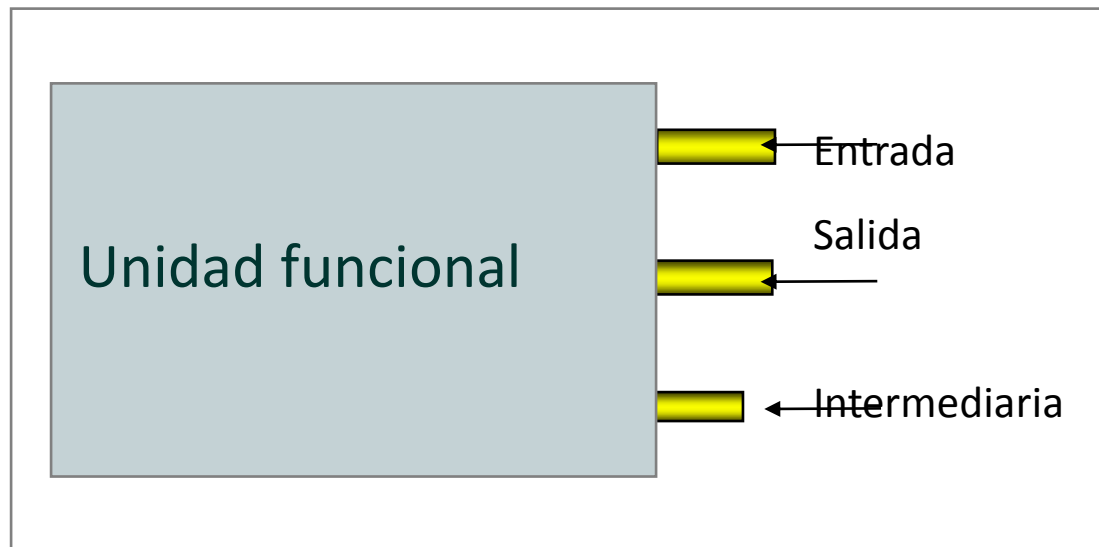
Proyecto externo

- de tipo abierto (“open type”): partes vivas accesibles
- de frente muerto (“dead-front”): abierto con cobertura frontal que solo impide el acceso pela frente y no por otras direcciones.
- Cerrado (“enclosed”): cerrado en todas las direcciones
- Tipo Celda : cerrado con varios compartimentos
- Tipo Mesa: cerrado con control horizontal o inclinado
- Tipo Caja : cerrado para montaje vertical
- Canalización (“busway”): embarrado + ducto + aislantes.

Unidad funcional

Definición: Parte de un conjunto que consta de los elementos eléctricos y mecánicos que contribuyen a la misma función

Ejemplo: una caja de un centro de control de motores



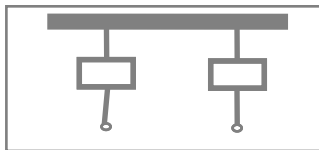
Diferentes tipos de separaciones internas

✓ **Forma 1** cuando ninguna partición es necesaria

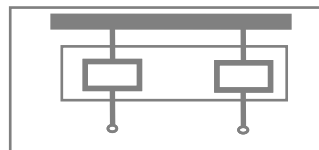
- ✓ Esto no es verdad si no hay un plato para que el usuario no tenga acceso a partes vivas.

✓ **Formas 2, 3 y 4** : partición adicional interna

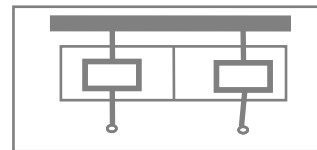
- ✓ Forma 2: partición de los embarrados
- ✓ Formas 3a y 3b:
 - Unidades funcionales separadas unas de las otras y separadas de los embarrados
 - Terminales de conexión separados de los embarrados
- ✓ Formas 4a y 4b:



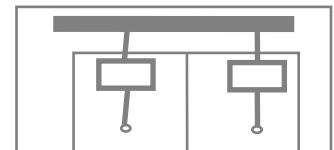
Forma 1



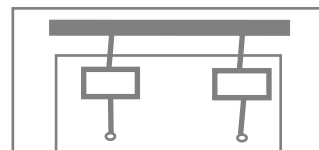
Forma 2a



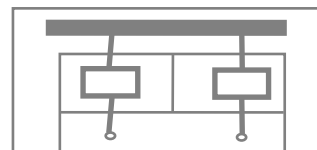
Forma 3a



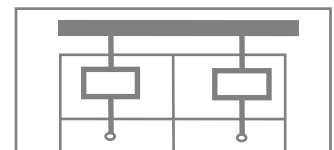
Forma 4a



Forma 2b



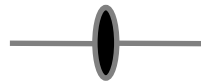
Forma 3b



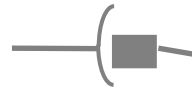
Forma 4b

Conexión eléctrica a las unidades funcionales

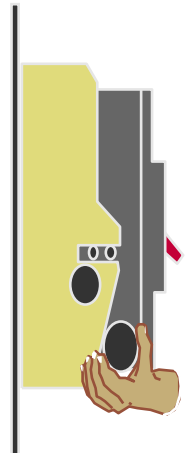
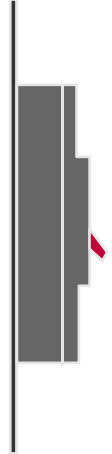
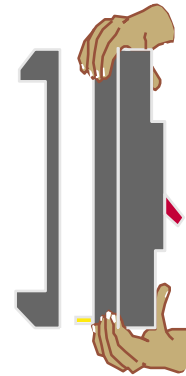
F = Fija



D = Desconectable



W = Extraíble



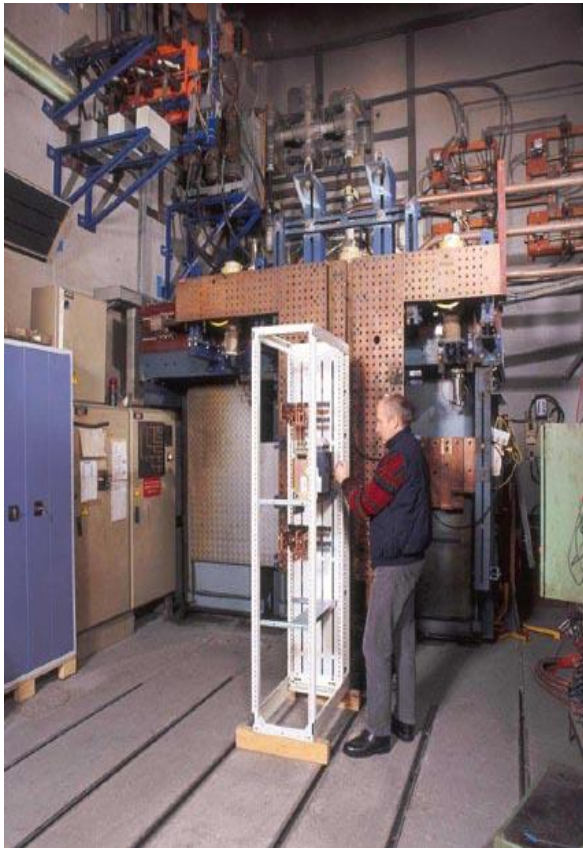
PRUEBAS

pruebas de tipo :

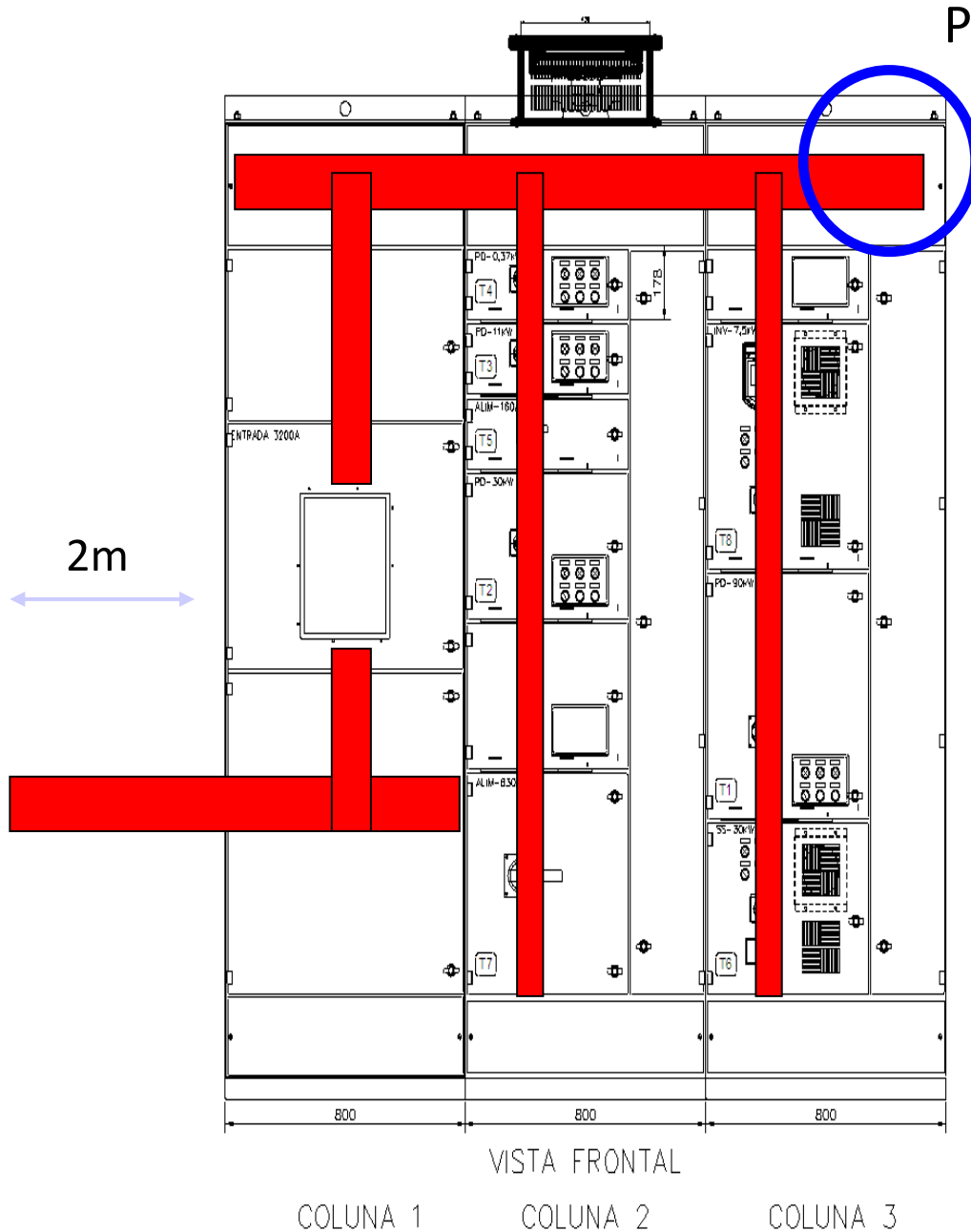
- Limites de elevación de temperatura(calentamiento)
- Verificación de las propiedades dieléctricas
- Soportabilidad frente a cortocircuitos
- Eficacia del circuito de protección
- Distancias de aislamiento /líneas de fuga
- Operación mecánica
- Grado de protección

✓ pruebas de rutina:

- ✓ Inspección general
- ✓ Prueba de aislamiento / dieléctrico
- ✓ Medidas de protección.



PRUEBA DE CALENTAMIENTO



Punto de corto circuito

Disipación de potencia
por resistores



Limites de elevación de temperatura (calentamiento)

- Se puede utilizar la corriente directamente o resistencias eléctricas de disipación de potencia equivalente.
- Corriente nominal en el circuito principal.
 - Circuitos de salida: utilizar I_N x el factor de diversidad (0,9 a 0,6 dependiendo de ser 2 a 10 circuitos)
 - Informar disipación de potencia en el informe de pruebas.
 - Utilizar corriente monofásica solo si los efectos magnéticos **son** pequeños (como saberlo?)
 -
 - Elevaciones de temperaturas permitidas (tabla + el siguiente)



Parts of ASSEMBLIES	Temperature rise K
Built-in components ^{a)}	In accordance with the relevant product standard requirements for the individual components or, in accordance with the component manufacturer's instructions ^{f)} , taking into consideration the temperature in the ASSEMBLY
Terminals for external insulated conductors	70 ^{b)}
Busbars and conductors	Limited by ^{f)} : – mechanical strength of conducting material ^{g)}; – possible effect on adjacent equipment; – permissible temperature limit of the insulating materials in contact with the conductor; – effect of the temperature of the conductor on the apparatus connected to it; – for plug-in contacts, nature and surface treatment of the contact material
Manual operating means: – of metal – of insulating material	15 ^{c)} 25 ^{c)}
Accessible external enclosures and covers: – metal surfaces – insulating surfaces	30 ^{d)} 40 ^{d)}
Discrete arrangements of plug and socket-type connections	Determined by the limit for those components of the related equipment of which they form part ^{e)}

^{g)} Assuming all other criteria listed are met a maximum temperature rise of 105 K for bare copper busbars and conductors shall not be exceeded.

NOTE The 105 K relates to the temperature above which annealing of copper is likely to occur. Other materials may have a different maximum temperature rise.

IEC 62208 - Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies - General requirement

6.3.1 General

The manufacturer's documentation shall include all relevant constructional, mechanical characteristics, the enclosure classification (see Clause 4) and any instruction necessary for the correct handling, assembling, mounting and service conditions of the enclosure as well as reference to this standard:

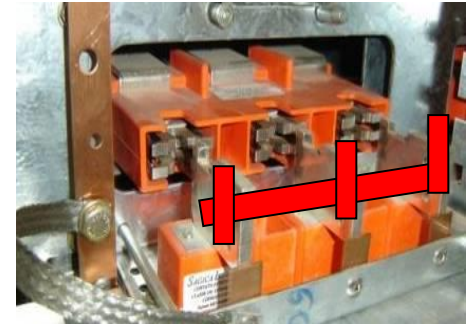
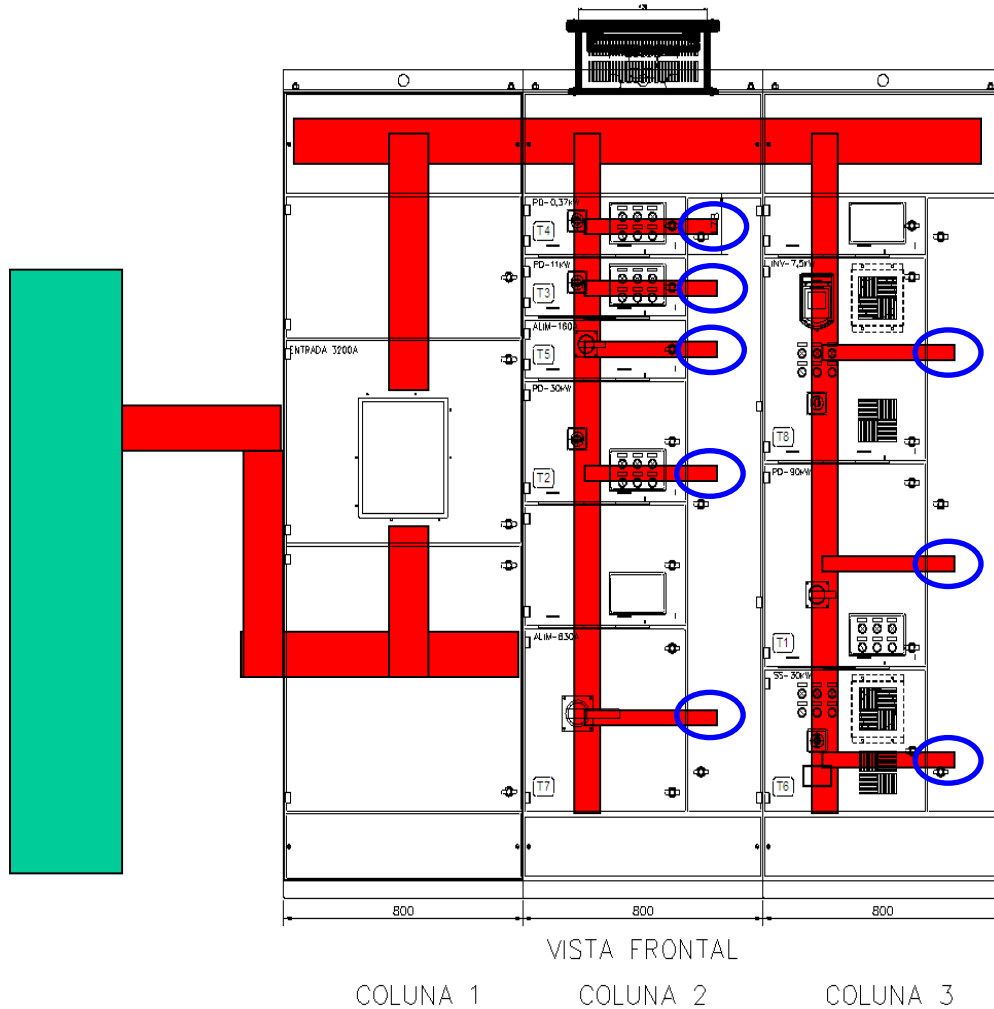
- dimensions (see 6.3.2);
- mounting arrangements (see 6.3.3);
- permissible loads (see 6.3.4);
- lifting devices, if necessary (see 6.3.5);
- provisions for protection against electric shock (see 6.3.6);
- applicable service conditions (see Clause 7);
- location and size of protected space;
- data of thermal power dissipation capability;
- rated insulation voltage of enclosures constructed of an insulating material;
- degree of protection (IK and IP codes, see 8.7 and 8.8).

The data for the thermal power dissipation capability are a function of the admissible temperature inside the enclosure. They shall be provided for the different installation methods (e.g. flush mounting, surface mounting) of the enclosure and of the design of the enclosure, i.e. with or without ventilation openings and number of horizontal partitions. They shall include at least temperature rise inside the enclosure, at the top, and external surfaces temperature rise, for a given power loss inside the enclosure. This will provide the user with the correct data for the selection of the enclosure according to electrical equipment to be installed. For the purpose of the calculation, it is assumed that the heat generated by the selected equipment is distributed uniformly inside the protected space.

9.14 Thermal power dissipation capability

The thermal power dissipation data provided by the manufacturer (see 6.3.1) shall be determined by test in accordance with 10.10.4.2.2 of IEC 61439-1:2011, or by a calculation method, e.g. according to IEC/TR 60890.]

SOPORTABILIDAD A LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO



65kA – 380V – 60Hz



SOPORTABILIDAD A LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

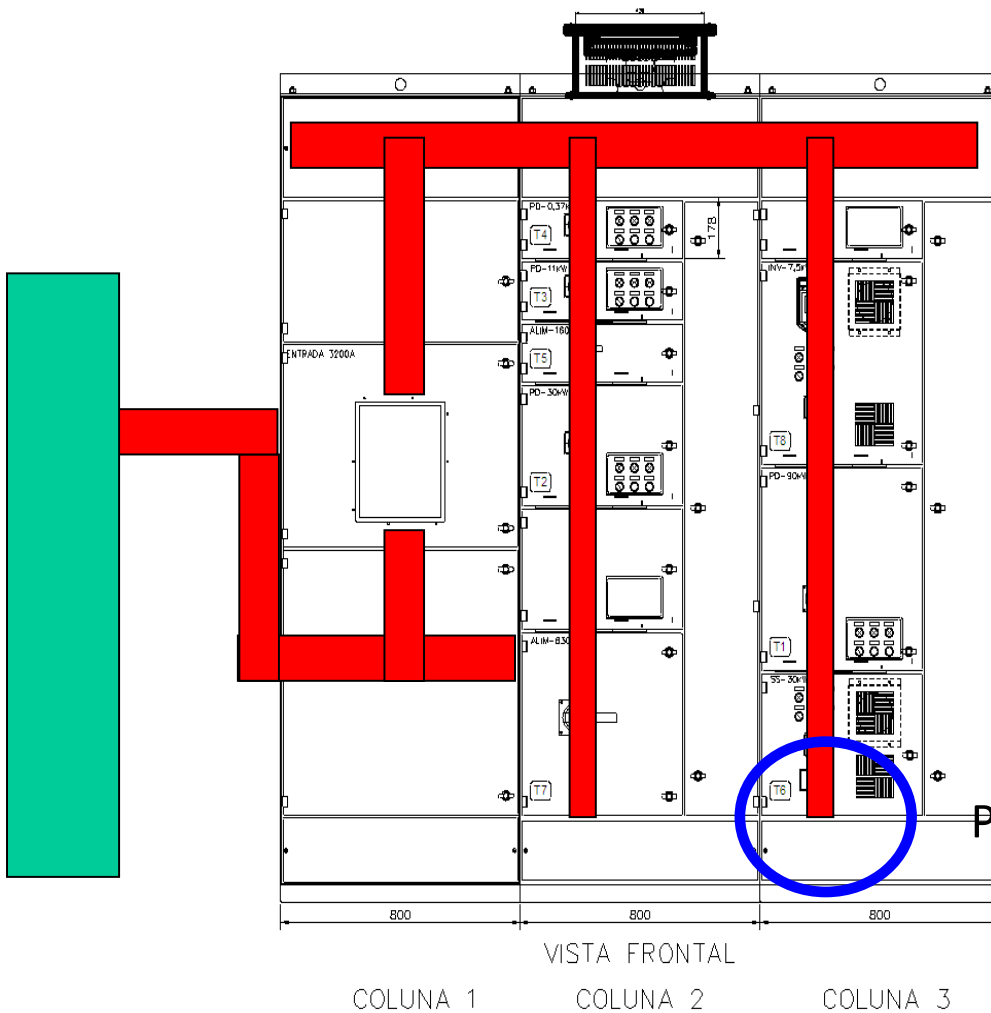
- ✓ Soportar el corto = evitar el peligro de colapso y la proyección de las piezas, la generación de arco y permitir la rápida puesta en servicio.
- ✓ Soportabilidad a las fuerzas electrodinámicas y buena operación de los dispositivos de interrupción.
- ✓ Corto-circuito en el bus principal, bus de neutro y circuitos de salida

Valor eficaz de la corriente alterna de corto (I_{CW})	N
$I_{CW} < 5$	1.5
$5 < I_{CW} < 10$	1.7
$10 < I_{CW} < 20$	2
$20 < I_{CW} < 50$	2.1
$50 > I_{CW}$	2.2

Corriente de cresta $I_{Cresta} = N \times I_{CW}$



SOPORTABILIDAD A LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO



1) Corto circuito en el bus principal

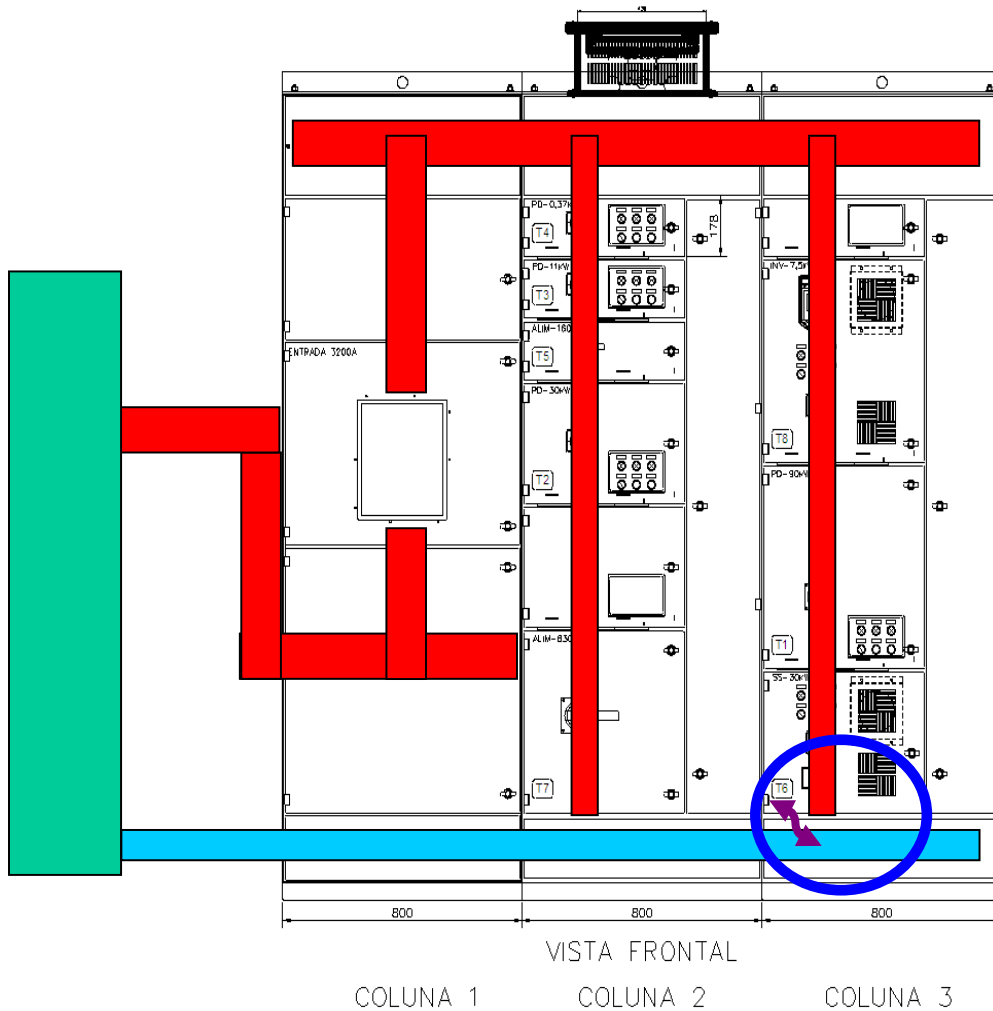
65kA ef y corriente de cresta
 $= 2.2 \times 65 = 143\text{kA}_{\text{cresta}}$

Punto de corto-circuito

Soportabilidad a las fuerzas electrodinámicas sólo

No es necesario si la corriente de corta duración (o condicional) $< 10 \text{ kA ef}$

Soportabilidad frente a cortos circuitos



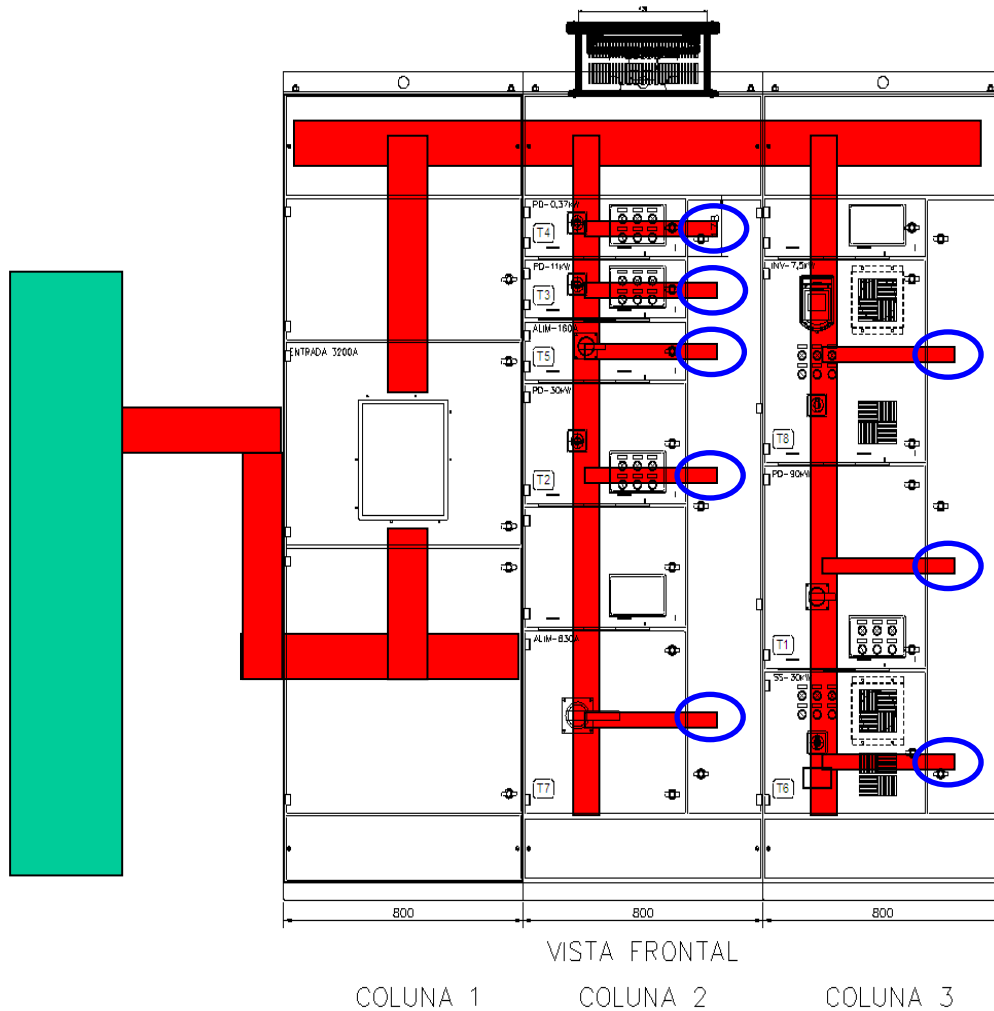
2) Corto circuito en el bus de neutro

$$65\text{kA} \times 0,6 = 39\text{kA}_{\text{ef}}$$

Punto de corto-circuito

Soportabilidad a las fuerzas electrodinámicas sólo

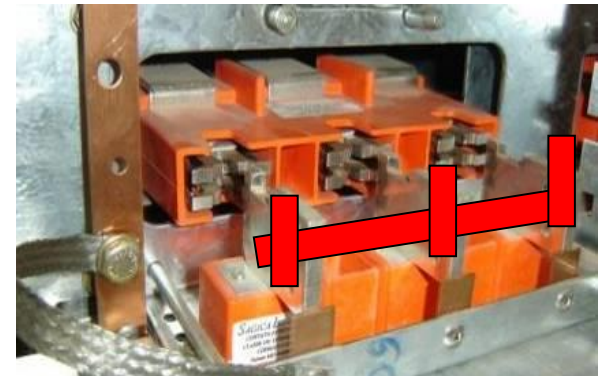
Soportabilidad frente a cortos circuitos



3) Corto-circuito en los
circuitos de salida

$65kA_{ef} - 380V - 60Hz$

Puntos de corto-circuito



Soportabilidad a las fuerzas
electrodinámicas y buena operación de
los dispositivos de interrupción.

PRUEBAS PUEDEN SER REEMPLAZADAS POR SIMULACIONES ?

- Soportabilidad frente a cortocircuitos

IEC 61117 – A method for assessing the short circuit withstand strength of partially type tested assemblies (PTTA)

IEC 61865-2 – Short-circuit currents – Calculation of effects

ARCO INTERNO EM BAJA TENSION IEC TR 61641

- El mismo concepto de las pruebas de media tensión, pero no hay indicadores horizontales
- Duración del arco (0,1 0,5 s)
- Tensión de prueba 105% V_n
- Indicadores de algodón 300 mm
- Criterios para la aprobación
- Según la IEC la parte interesada (y no el laboratorio) decide el número de solicitudes para llevar a cabo (hasta 5)

CLASIFICACIÓN Y CRITERIOS

PROTECCIÓN DE PERSONAS

- No abrir las puertas
- No se puede tirar partes y piezas
- No hay agujeros en las partes exteriores
- No quemar los indicadores verticales
- Circuito de protección de las partes accesibles es eficaz

LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS Y AL EQUIPO

Arco restringido a la zona de ignición y no se propagan a los demás.

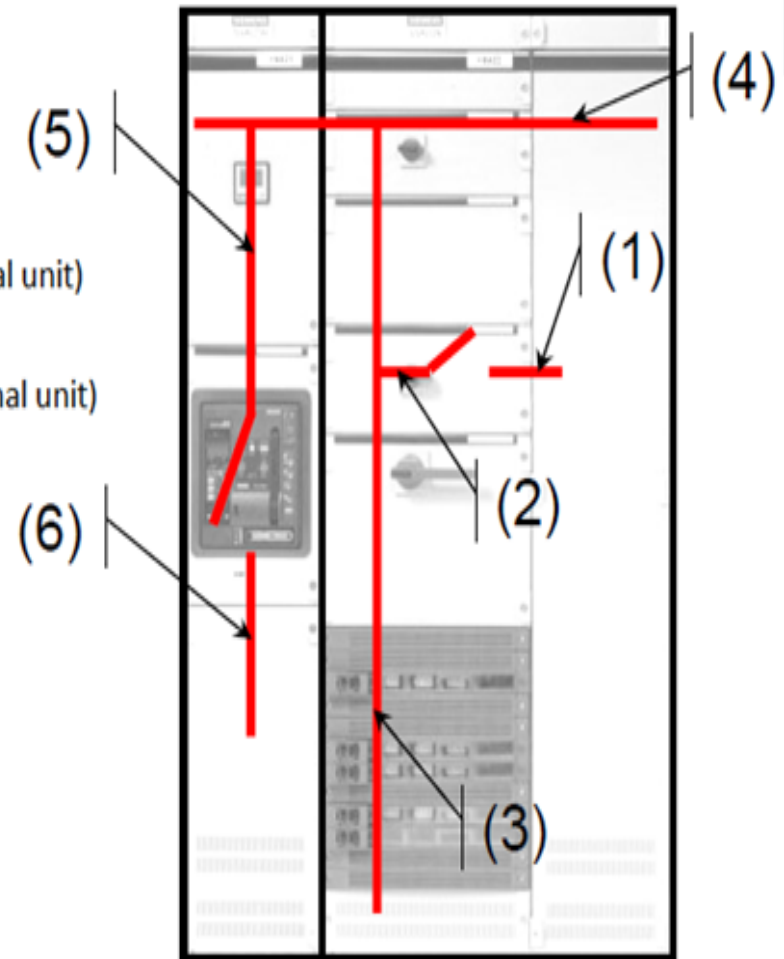
DESPUÉS DEL ARCO ES CAPAZ DE FUNCIONAR DE UNA MANERA LIMITADA.

Ensayo dieléctrico a 1,5 V x 1 min

Test implementation – ignition points

The following ignition points have to be considered in the test:

- (1) Load side of a feeder (outgoing functional unit)
- (2) supply side of a feeder (outgoing functional unit)
- (3) Along distribution busbars
- (4) Along main busbars
- (5) Load side of an 'incoming functional unit'
- (6) supply side of an 'incoming functional unit'



No test is required if these ignition points fulfill the criteria of an arcing-free zone. Insulation material must not be destroyed, removed or punctured during attachment of the ignition wire.

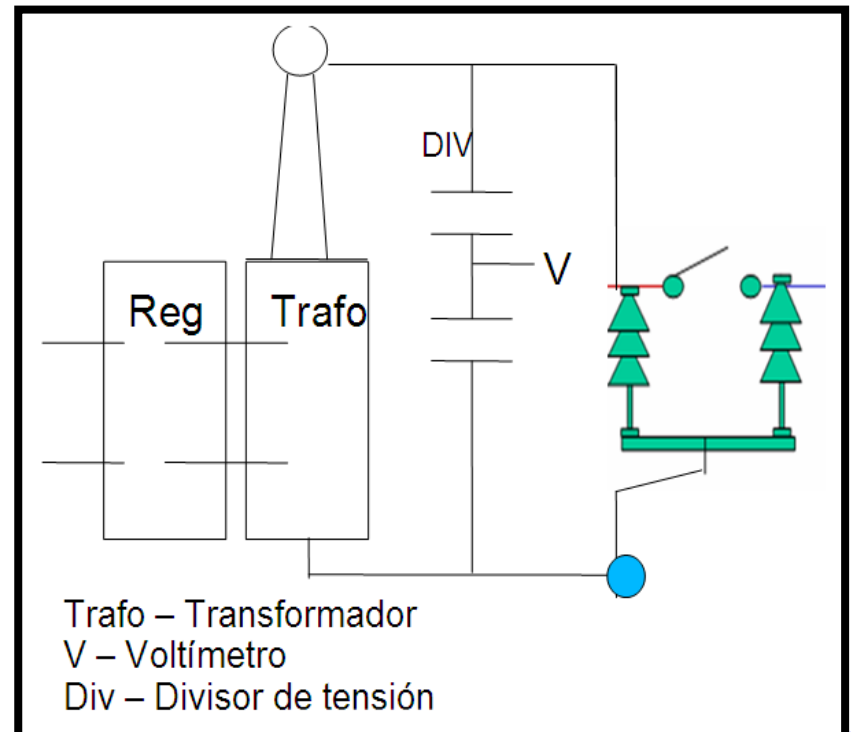
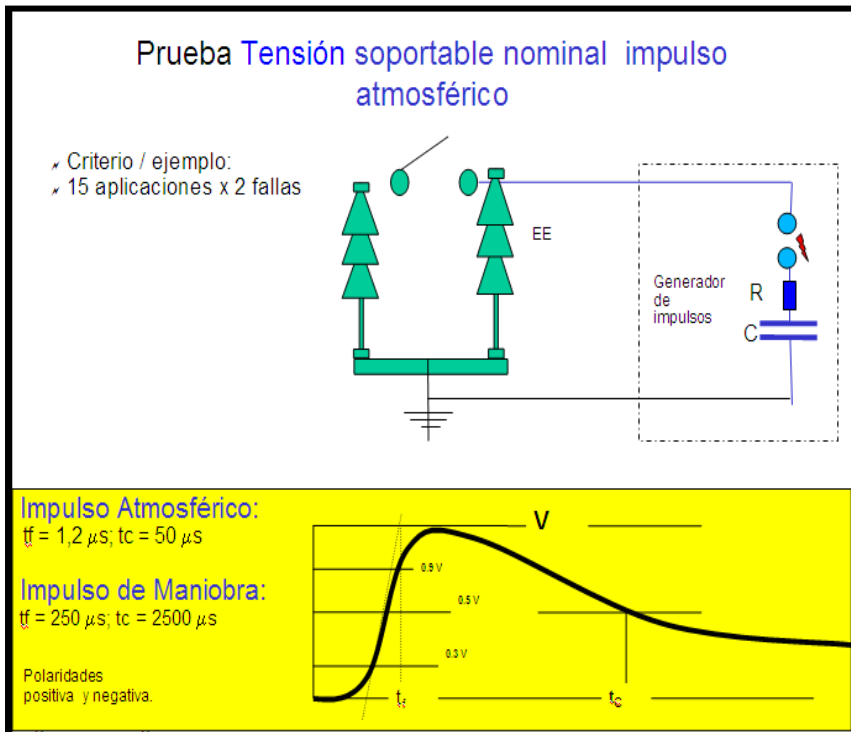
Propiedades dieléctricas

Para evitar problemas tales como:

- Generación de arcos internos
- Reducción en el aislamiento
- Daños en las conexiones

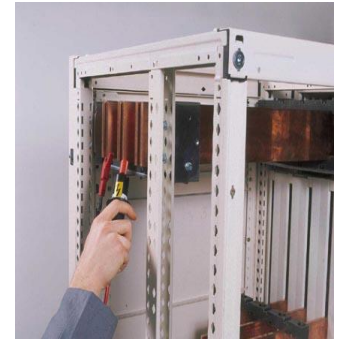
Prueba de tensión de impulso

Prueba de tensión alterna



Propiedades dieléctricas

No es necesario en partes ya probadas individualmente



Si el fabricante declara un valor de tensión de impulso la prueba es hecha con 3 impulsos de 1,2 x 50 con 2 polaridades

Si no declara, hacer las pruebas en corriente alterna

Table 10 - Impulse withstand test voltages (10.9.3)

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages and corresponding altitudes during test									
	$U_{1,2/50}$, a.c. peak and d.c. kV					a.c. r.m.s. kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2.5	2.95	2.8	2.8	2.7	2.5	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8
4.0	4.8	4.8	4.7	4.4	4.0	3.4	3.4	3.3	3.1	2.8
6.0	7.3	7.2	7.0	6.7	6.0	5.1	5.1	5.0	4.7	4.2
8.0	9.8	9.6	9.3	9.0	8.0	6.9	6.8	6.6	6.4	5.7
12.0	14.8	14.5	14.0	13.3	12.0	10.5	10.3	9.9	9.4	8.5

Table 8 - Power-frequency withstand voltage for main circuits (10.9.2)

Rated insulation voltage U_i (line to line a.c. or d.c.) V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V	Dielectric test voltage b) d.c. V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1\,000$	2 200	3 110
$1\,000 < U_i \leq 1\,500$ a)	-	3 820
a) For d.c. only.		
b) Test voltages based on 4.1.2.3.1. third paragraph. of IEC 60664-1.		

Verificación de la conexión efectiva entre las partes conductoras del conjunto y el circuito de protección

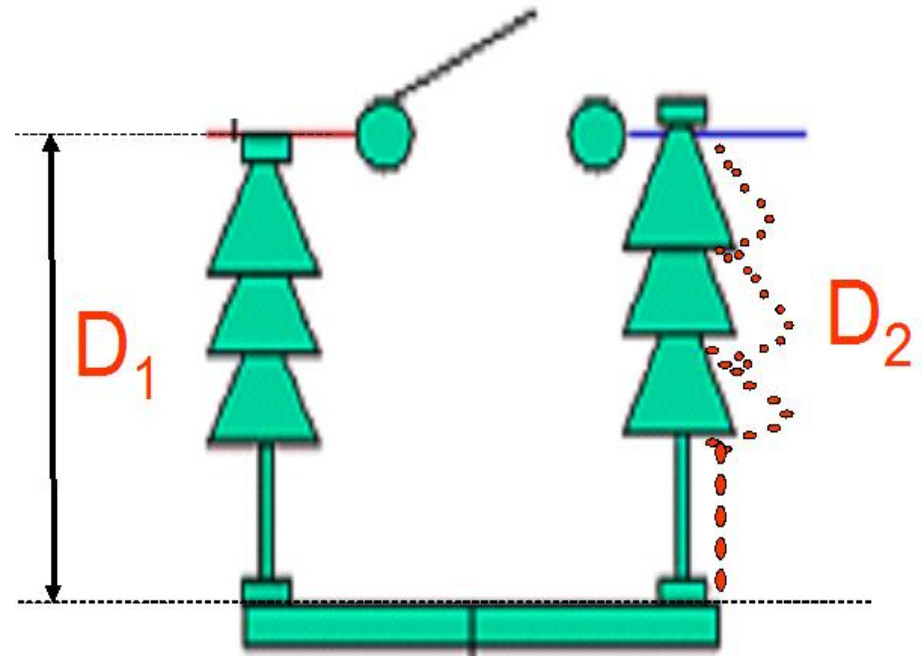


✓ 2 pruebas:

- ✓ Medición de la resistencia eléctrica de la conexión entre las partes conductoras expuestas y los circuitos de protección ($R < 0,1\Omega$)
- ✓ Soportabilidad a el cortocircuito entre el conductor de protección y de conductor de fase más cercana (60% de la corriente trifásica de corto-circuito)

Verificación de las distancias de aislamiento y líneas de fuga

- ✓ **Distancia de aislamiento D1:** la distancia más corta entre dos piezas con una diferencia de potencial.
- ✓ **Líneas de fuga D2:** la distancia más corta a lo largo de la superficie de aislamiento (corresponde a un cierto grado de polución)

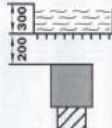
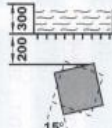
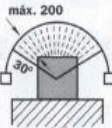
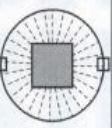
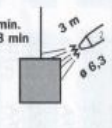
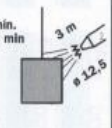
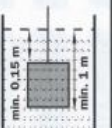
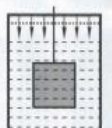
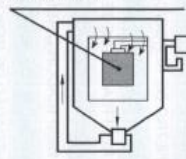


Operación mecánica



- ✓ Soportabilidad de los materiales para garantizar su durabilidad.
- ✓ 50 ciclos de operación abriendo y cerrando las cajas.

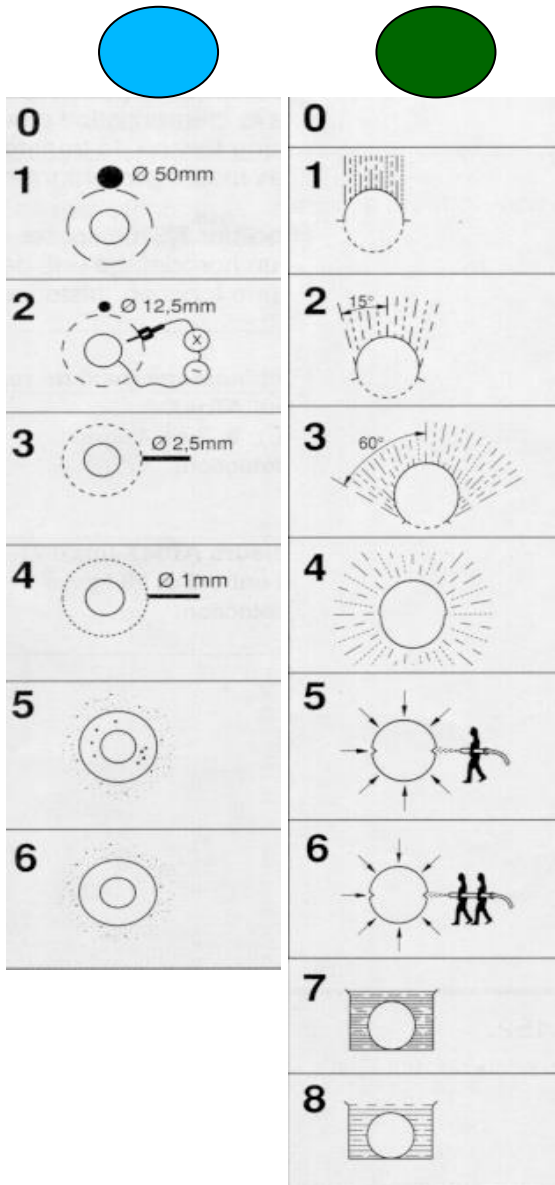
Código IP - Protecção del ingreso

1º NUMERAL CARACTERÍSTICO		2º NUMERAL CARACTERÍSTICO								
		Grau de proteção contra o ingresso prejudicial de água								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
		Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d' água	Protegido contra quedas verticais de gotas d' água para uma inclinação máxima de 15 graus.	Protegido contra água aspergida de um ângulo de ± 69 graus.	Protegido contra projeções d' água	Protegido contra jatos d' água	Protegido contra ondas do mar ou jatos potentes	Protegido contra imersão	Protegido contra submersão
			Tempo de teste 10 mim	Tempo de teste 10 mim	Tempo de teste 10 mim	Tempo de teste 10 mim	Tempo de teste 1mim/m	Tempo de teste 1mim/m	Tempo de teste 30 mim	Tempo de teste 30 mim
										
Grau de proteção contra pessoas e objetos sólidos.										
Não protegido	0	IP 00	IP 01	IP 02						
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 50mm.	1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13					
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 12mm.	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 2,5mm.	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
Protegido contra objetos sólidos com ϕ maior que 1mm.	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
Protegido contra poeira. Depressão: 200 mm de coluna d' água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro.	5				IP 53	IP 54	IP 55	IP 56		
										
Totalmente protegido contra poeira. Mesmo procedimento de teste.	6						IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

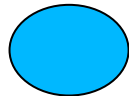
Grau de proteção

Grado de protección (IP – IEC 60529)

Verificar la capacidad de la envolvente en proteger personas contra el contacto con partes vivas y proteger el equipo contra la penetración de líquidos y sólidos



1° dígito: sólidos



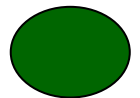
0 = no protegido

1,2,3,4 = sólidos de 1 a 50 mm

5 = polvo

6= ningún polvo

2° dígito: líquidos



0 = no protegido

1= caída vertical de agua

2= caída vertical de agua hasta 15°

3 = agua aspergida 69°

4 = proyecciones de agua

5 = pulverización ("jato") de agua

6 = ondas del mar y pulverización fuerte

7 = inmersión

8 = sumersión

Grado de protección (IP – IEC 60529)

Si es necesaria sólo la protección de las personas los 2 dígitos IP son sustituidos por X.

Por ejemplo IP xxB.

Adicional (opcional):

protección contra el acceso de las personas a partes vivas:

A: acceso de la parte posterior de la mano

B: acceso de los dedos de 12 mm C: acceso de herramienta con $\varnothing$ 2,5 mm

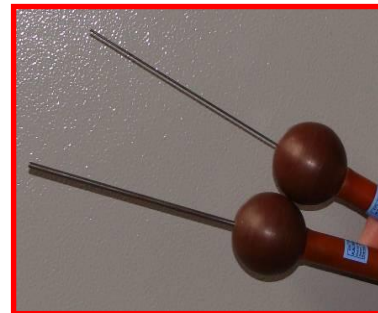
D: acceso de una herramienta de $\varnothing$ 0,1 mm.

Ejemplos:

1) IP-42

2) IP-54

3) IP-2X (con las portas abiertas)



Primero Numeral

3 e 4

Primero Numeral

2

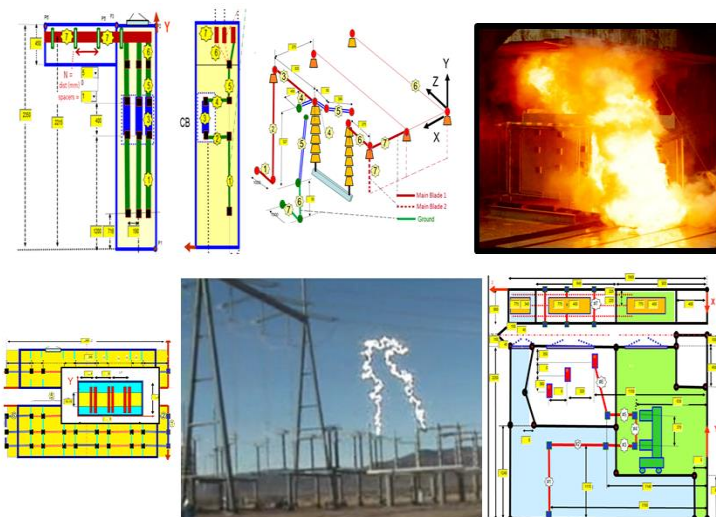


FIN DEL MODULO 6

Texto de referencia para los cursos

APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES y EQUIPOS para SUBESTACIONES y LÍNEAS

(enfoque en técnicas de diseño, especificación, pruebas y simulaciones)



MODULO 7:

SIMULACIONES DE PRUEBAS
EN EQUIPOS ELÉCTRICOS Y
USO DEL SOFTWARE

SwitchgearDesign_307

- Ingeniero de pruebas y gerente de 14 laboratorios de alta potencia, alta tensión
- Presidente IEC-Internacional Electrotécnica Comisión-TC 32 - Fusibles (1990-1994)
- Miembro WG A3.24 CIGRE Internacional: Simulación Herramientas.
- Miembro WG IEC SC 17 C / WG31: Guía para la extensión de la validez de los ensayos de tipo de aparamenta bajo envolvente metálica
- El desarrollo del software para diseño de equipos y de simulación de pruebas eléctricas
- Capacitación para subestaciones y el diseño del equipo.
- Diseño de grandes laboratorios de alta potencia y alta tensión

Para contactos con Sergio Feitoza Costa (en español o ingles o portugués)
Cognitor - Consultoria , Investigación Tecnológica y Capacitación Ltda

Teléfono: (055-21) 2465 3689 -- 3393 4600 – 9 8887 4600

E-mail: sergiofeitoza@cognitor.com.br

Sitio <http://www.cognitor.com.br>

Software *SwitchgearDesign_307*

El software fue desarrollado por Sergio Feitoza para desarrollar equipos para subestaciones (media y baja tensión), principalmente APARAMENTAS, CELDAS, CANALIZACIONES ELÉCTRICAS Y SECCIONADORES

Es aplicable a los productos de las normas IEC 62271, IEC 61439 y IEC 61641 y las correspondientes normas nacionales.

Es una herramienta de utilización libre bajo condiciones de no comercialización, de no distribuir copias a tercero, sin compromisos de mantenimientos e sin compromisos de apoyo técnico. Para a la utilización del software se necesita tener un poco de experiencia de diseño de equipos eléctricos y haber participado del entrenamiento de capacitación presencial.

El programa puede ser utilizado por cuenta y riesgo del usuario y ni el autor del software ni COGNITOR son responsables de cualquier uso que pueden darse a los resultados obtenidos.

EL SOFTWARE PERMITE LA SIMULACIÓN DE LOS SIGUIENTES ENSAYOS Y MEDICIONES:

- Pruebas de corrientes soportables de corta duración y de crista. (Fuerzas electrodinámicas).
- Pruebas de calentamiento.
- Pruebas de arco interno (Cálculo de la sobrepresión, burnthrough y soportabilidad)

Software *SwitchgearDesign_307*

- Se trata de una herramienta que no fue diseñado para fines comerciales. El objetivo es permitir a los fabricantes pequeños y medianos, con acceso limitado a los laboratorios de pruebas, para realizar pruebas virtuales y desarrollar sus productos antes de ir al laboratorio de pruebas para obtener un informe de pruebas de tipo que se puede utilizar para la comercialización.
- Los diseñadores que pasan por el curso, aprenden a utilizar el software y, mucho más que esto, pueden entender mejor los conceptos de diseño y normas técnicas. La herramienta reduce considerablemente el tiempo y el costo de desarrollo de productos. El software fue diseñado para ser simple como posible, basándose en la experiencia de Sergio de más de 25 años en pruebas y en el diseño de equipos y laboratorios de pruebas de alta potencia y alta tensión. Sergio tiene también una larga experiencia en la participación en grupos de trabajo de IEC y CIGRE incluyendo el WG que está preparando la nueva IEC 62271-307.
- A través de simulaciones de pruebas se puede desarrollar el equipo con menos cobre y aluminio, menos aisladores y otros elementos de un diseño más seguro, económico y competitivo.

VERSIONES DEL SOFTWARE: El software está disponible en dos versiones que se muestran en la Tabla 1. La "Versión distribuida en el Curso" es recibida por los participantes de la capacitación con la explicación directa del desarrollador de software. La "Versión de demostración gratuita", (demo) puede ser bajada libremente

Características	Versión "Demo"	Versión "Distribuida en el Curso"
Simulación de la prueba de calentamiento	Sí	Sí
Simulación de pruebas de corrientes soportables de corta duración y de crista. (Fuerzas electrodinámicas).	Sí	Sí
Simulación de arco interno	Sí	Sí
Visualización 3D de la geometría	Sí	Sí
Módulo MVSW1 (celda de media tensión)	Sí	Sí
Módulo LVSW1 e LVSW2 (aparamenta baja tensiones)	Sí	Sí
Modulo DUCT_1 (canalizaciones)	Sí	Sí
Módulo SWITCH (seccionador – no validado)	Sí	Sí
Módulo FUSE_1 (fusibles expulsión– no validado)	No	No
Base de datos y las posibilidades de modificar, guardar y crear nuevos casos.	Sólo un caso por cada tipo de módulo sin posibilidades de modificar o guardar	Viene con algunos casos para cada módulo y puede se crear más muchos como usted desea.
CURSO DE CAPACITACIÓN	No	Si
Software personalizado incluyendo otros arreglos físicos y también cálculo de campos magnéticos y eléctricos en subestaciones	No. Solo Bajo petición "custom made"	No. Solo Bajo petición "custom made"

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO: <http://www.cognitor.com.br/SoftwareES.pdf>

LIBRO DEL CURSO (bajar libre versión en Inglés):

[http://www.cognitor.com.br/Book SE SW 2014 ES.pdf](http://www.cognitor.com.br/Book_SE_SW_2014_ES.pdf)

El material didáctico en este libro incluye los siguientes capítulos o módulos:

- Los estudios que son la base de las Especificaciones Técnicas
- Sobretensiones y coordinación de aislamiento
- Cortocircuitos, sobrecargas y ampacidades, contactos eléctricos.
 - Aumento de la temperatura
 - Las fuerzas electrodinámicas durante cortocircuito.
 - Las tensiones transitorias de restablecimiento y Procesos de interrupción
- Los arcos eléctricos de alta intensidad y la seguridad de personas e instalaciones
- Especificaciones Técnicas emitidas por concesionarias de energía
- Normas de aparamentas Media Tensión y Baja Tensión (IEC_62271-200 y IEC 61439)
- Simulación de las pruebas de alta potencia y el uso del Software SwitchgearDesign_307

CONDICIONES DE USO Y VALIDACIÓN DE SOFTWARE

Debido a la complejidad de los cálculos y el número de variables involucradas, es necesario que el usuario haya asistido el entrenamiento de capacitación para estar en condiciones para interpretar los resultados específicos y cómo estos resultados tienen relación con las normas técnicas. Se puede ministrar el entrenamiento “In Company” en español, inglés o portugués.

En cuanto a la RESPONSABILIDAD POR LOS RESULTADOS, el programa puede ser utilizado por cuenta y riesgo del usuario y ni el autor del software ni COGNITOR son responsables de cualquier uso que pueden darse a los resultados obtenidos.

CONDICIONES DE USO Y VALIDACIÓN DE SOFTWARE

En cuanto a la VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS, algunos de los casos que vienen con el software corresponden a pruebas al informe efectivamente realizadas en laboratorios de ensayo. Estos "casos validados" se muestran en varios artículos publicados por el autor del software que se puede descargar en el sitio web

http://www.cognitor.com.br/es_download.htm

Las dificultades de obtención de mayor información para la validación de los resultados se deben principalmente a ciertas deficiencias o omisiones en las ediciones actuales de las normas técnicas relativas a la información que debía incluirse en los informes emitidos por laboratorios de prueba, pero no están incluidas (ver artículos)

SIMULACIÓN DE LAS PRUEBAS Y EL USO DEL SOFTWARE

- Estado del arte en el nivel internacional
- Conceptos y simulación de pruebas de corriente admisible de corta duración y cresta
- Conceptos para simulación de ensayos de calentamiento
- Conceptos y simulación de pruebas de arco interno
- Estudios de caso con el software y validación de resultados

ESTADO DEL ARTE DE LA UTILIZACIÓN DE SIMULACIONES PARA REEMPLAZAR ALGUNAS PRUEBAS DE LABORATORIO

- Las técnicas de simulación y de cálculo se pueden utilizar para prever los resultados de pruebas a bajo costo.
- Ejemplos son las pruebas de arco interno (sobrepresiones), corrientes de corta duración y pico (soportar esfuerzos electrodinámicos y térmicos) y pruebas de calentamiento.
- Esto es fácil de hacer y muchos fabricantes lo hacen.
- Dentro de ciertos límites, las simulaciones pueden ser utilizadas para extrapolar o incluso para sustituir a los resultados de una prueba de laboratorio

ESTADO DEL ARTE DE LA UTILIZACIÓN DE SIMULACIONES PARA REEMPLAZAR ALGUNAS PRUEBAS DE LABORATORIO

IEC 60076 - Power Transformers (short circuit tests)

Previous LV switchgear IEC 60439

IEC 61439 (3 alternative and equivalent methods for design verification)

ESTADO DEL ARTE DE LA UTILIZACIÓN DE SIMULACIONES PARA REEMPLAZAR ALGUNAS PRUEBAS DE LABORATORIO

- The working group [CIGRE WG A3. 24 - Tools for Simulating Internal Arc and Current Withstand Testing](#) is working with this theme.
- Good prediction of performance can often be possible in cases where performance is proven by tests on similar designs (interpolation).
- Extrapolation of test results and performance prediction of "new" equipment designs seems to be possible in some cases.
- ["Brochure Internal Arcs" group CIGRE WG A3-24 - 2014](#)

CIGRÈ WG A3. 24 : TOOLS FOR SIMULATING INTERNAL ARC AND CURRENT WITHSTAND TESTING

- Las simulaciones para predecir los resultados de las pruebas de arco interno en el equipo si SF6 es reemplazado por aire.
- Motivo: razones ambientales, pruebas liberan SF6 para el medio ambiente
- El uso de simulaciones para reducir el número de pruebas de arco interno



CIGRÉ WG A3. 24 : Brochure TOOLS FOR SIMULATION OF PRESSURE RISE DUE TO INTERNAL ARC IN MV AND HV SWITCHGEAR

Name	First Name	Country	Company
del Rio	Luis	Spain	ORMAZABAL CORPORATE 1
Douchin	Jerome	France	Schneider Electric
Dullni	Edgar	Germany	ABB
Feitoza Costa	Sergio	Brazil	Cognitor
Fjeld	Elin	Norway	Telemark University
Glinkowski	Mietek	USA	ABB
Kim	Hong-Kyu	Korea	KERI
Kriegel	Martin	Switzerland	Axpo
Lopez-Roldan	Jose	Australia	Powerlink
Pater	Ryszard	Canada	Hydro-Québec
Pietsch	Gerhard	Germany	RWTH Aachen
Reiher	Thomas	Germany	Siemens
Robin-Jouan	Phillipe	France	Areva
Schoonenberg	Gerard	Netherlands	Eaton
Smeets	Rene	Netherlands	KEMA
Uchii	Toshiyuki (Tc	Japan	Toshiba
Uzelac	Nenad	USA	G&W
Van der Sluis	Lou	Netherlands	TU Delft
Vinson	Paul	France	Areva
Yoshida	Daisuke	Japan	Mitsubishi Electric Corportion



CIGRE Technical Seminar

Modelling and Testing of Transmission and Distribution Switchgear



March 24, 2010 BRISBANE - AUSTRALIA

VALIDATION OF SIMULATIONS OF ELECTRODYNAMICAL FORCES, TEMPERATURE-RISE AND INTERNAL ARC TESTS IN SWITCHGEAR

(and main parts of a code to do them)

Author name:
Sergio Feitoza Costa

Affiliation:
COGNITOR – Consultancy, Research and Training Ltd.

Email: sergiofeitoza@cognitor.com.br Site : www.cognitor.com.br

**International
Electrotechnical
Commission**

FAQs | Sitemap | Contact us |  Feeds/Alerts

International Standards and Conformity Assessment
for all electrical, electronic and related technologies

You & the IEC | About the IEC | News & views | Standards development | Conformity assessment | Members & Experts |  Webstore | | Advanced Search | 

Standards development > How we work > Technical Committees & Subcommittees > TC 17 > SC 17C > **WG 31**

SC 17C High-voltage switchgear and controlgear assemblies

Scope | Structure | **Projects / Publications** | Documents | Votes | Meetings | Collaboration Tools

Working Groups > **TC 17/SC 17C/WG 31**

WG 31 Convenor & Members

Convenor	National Committee
Mr Edgar Dullni	DE
Member	National Committee
Mr Michael Adams	GB
Mr Marc Arens	BE
Mr Eldridge Byron	US
Mr Sergio Feitoza Costa	BR
Mr Didier Fulchiron	FR
Mr Samuel Griot	FR
Mr Martin Grote	DE
Mr José Manuel Inchausti	ES
Mr Neil Keeler	GB
Mr Matthias Kluge	DE
Mr M. Lusing	NL
Mr Rafael Muñoz LópezVillalta	ES
Mr Osvaldo Prestini	IT
Mr Alberto Sironi	IT
Mr David T Stone	US
Mr R. Salt Sulluoglu	TR

Title & Task

WG 31

IEC/TS 62271-307: Guidance for the extension of validity of type tests

To develop a guide which is applicable to factory-assembled metal-enclosed switchgear and controlgear for alternating current of rated voltages above 1 kV and ≤ 52 kV and equipment included in the same enclosure with any possible mutual influence.

Para mejorar la aceptación de los cálculos, por los usuarios, es necesario existir en algún documento IEC

DIRECTRICES PARA EL USO DE SIMULACIONES Y CÁLCULOS (Una idea preparada por Sergio Feitoza Costa)

El texto completo de la proposición de la norma está en

http://www.cognitor.com.br/GUIDE_Simulations_v0_October2010.pdf

Explicado en el artículo

http://www.cognitor.com.br/Articulo_Competitividad_Esp_04102011.pdf

Sugerencia completa enviada oficialmente al Comité Nacional de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas en abril de 2011.

La razón de la no aceptación todavía hoy no es clara. Dos grandes fabricantes no eran favorables. Había el apoyo de más de 20 empresas interesadas en participar en el grupo de trabajo (15 fabricantes de equipos, en su mayoría de alta y baja tensión, laboratorios de ensayo, organismos de certificación, los servicios públicos y los usuarios).

DIRECTRICES PARA EL USO DE SIMULACIONES Y CÁLCULOS

2.2) ALCANCE

Sistematización del uso de simulaciones y cálculos para reemplazar algunas pruebas de laboratorio en situaciones en las que el sentido común muestra que es razonable utilizarlo.

El uso de simulaciones para sustituir los ensayos es posible sólo cuando ciertas mediciones y registros específicos que se especifican en las normas de producto de referencia, y se presentan en el informe de la prueba de laboratorio.

La norma especifica medidas mínimas y los registros fotográficos que se deben registrar en los informes de ensayo, de las pruebas de laboratorio especificadas en las normas de producto.

DIRECTRICES PARA EL USO DE SIMULACIONES Y CÁLCULOS

No es un objetivo de esta Norma presentar métodos de cálculo para la simulación de pruebas. Un modelo o método es aceptable cuando produce resultados de la simulación validada dentro de tolerancias aceptables en comparación con los resultados de las pruebas reales y esto se puede demostrar de una manera transparente.

Tipo de teste	Parámetro de comparacion	Tolerancia aceptable
Calentamiento	Elevacion de temperatura	1% to 5%
Arco interno	Sobrepresion (cresta y integral en la duración)	5% to 10%
Corrientes soportables de corta duración	Fuerzas en aisladores y tensiones mecanicas	5% to 15%

DEFINICIONES

2.3.3 - La reproducibilidad de un método de simulación o cálculo

La capacidad de obtener, para un determinado conjunto de datos de entrada de los mismos resultados de la prueba o los mismos resultados de la simulación en dos diferentes ocasiones o dos laboratorios de prueba diferentes.

2.3.4 - Validación de un método de simulación / cálculo o un informe de pruebas de laboratorio

Un método de comparación entre los resultados mostrados en un informe de ensayo bien documentado emitido en un laboratorio de pruebas y los resultados de un método de simulación.

Un método de simulación es generalmente aceptable, desde el punto de vista de los usuarios, cuando es reproducible y da una diferencia entre la simulación y los resultados de laboratorio no superiores a una cierta tolerancia aceptable.

2.3.5 - Datos para registrar en los informes de ensayo de calentamiento

- la corriente eléctrica que circula,
- la disipación total de potencia en el compartimento
- materiales utilizados en el conductor y partes aislantes
- resistencias de contacto y revestimientos (total por fase y también las partes individuales, como interruptores)
- la temperatura del fluido
- la velocidad del fluido
- la geometría y la posición espacial de los conductores
- El volumen de fluido dentro de los compartimentos
- Las áreas de entrada y salida para la ventilación
- El número de particiones horizontales
- Posición de equipos en relación a las paredes (IEC 890)

2.3.5 - Datos para registrar en los informes de ensayo de arco interno

- La curva de sobrepresión x tiempo es el principal indicador y debe ser registrada
- la corriente eléctrica que circula,
- los materiales utilizados en el conductor y partes aislantes
- la geometría y la posición espacial de los conductores
- el volumen neto de fluido dentro de los compartimentos
- Las áreas de entrada y salida para la ventilación y dispositivos para cerrarla durante el arco
- Las áreas para el alivio de la sobrepresión
- La posición relativa de los equipos en relación a las paredes y el techo

2.3.5 - Datos para registrar en los informes de ensayo de corrientes soportables de corta duración y de cresta

La verificación se realiza mediante inspección visual y la medición de las resistencias por fase.

Los datos que afectan a la prueba y los resultados de simulaciones

- La corriente eléctrica que circula,
- Los materiales utilizados en las piezas conductoras y aislantes.
- Las resistencias mecánicas de los aisladores a la compresión, tracción y flexión
- La geometría y la posición espacial de los conductores
- La medición del total por resistencias de fase y contactos eléctricos parciales, antes y después de la prueba, se registrará en el informe de ensayo de laboratorio.
- Si se observan deformaciones permanentes visibles después de la prueba, deberán ser registrados por las fotos y una estimación de la deformación máxima

EXPLICACIÓN SOBRE EL SOFTWARE

SwitchgearDesign_307

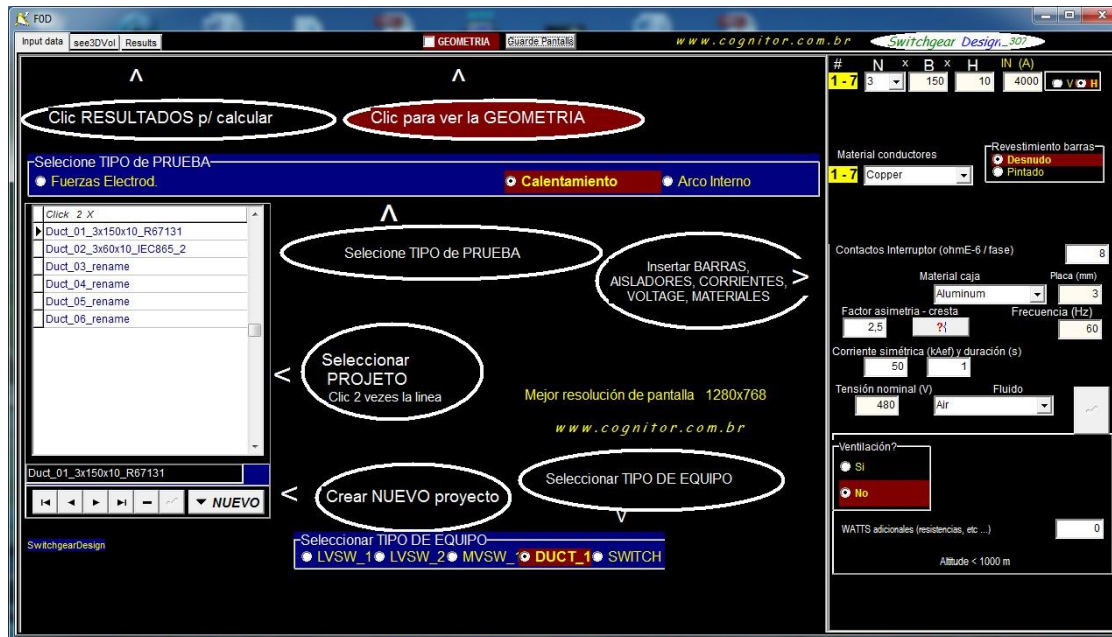
- Pantalla de datos de entrada y la geometría
- Pantalla para la presentación de los resultados

INSTALACIÓN, FALLOS y SIMILAR

- El archivo de instalación tiene menos de 4 MB e se debe guardarlo en algún directorio de su ordenador.
- Para instalar SwitchgearDesign_307 basta con hacer clic sobre el archivo y dé clic en Aceptar para todas las preguntas.
- El instalador creará solo el directorio c://SergioFeitoza
- Si no se creó automáticamente cree un atajo en el escritorio para el archivo C: \ SergioFeitoza \ SwitchgearDesign.exe
- El archivo exe , las tablas con la base de datos y todos los pocos archivos estarán instalados en este directorio y sus subdirectorios. Ningún otro archivo o directorio será creado en cualquier lugar
- No se espera que ocurra, pero si usted tiene algún problema con la instalación, por favor envíeme un correo electrónico al email sergiofeitoza@cognitor.com.br con copia del mensaje de error

COMENZAR A UTILIZAR EL SOFTWARE

- Después de que el software está instalado, haga clic en el icono y se abrirá la siguiente pantalla de la página
- Antes de empezar a hacer clic vamos a entender las posibilidades de las selecciones en esta página.
- Si usted hace esto y seguir el paso a paso va a ser fácil.



PANTALLA INICIAL

Proyecto
seleccionado

Tipo de prueba

Haga clic para ver la
geometría del tipo de
proyecto
(tipo de equipo)

Información del
proyecto
seleccionado
(línea azul en el
lado izquierdo)

DATOS DE
ENTRADA
clic para
cambiar
Haga clic en
Resultados
para hacer
los cálculos y
ver los
resultados

Haga clic en
el botón
Nuevo para
crear un
nuevo
proyecto
igual a la que
se selecciona
(sólo el
nombre es
diferente)

Input data see3DVol Results

GEOMETRIA Guardar Pantalla

www.cognitor.com.br Switchgear Design_307

Clic RESULTADOS p/ calcular

Clic para ver la GEOMETRIA

Selección TIPO DE PRUEBA

Fuerzas Electrod. Calentamiento Arco Interno

Clic para ver la GEOMETRIA

Selección TIPO DE PRUEBA

Insertar BARRAS, AISLADORES, CORRIENTES, VOLTAGE, MATERIALES

Selección TIPO DE EQUIPO

Mejor resolución de pantalla 1280x768

www.cognitor.com.br

Selección TIPO DE EQUIPO

LVSW_1 LVSW_2 MVSW_1 DUCT_1 SWITCH

Material conductores

1-6 Copper

7 Copper

Revestimiento barras

Desnudo Pintado

Contatos Interruptor (ohmE-6 / fase)

31

Material caja

SteelLowC_1010

Placa (mm)

2,65

Factor asimetría - cresta

2,2

Frecuencia (Hz)

60

Corriente simétrica (kAef) y duración (s)

65

1

Tensión nominal (V)

690

Fluido

Air

Ventilación?

Si No

Velocidad fluido (m / s)

0,7

Area Ventilación (cm2)

420

WATTS adicionales (resistencias, etc ...)

783

Altitude < 1000 m

Tipo de equipo que se desea simular (LVSW 1 & 2 = aparamenta de baja tensión, MVSW1 - Media Tensión - Duct_1 = Embarrado SWITCH - aislador)

- La primera posibilidad de la selección es el tipo de cuadro TIPO DE EQUIPO en la parte inferior de la página.
- Seleccione la opción LVSW1 y después del clic revisar la geometría de la caja en la parte superior de la página



- Una figura aparecerá mostrando la columna del interruptor de aparamenta de baja tensión.
- Allí se puede ver las dimensiones que le permiten cambiar la geometría y muchos otros datos.
- Desmarque la geometría de la caja y se mostrará de nuevo la pantalla original.
- Haga lo mismo con LVSW2, MVSW1, DUCT1, SWITCH_1



- **LVSW1:** Columna del interruptor de aparamenta de baja tensión.
- **LVSW2:** columna de cajas de aparamenta de baja tensión.
- **MVSW1:** celdas de media tensión con interruptor, cables y compartimentos de barras.
- **DUCT_1:** ducto de barras (baja tensión o media tensión)
- **SWITCH-1:** seccionador



- Cada vez más que se utiliza de la geometría, verá que usted puede crear cualquier diseño imaginable
- Después de algún tiempo de uso verá que estos datos de entrada son los pertinentes.
- Hay aspectos de diseño que tienen muy poco impacto en los resultados . Ejemplos de ello son, si las esquinas de las barras son redondeadas o no y el color de la pintura de las barras.
- Por el otro lado hay aspectos de diseño que influyen mucho en los resultados como el área de ventilación y la resistencia por fase de interruptores.

Proyecto
seleccionado

Tipo de prueba

Haga clic para ver la
geometría del tipo de
proyecto
(tipo de equipo)

Información del
proyecto
seleccionado
(línea azul en el
lado izquierdo)

DATOS DE
ENTRADA
clic para
cambiar
Haga clic en
Resultados
para hacer
los cálculos y
ver los
resultados

Haga clic en
el botón
Nuevo para
crear un
nuevo
proyecto
igual a la que
se selecciona
(sólo el
nombre es
diferente)

The screenshot shows the main interface of the COGNITOR Switchgear Design_307 software. The interface is divided into several sections:

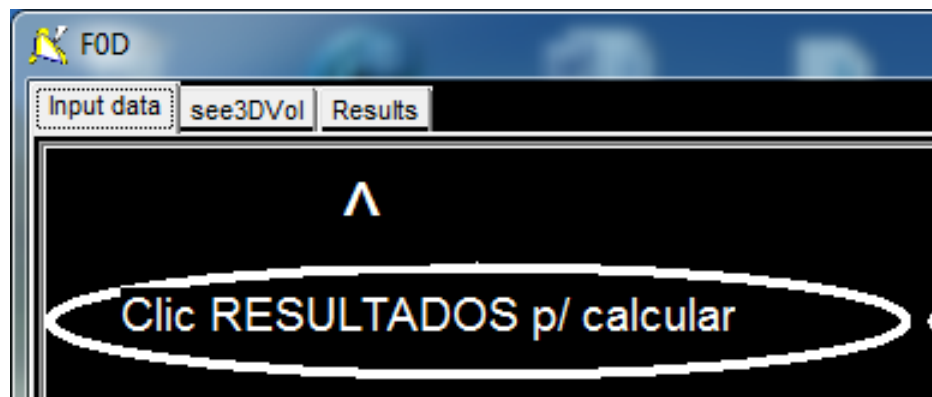
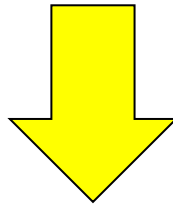
- Top Bar:** Includes tabs for 'Input data', 'see3DVol', and 'Results'. The 'GEOMETRIA' tab is active, and there is a 'Guarde Pantalla' button.
- Left Panel:** A list of projects is shown, including 'LVSW1_M_R67752', 'LVSW1_03_rename', 'LVSW1_04_rename', 'LVSW1_05_rename', and 'LVSW1_07_50x10ValidTET'. A 'Nuevo' button is at the bottom.
- Central Area:**
 - A button labeled 'Clic RESULTADOS p/ calcular' is circled in white.
 - A button labeled 'Clic para ver la GEOMETRIA' is circled in red.
 - A section titled 'Seleccione TIPO DE PRUEBA' has two options: 'Fuerzas Electrod.' (selected) and 'Calentamiento'.
 - A section titled 'Seleccione TIPO DE PRUEBA' has a button 'Insertar BARRAS, AISLADORES, CORRIENTES, VOLTAGE, MATERIALES'.
 - A section titled 'Mejor resolución de pantalla 1280x768' with the website 'www.cognitor.com.br'.
 - A section titled 'Seleccionar TIPO DE EQUIPO' has a list of options: 'LVSW_1', 'LVSW_2', 'MVSWS_1', 'DUCT_1', and 'SWITCH'.
- Right Panel:** Contains various input fields and dropdown menus for project parameters:
 - Material conductores:** '1-6' is 'Copper', '7' is 'Copper'.
 - Revestimiento barras:** 'Desnudo' (selected) and 'Pintado'.
 - Contactos Interruptor (ohmE-6 / fase):** '31'.
 - Material caja:** 'SteelLowC_1010'.
 - Placa (mm):** '2,65'.
 - Factor asimetría - cresta:** '2,2'.
 - Frecuencia (Hz):** '60'.
 - Corriente simétrica (kAef) y duración (s):** '65' and '1'.
 - Tensión nominal (V):** '690'.
 - Fluido:** 'Air'.
 - Ventilación?:** 'Si' (selected) and 'No'.
 - Velocidad fluido (m / s):** '0,7'.
 - Area Ventilación (cm2):** '420'.
 - WATTS adicionales (resistencias, etc ...):** '783'.
 - Altitude < 1000 m**.

Tipo de equipo que se desea simular (LVSW 1 & 2 = aparamenta de baja tensión, MVSWS1 - Media Tensión - Duct_1 = Embarrado SWITCH - aislador)

La segunda posibilidad de la selección es la caja TIPO DE PRUEBA



Cuando seleccione una opción del cálculo que se hará y cuyos resultados se mostrarán en una nueva pantalla al hacer clic en la pestaña RESULTADOS en la parte superior - lado izquierdo de la página



PANTALLA INICIAL

Proyecto
seleccionado

Tipo de prueba

Haga clic para ver la
geometría del tipo de
proyecto
(tipo de equipo)

Información del
proyecto
seleccionado
(línea azul en el
lado izquierdo)

DATOS DE
ENTRADA
clic para
cambiar
Haga clic en
Resultados
para hacer
los cálculos y
ver los
resultados

Haga clic en
el botón
Nuevo para
crear un
nuevo
proyecto
igual a la que
se selecciona
(sólo el
nombre es
diferente)

Input Data see3DVol Results

www.cognitor.com.br

Switchgear Design 307

GEOMETRIA Guardar Pantalla

Clic RESULTADOS p/ calcular

Clic para ver la GEOMETRIA

Seleccione TIPO DE PRUEBA

Fuerzas Electrod. **Calentamiento** Arco Interno

Clic
 LVSU1_M_R67752
 LVSU1_03_rename
 LVSU1_04_rename
 LVSU1_05_rename
 LVSU1_07_50x10ValidTET

Mejor resolución de pantalla 1280x768

www.cognitor.com.br

Selección TIPO DE PRUEBA

Insertar BARRAS, AISLADORES, CORRIENTES, VOLTAGE, MATERIALES

Selección PROYECTO
Clic 2 veces la línea

Crear NUEVO proyecto

Selección TIPO DE EQUIPO

LVSU1_M_R67752
 LVSU1_03_rename
 LVSU1_04_rename
 LVSU1_05_rename
 LVSU1_07_50x10ValidTET

NUEVO

SwitchgearDesign

#	N	B	x	H	IN (A)
1-6	2	127	9,52	3200	☒ V ☐ H
7	2	127	9,52	3200	☒ V ☐ H

Material conductores

1-6 Copper

7 Copper

Revestimiento barras

☒ Desnudo ☐ Pintado

Contactos Interruptor (ohmE-6 / fase)

31

Material caja

SteelLowC_1010

Placa (mm)

2,65

Factor asimetría - cresta

2,2

Frecuencia (Hz)

60

Corriente simétrica (kAef) y duración (s)

65

1

Tensión nominal (V)

690

Fluido

Air

Ventilación?

☒ Si ☐ No

Velocidad fluido (m / s)

0,7

Área Ventilación (cm2)

420

WATTS adicionales (resistencias, etc ...)

783

Altitude < 1000 m

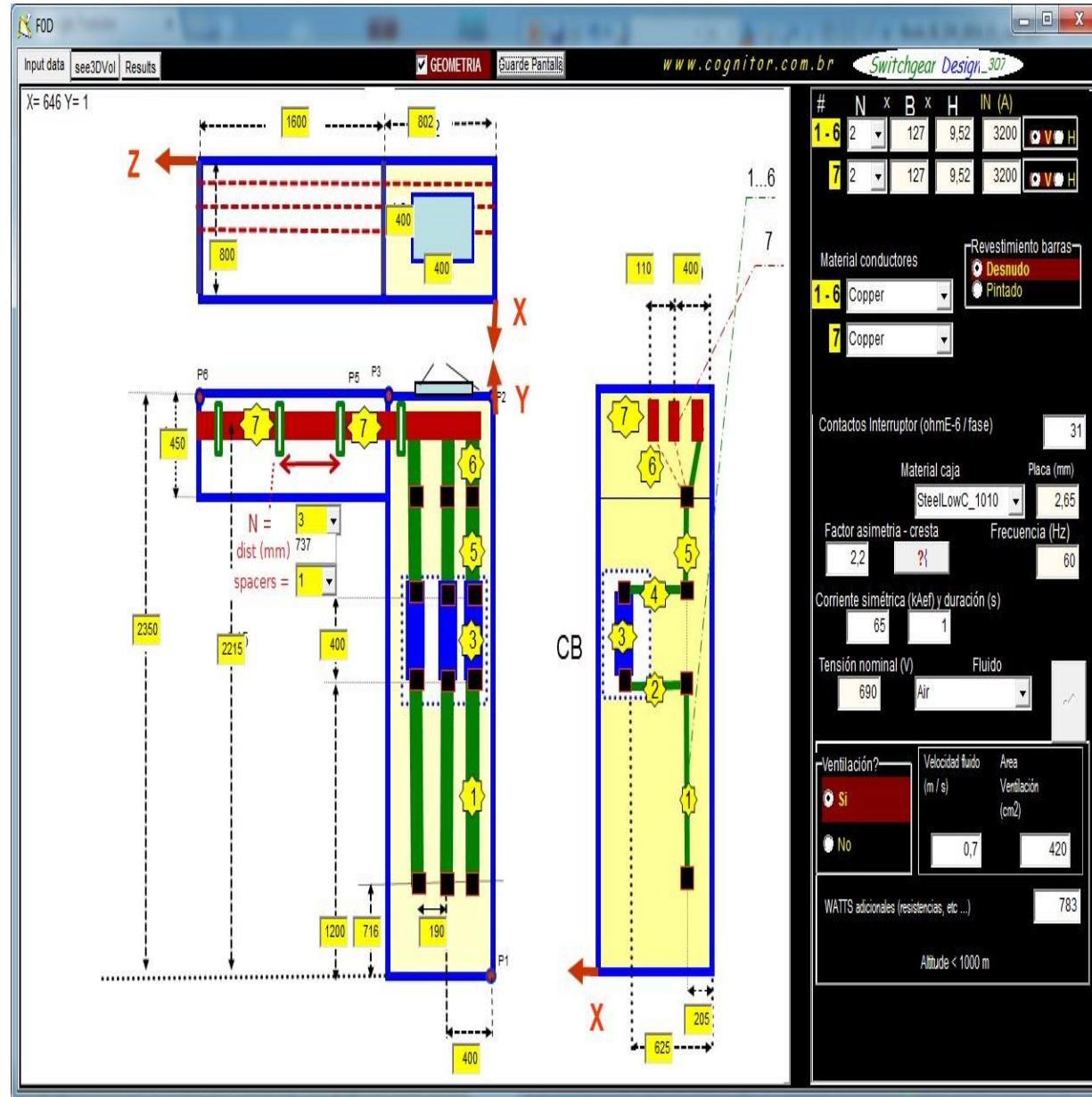
Selección TIPO DE EQUIPO

☒ LVSU1 ☐ LVSU2 ☐ MVSW1 ☐ DUCT1 ☐ SWITCH

Tipo de equipo que se desea simular (LVSU 1 & 2 = aparamenta de baja tensión, MVSW1 - Media Tensión - Duct_1 = Embarrado SWITCH - aislador)

Otras cajas para llenar son los mostrados en el lado derecho de la página y la geometría. Seleccione **LVSW1** en la parte inferior y marque **la geometría** de la caja en el parte superior de la página

- Dependiendo del tipo de proyecto seleccionado los elementos en la parte derecha aparecerán ligeramente diferentes
- Si se selecciona LVSW1 verá la línea 1-6 conductores y también la línea 7 del conductor
- Esto le permitirá utilizar diferentes dimensiones, número de barras en paralelo, las corrientes e incluso materiales para cada grupo
- Si utiliza DUCT_1 serán nombrados 1-7 porque todos los conductores son iguales



El número asignado a cada conductor (# 1 a # 7) para ver los resultados

Geometría y dimensiones (mm)

Conductores # 1 al 7 formado por 3 barras por fase 150x10 mm

La corriente aplicada en el ensayo de aumento de la temperatura (A)

Conductor en posición horizontal o vertical

Material: cobre, aluminio

Recubrimiento del conductor desnudo,, pintado

Resistencia de los contactos ($\mu\Omega$) Conductores #2,4 e 6

Tensión nominal (V)
Material de la caja
Fluido (aire, SF6, aceite ...) frecuencia
Corriente de cortocircuito (kA), la duración (s) y el factor de cresta

Área de aberturas de ventilación (IEC 60890)

Input data see3DVoll Results

GEOMETRIA Guardar Pantalla

www.cognitor.com.br Switchgear Design_307

X= 822 Y= 0

Dimensions mm

conductor

joint

N = 5

dist (mm) 985

spacers = 1

152 = 250

350

810

280 X 600

6895

175

7 6 4 2 1

5 3

Y

X

Y

X

N x B x H IN (A)

1-7 3 150 10 4000

Material conductores

1-7 Copper

Recubrimiento barras

Desnudo

Pintado

Material caja

Aluminum

Placa (mm)

3

Factor asimetría - cresta

2,5

Frecuencia (Hz)

60

Corriente simétrica (kAef) y duración (s)

50 1

Tensión nominal (V)

480

Fluido

Air

Ventilación?

Si

No

Velocidad fluido (m/s)

0

Área Ventilación (cm²)

100

WATTS adicionales (resistencias, etc ...)

0

Altitude < 1000 m

El número asignado a cada conductor (# 1 a # 7) para ver los resultados

Geometría y dimensiones (mm)

La línea superior: conductores de # 1 hasta # 6, en este ejemplo 2 x 127 x 10 mm por fase
La segunda línea : conductores # 7, en este ejemplo 2 x 127 x 10 mm por fase

Número de subdivisiones en el conductor #7 y la distancia entre apoyos

Conductor en posición horizontal o vertical

Recubrimiento del conductor desnudo,, pintado

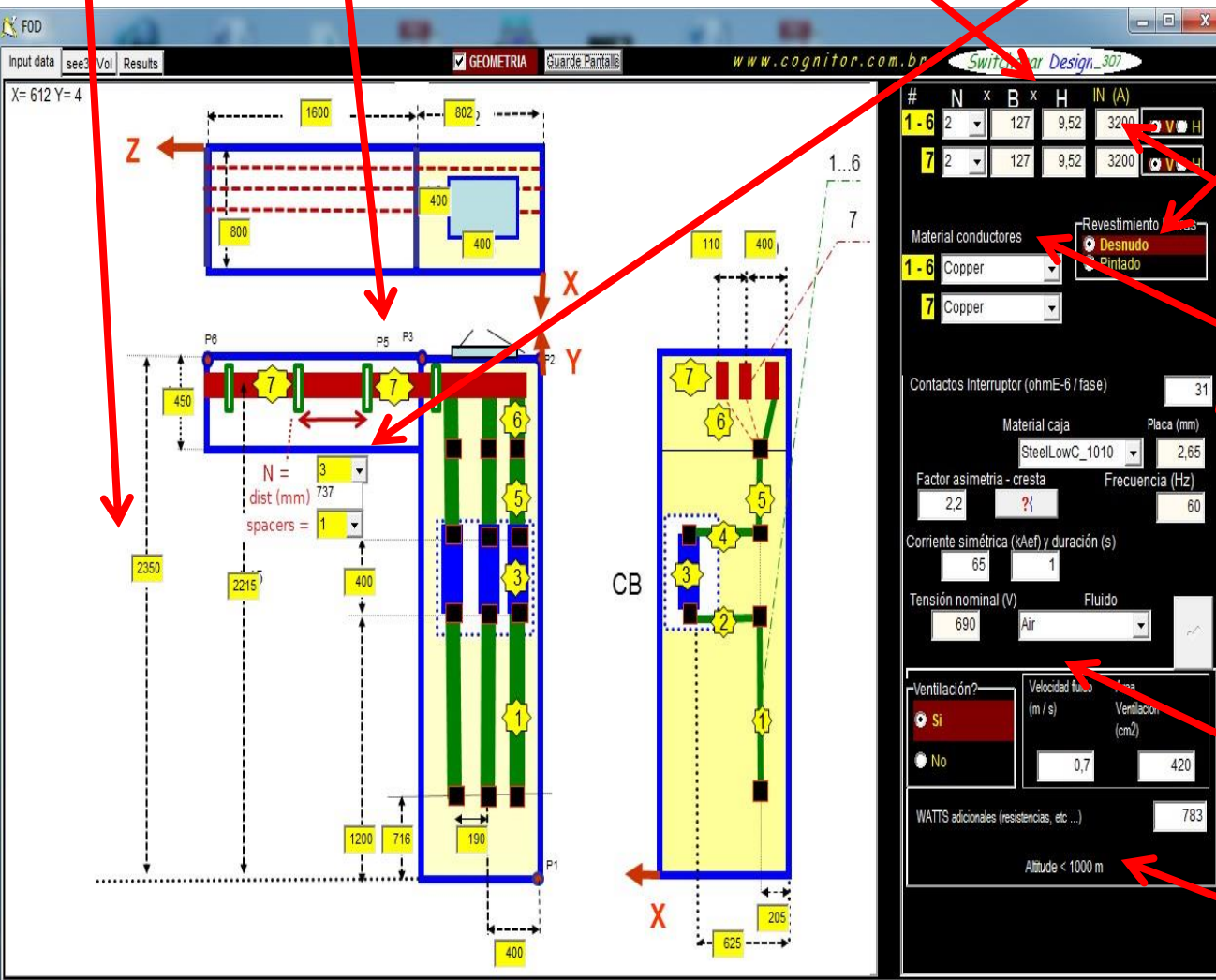
La corriente aplicada en el ensayo de calentamiento (A)

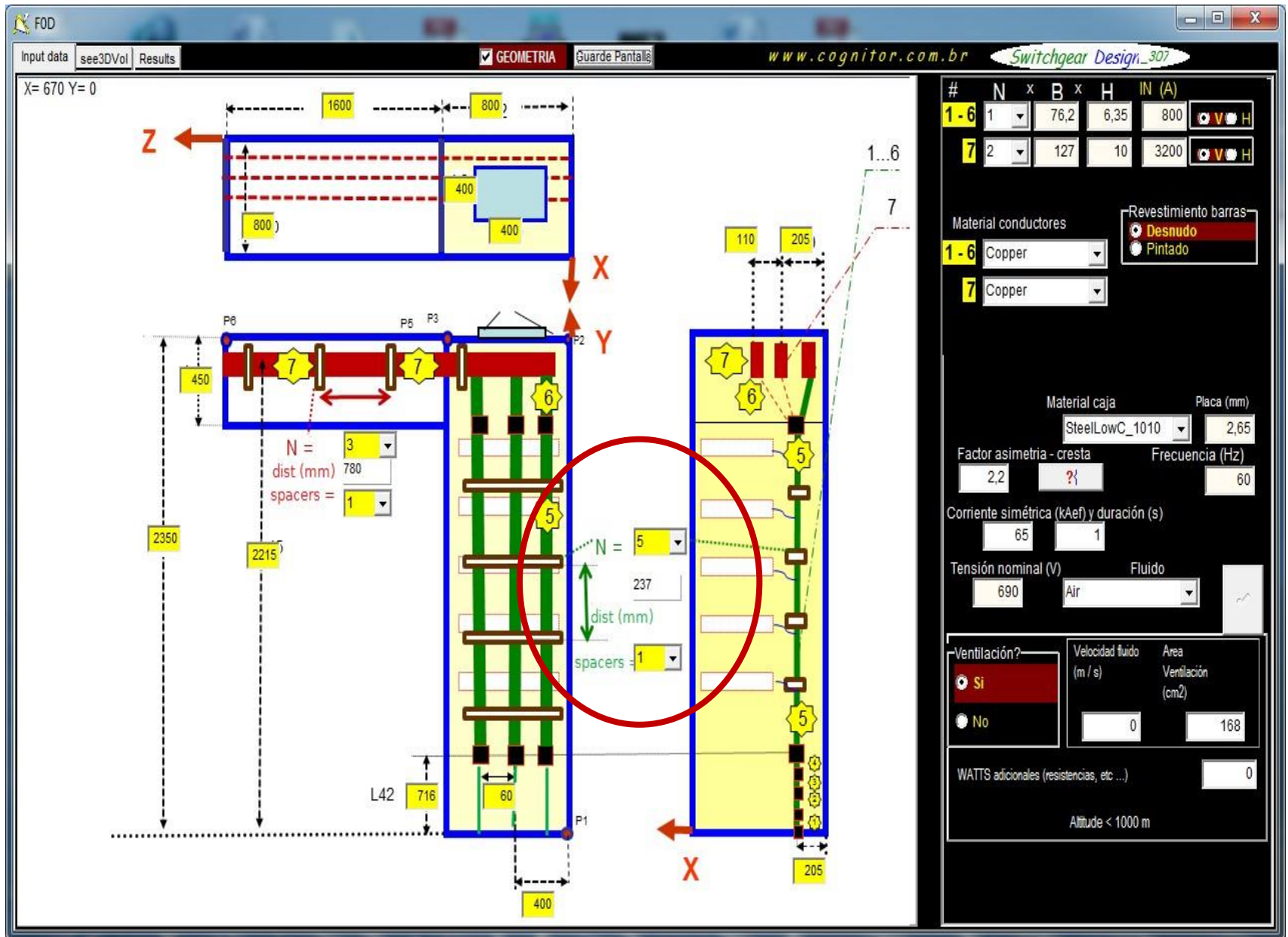
Material: cobre, aluminio

Resistencia de los contactos ($\mu\Omega$)
Conductores #2, 3 y 4

Tensión nominal (V)
Material de la caja
Fluido (aire, SF6, aceite ...)
frecuencia
Corriente de cortocircuito (kA), la duración (s) y el factor de cresta

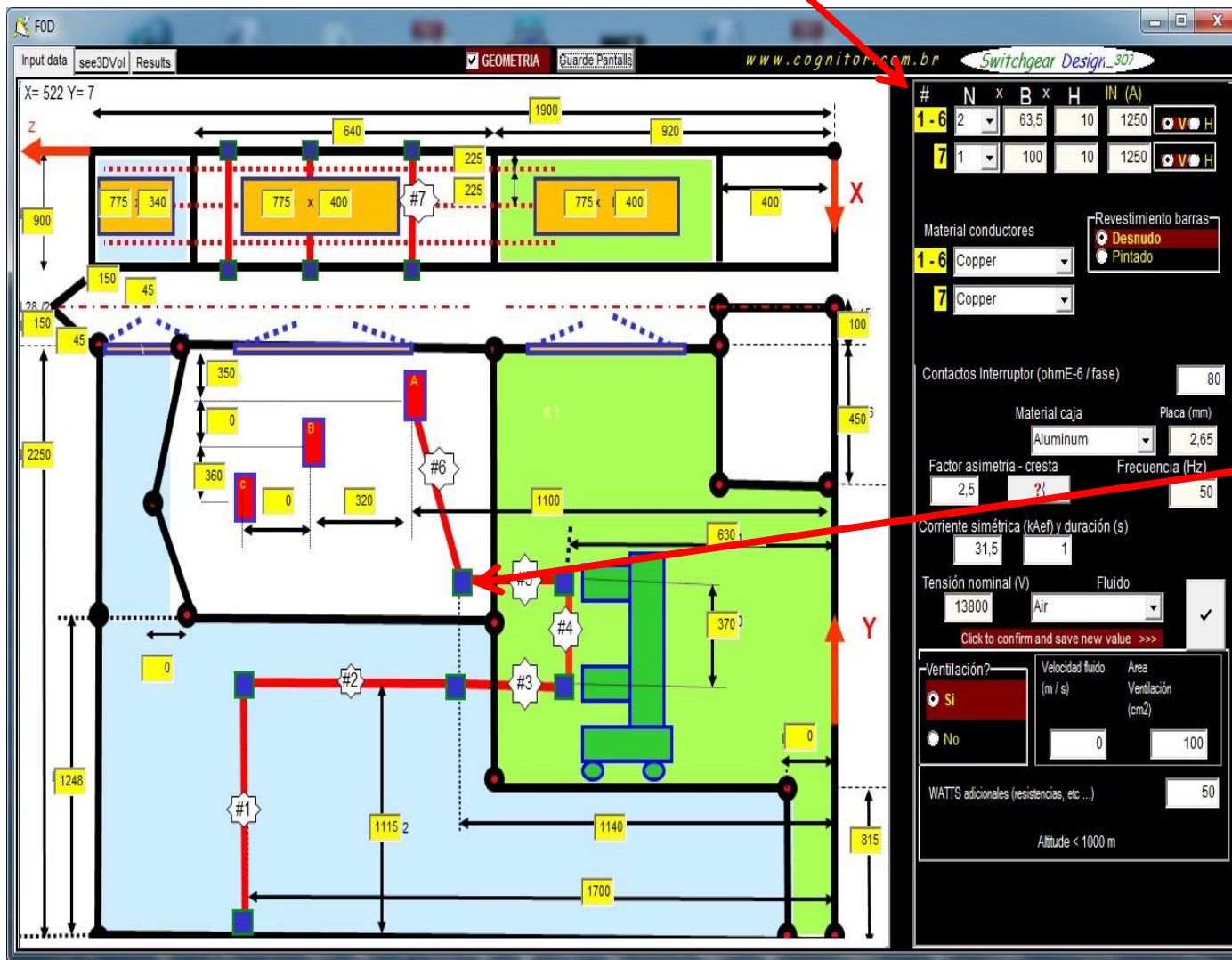
Área de aberturas de ventilación (IEC 60890)





La línea superior: conductores de # 1 hasta # 6,
en este ejemplo 2 x 63,5 x 10 mm por fase

La segunda línea : conductores # 7, en este ejemplo 1x 100 x 10 mm



Resistencia
por fase del
interruptor
representado
pelos
conductores
4,5 y 6
($\mu\Omega$)

Considere que hay 2 compartimentos V1 y V2. El arco se produce en el compartimiento de V1 (la celda). Los gases calientes están agotados a compartimiento V2 que tiene un volumen mucho más grande (10.000m³ en este ejemplo)

Presión inicial en compartimentos V1 y V2 en kPa (antes del arco)

volumen V1 es auto-calculado a partir de la geometría, más un factor de ocupación asignado en los resultados.

Presión de rotura (dispositivo de alivio comienza a abrirse)

Duración de la prueba (con el arco mantenido)

Considere o no de la inductancia de la aparamenta (reducir o no la corriente de arco)

Distancia entre los pernos de la placa o equivalente

El uso de absorbedores (indicación del efecto)

Input data see3DVol Results GEOMETRIA www.cognitor.com.br

Seleccione TIPO de PRUEBA

Fuerzas Electrod. Calentamiento **Arco Interno**

Click 2 x

MVSW1_01_M_val_ROZV050U

MVSW1_02_M_R65111

MVSW1_03_rename

MVSW1_06_rename

Presión de rotura (dispositivo de alivio comienza a abrirse)

Selección de TIPO de PRUEBA

Insertar BARRAS, AISLADORES, CORRIENTES, VOLTAGE, MATERIALES

Duración de la prueba (con el arco mantenido)

Considere o no de la inductancia de la aparamenta (reducir o no la corriente de arco)

Distancia entre los pernos de la placa o equivalente

El uso de absorbedores (indicación del efecto)

Material conductores

1 - 6 Copper

7 Copper

Revestimiento barras

Desnudo Pintado

Contactos Interruptor (ohmE- / fase)

80

Material caja

SteelLo C_1010

Placa (mm)

2,65

Factor asimetría - cresta

2,5

Frecuencia (Hz)

50

Corriente simétrica (kAef) y duración (s)

31,5

1

Tensión nominal (V)

13800

Fluido

Air

Presión inicial V1 (kPa)

101,3

Presión inicial V2 (kPa)

101,3

Volumen V2 salida (m3)

10000

Presión de disparo (kPa)

127

Duración prueba (ms)

159

Consider inductance

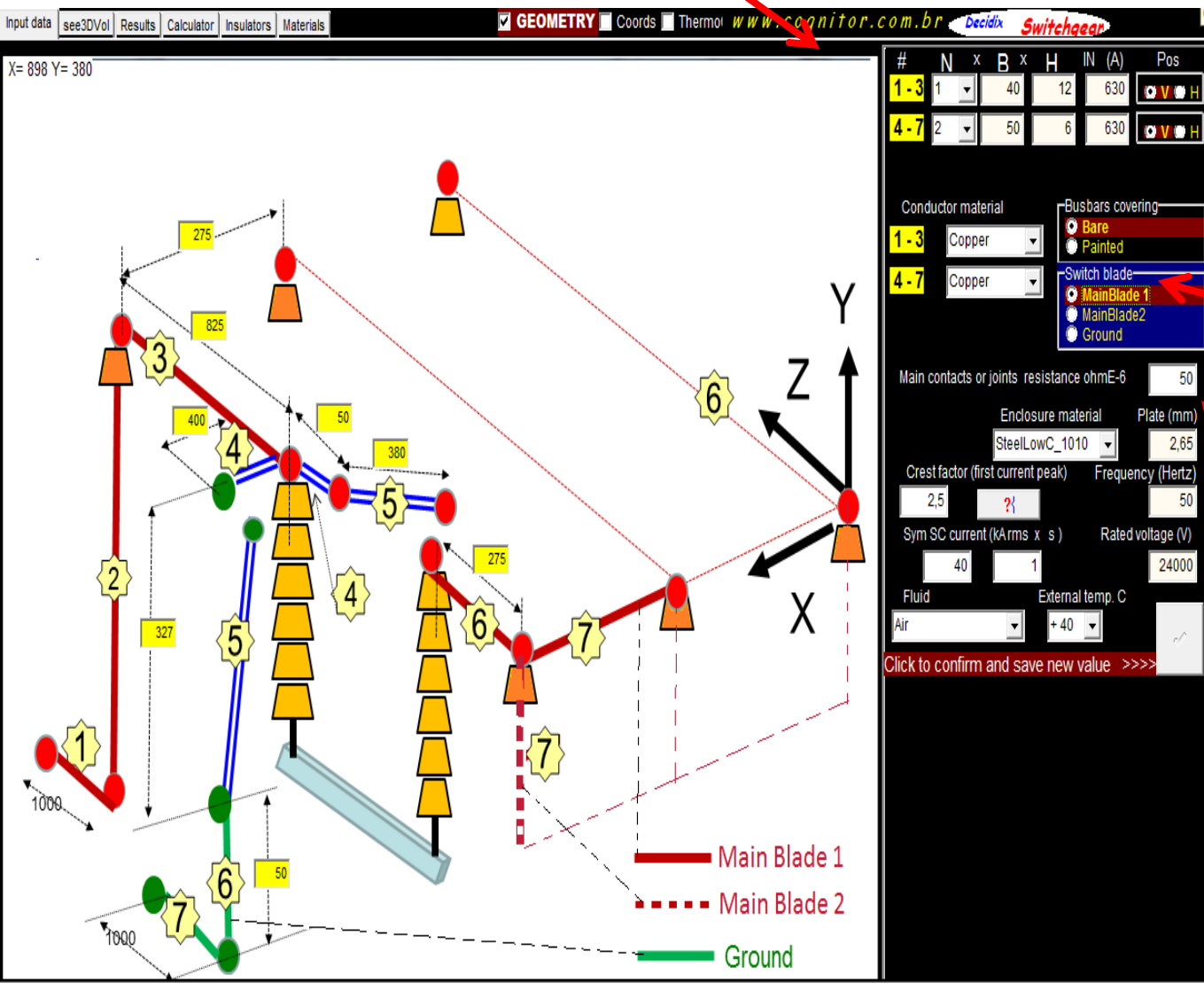
Compartment

RightSide

DE EQUIPO

La línea superior: conductores de # 1 hasta # 3,
en este ejemplo 1 x 40 x 12 mm por fase

La segunda línea : conductores #4 hasta # 7, en este ejemplo 2x 50x 6 mm



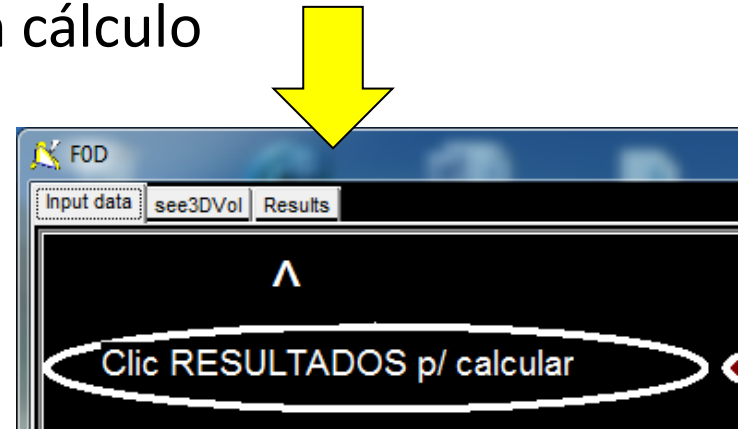
Seleccione la
lamina que se
calculará y el tipo
de arreglo para la
lamina principal

Resistencia de los
contactos ($\mu\Omega$)

Conductor #5

VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Después de introducir todos los datos de entrada, si hace clic en la pestaña Resultados se hará un cálculo



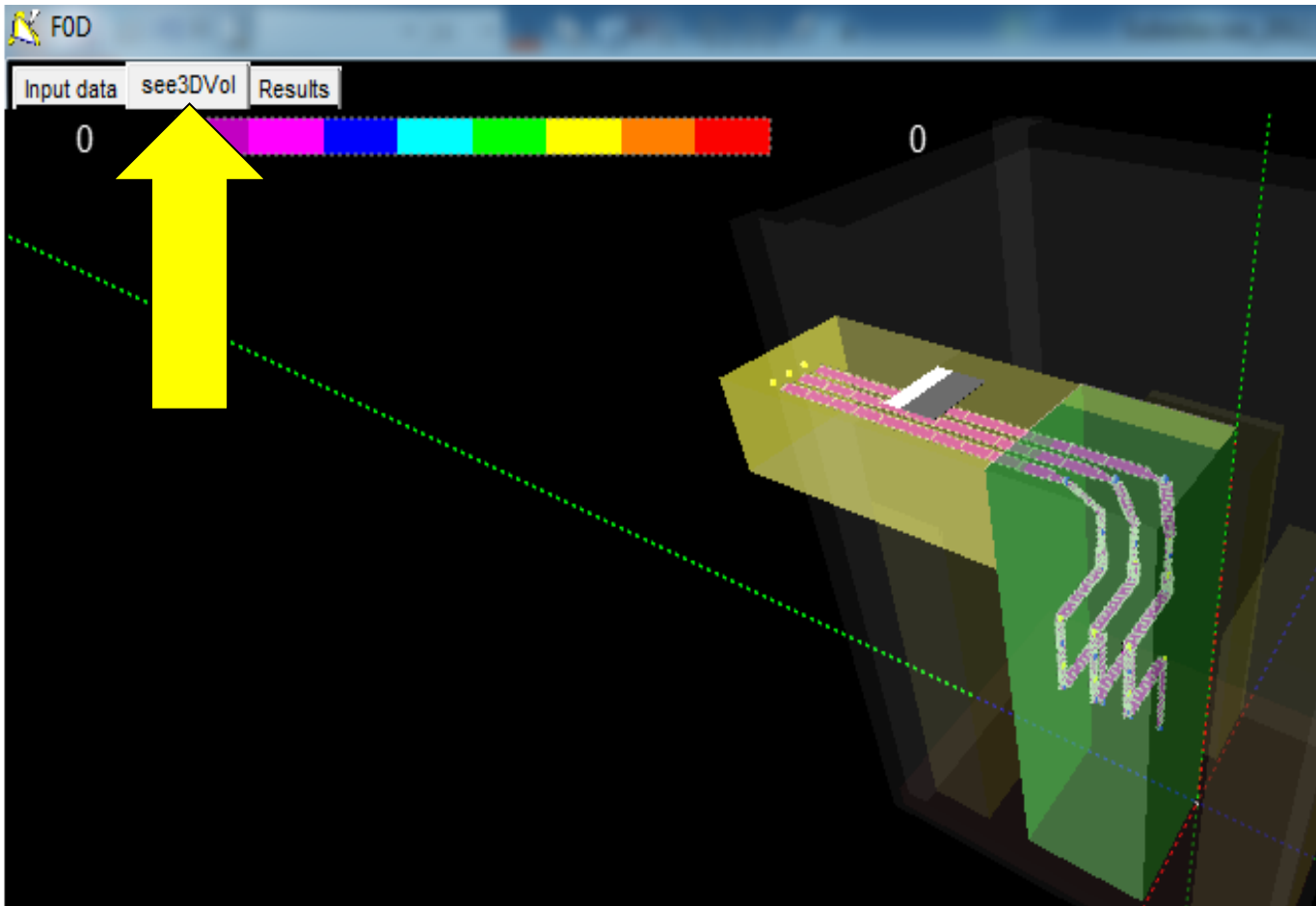
En las páginas siguientes, para cada tipo de prueba vea los resultados típicos. Algunos de los casos son validados por pruebas reales realizadas en los laboratorios de ensayo.

Para más detalles leer los artículos en
http://www.cognitor.com.br/es_download.htm

con una especial atención a
http://www.cognitor.com.br/ValidatingReports_Esp.pdf

VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

- Un error muy común es la de entrada en las dimensiones geometría que no son coherentes. Con este objetivo, he creado el TAB See3DVOL.
- Si hace clic en él aparecerá una visualización en 3D.
- Si la figura es "extraña" comprobar las dimensiones. Si un mensaje de error se debe a las dimensiones inconsistentes van de nuevo a la pantalla de la geometría y revisarlos.



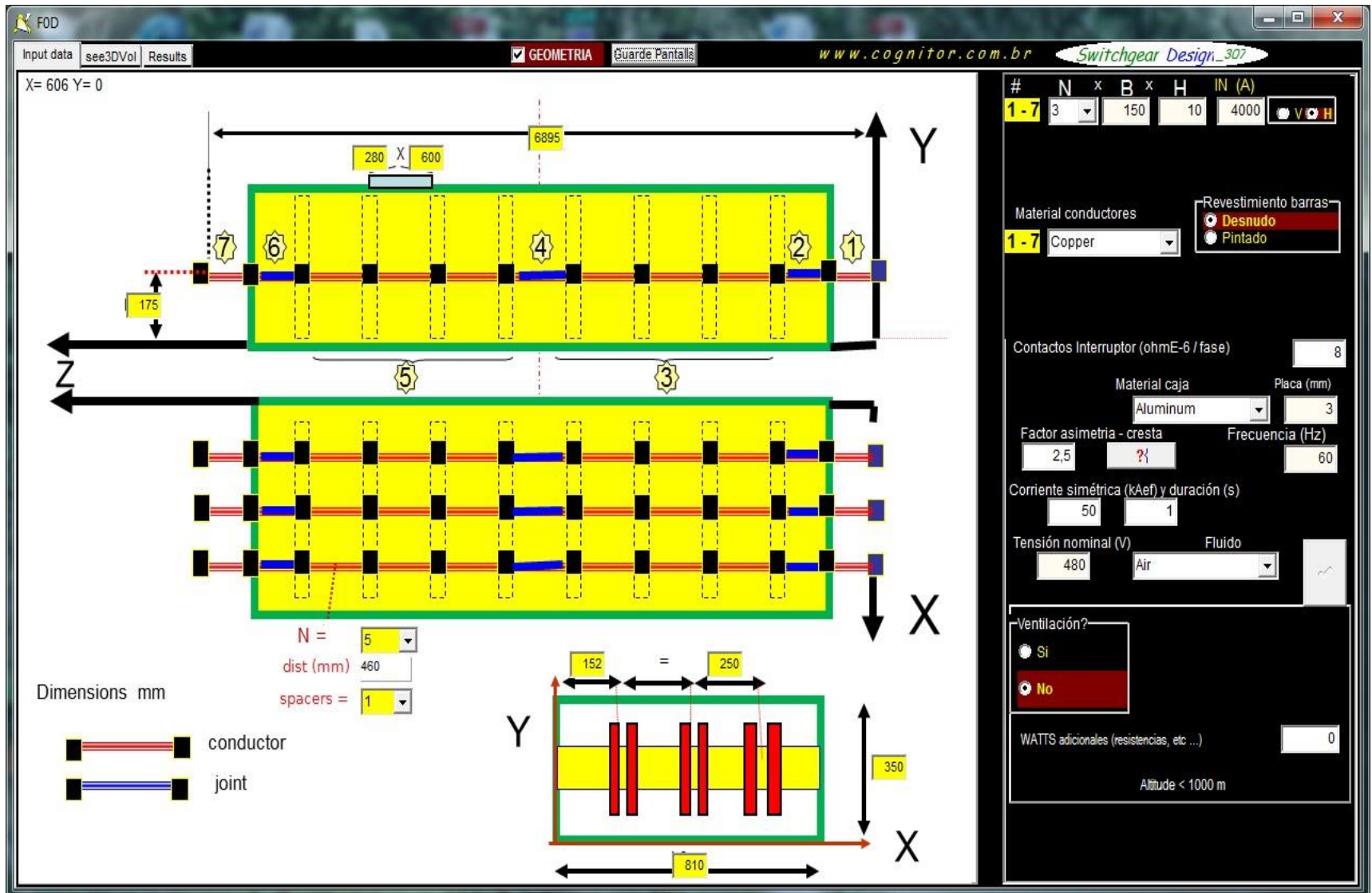
RESULTADOS

CALENTAMIENTO

Ducto de barras

caso validado

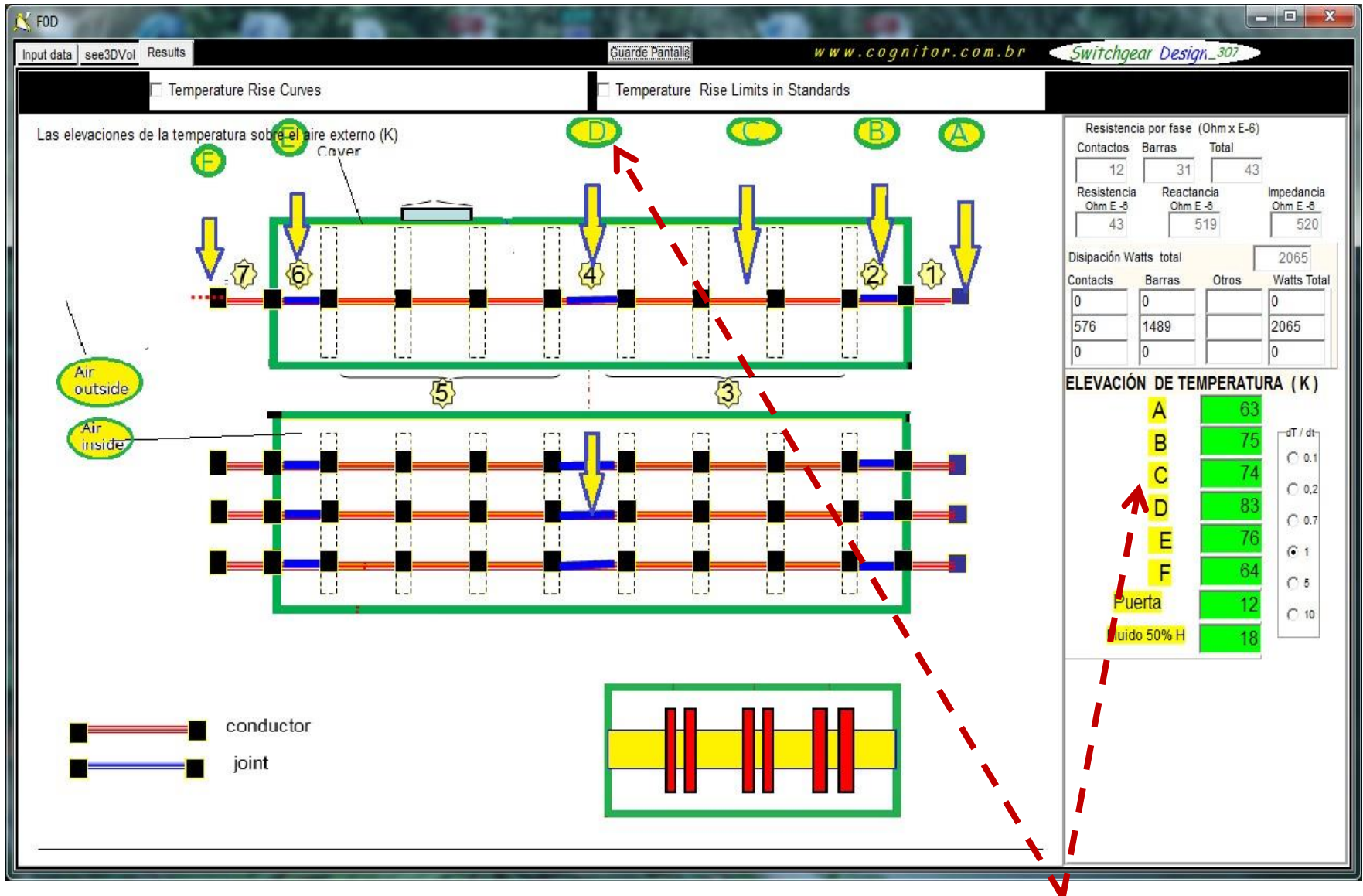
BusWay_3x150x10_CU_R_67131)



Ducto de barras

caso validado

BusWay_3x150x10_CU_R_67131)



El aumento de temperatura (K) por encima de la temperatura del aire externo en diferentes puntos

Ducto de barras

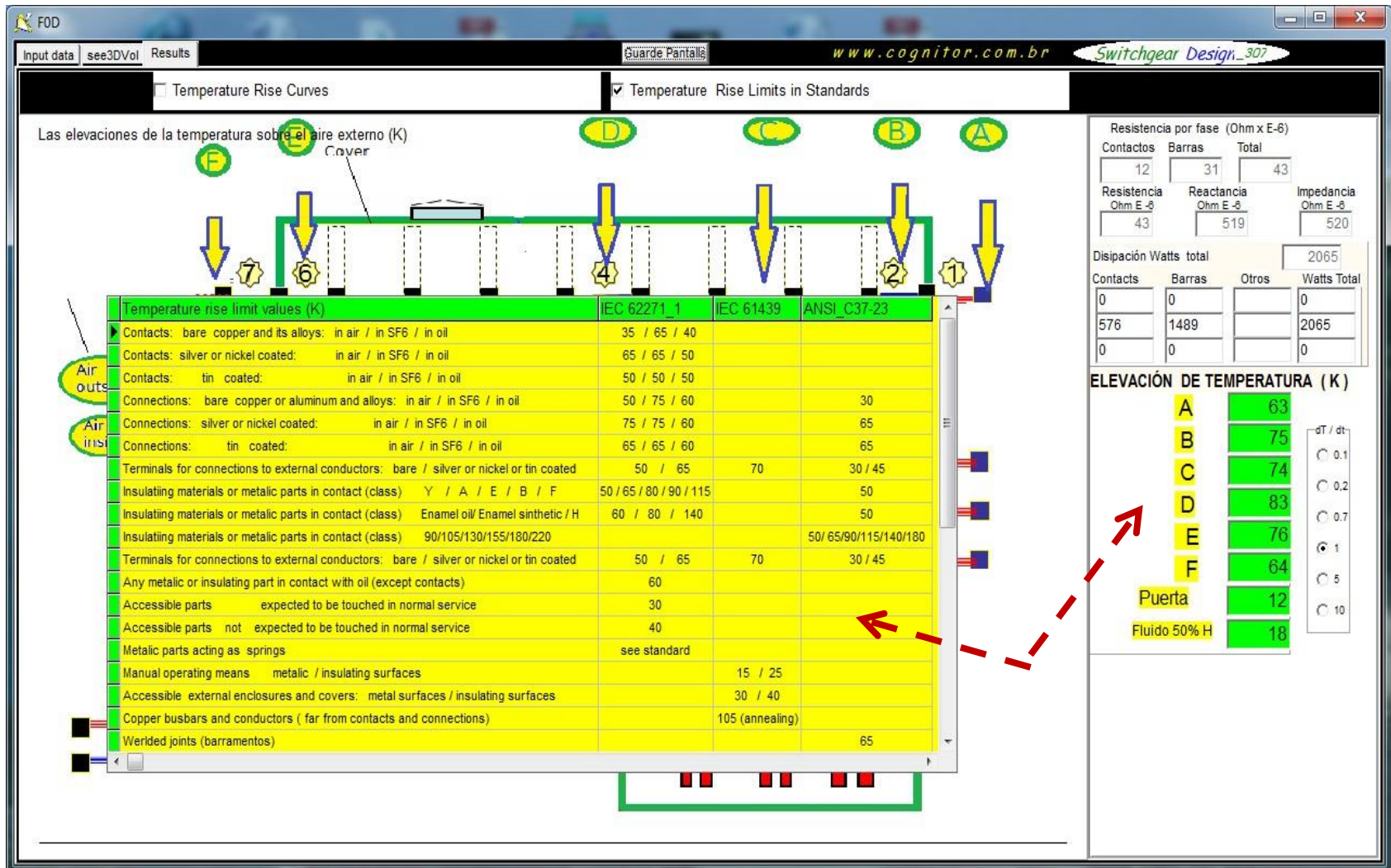
caso validado

BusWay_3x150x10_CU_R_67131)

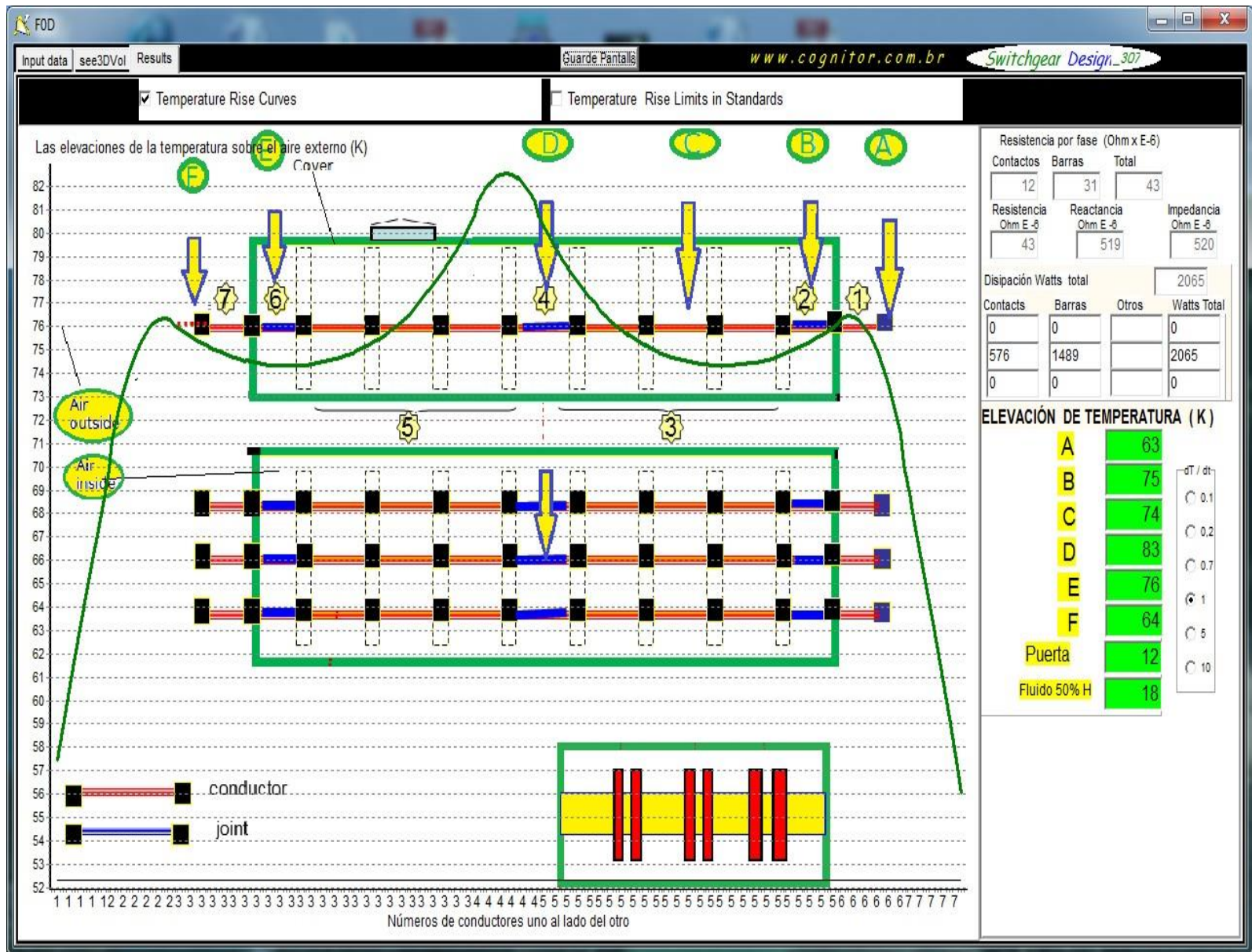
Punto de la medición en fase central B	Resultado prueba (K)	Resultado simulación (K)
Conexión en el inicio del # 2	72,4	75 (72-76) (*)
Barra en conductor # 3	84,0 (?)	74 (74-78) (*)
Conexión en el centro del conductor # 4	83,5	83
Conexión en el final del conductor # 7 (punto de corto circuito)	66,6	66 (62 – 69)
Lado de la envolvente a la altura del 50%	30,2	~ 12 - 18
El fluido interno cerca de la parte superior	No medido	~ 2x 12 – 2x 18
Resistencia total por fase ($\mu\Omega$)	No indicado	12 + 31 = 43
Resistencia de cada conexión($\mu\Omega$)	No indicado	8
Ventilación	No	
Barras	Cobre 3 x (150x10) mm Horizontal	

No es posible identificar exactamente a la posición del termopar

Compare the calculated values with the temperature rise limits specified in the technical standards



Ver los perfiles de elevación de temperatura

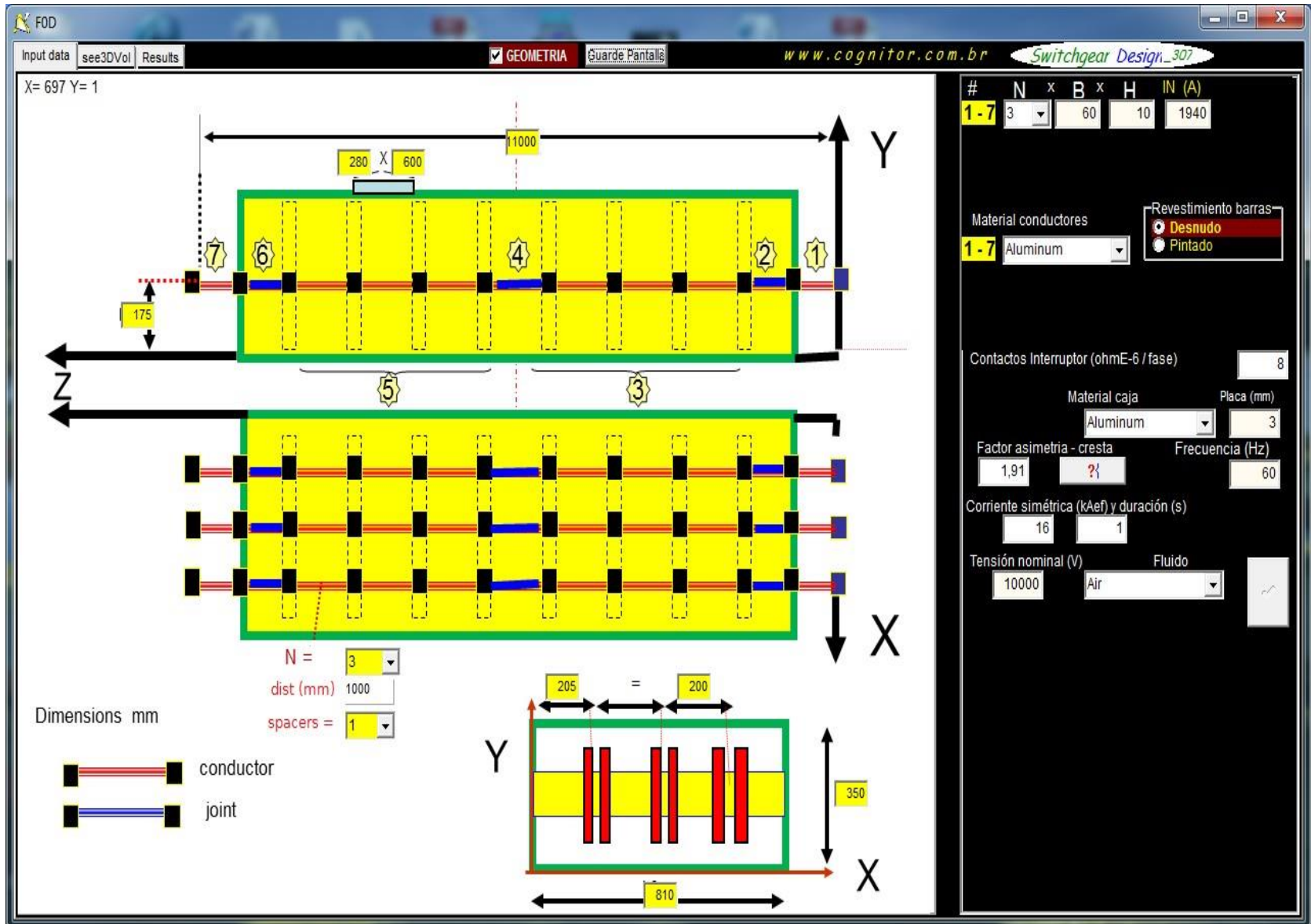


RESULTADOS - CORRIENTES DE CORTA DURACION – ESFUERZOS ELECTRODINAMICOS

Ducto de barras

caso validado

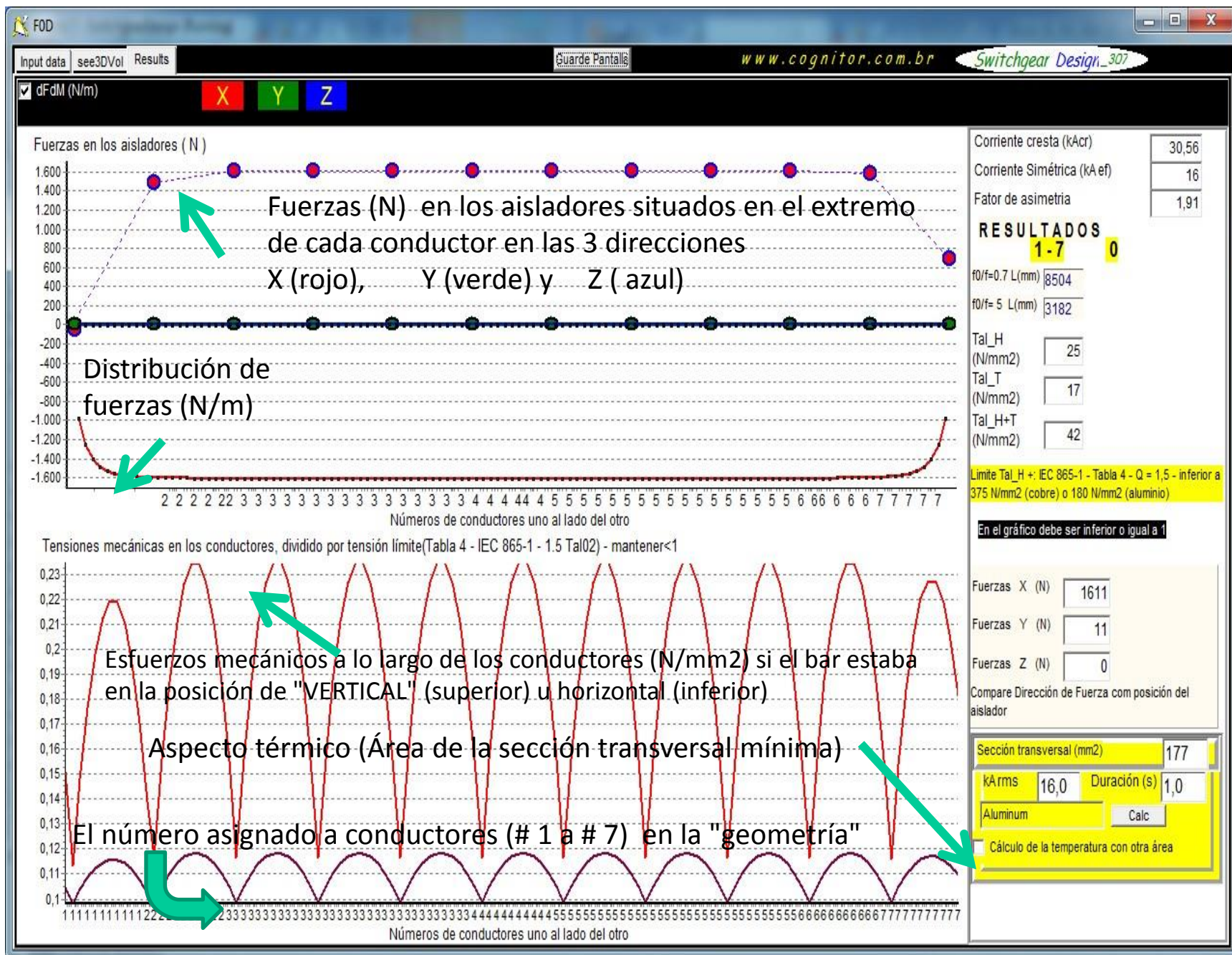
BusWay_3x60x10_Al_IEC865_2



Ducto de barras

caso validado

BusWay_3x60x10_Al_IEC865_2



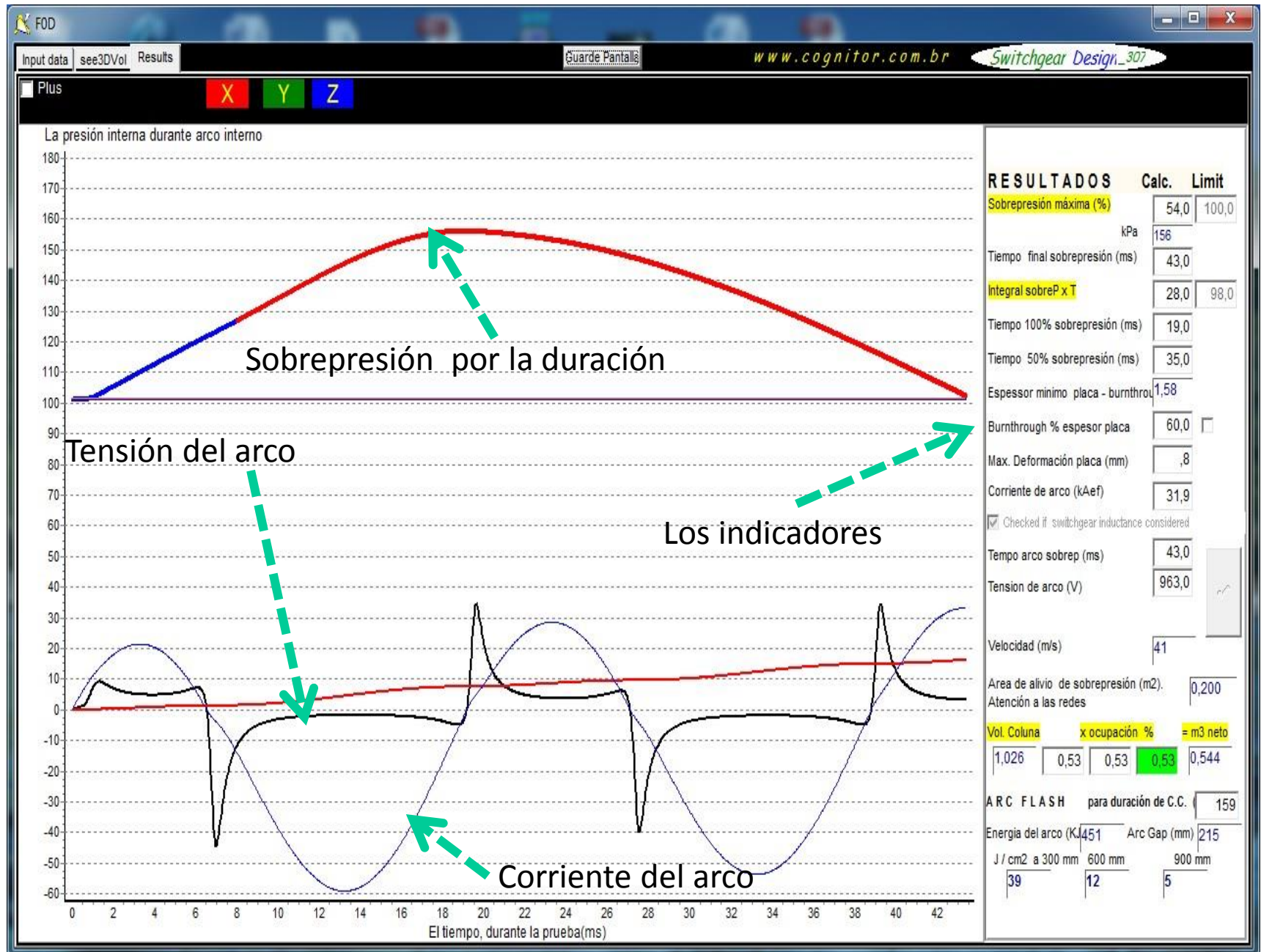
El "Resultado de la Prueba" es el cálculo presentado en IEC 60865-2 (1994) - Páginas 19-27

Parámetro	Resultado prueba IEC	Resultado simulación
Max. Tensión mecánica σ_H (N/mm ²)	24,7	25
Max. Tensión mecánica σ_T (N/mm ²)	16,1	17
Total Max. Tensión mecánica $\sigma_H + \sigma_T$ (N/mm ²)	40,8	42
Max Fuerza en el aislador en compresión o tensión (N)	-	11
Max Fuerza en el aislador en flexión (N)	1606	1611

Tableros de media tensión

caso validado

MP1_CB31IArc_valid_ROZV050U

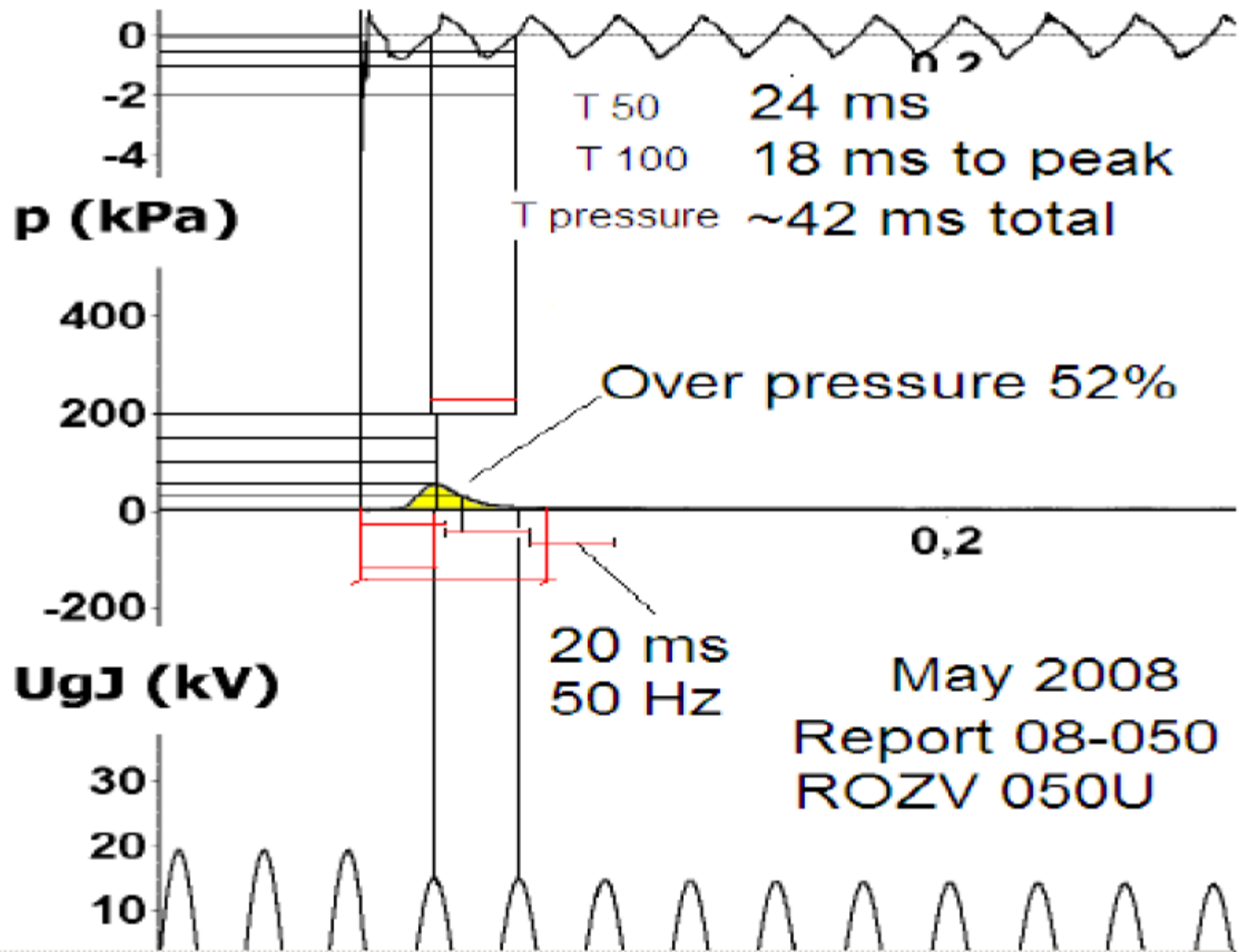


Tableros de media tensión

caso validado

MP1_CB31IArc_valid_ROZV050U

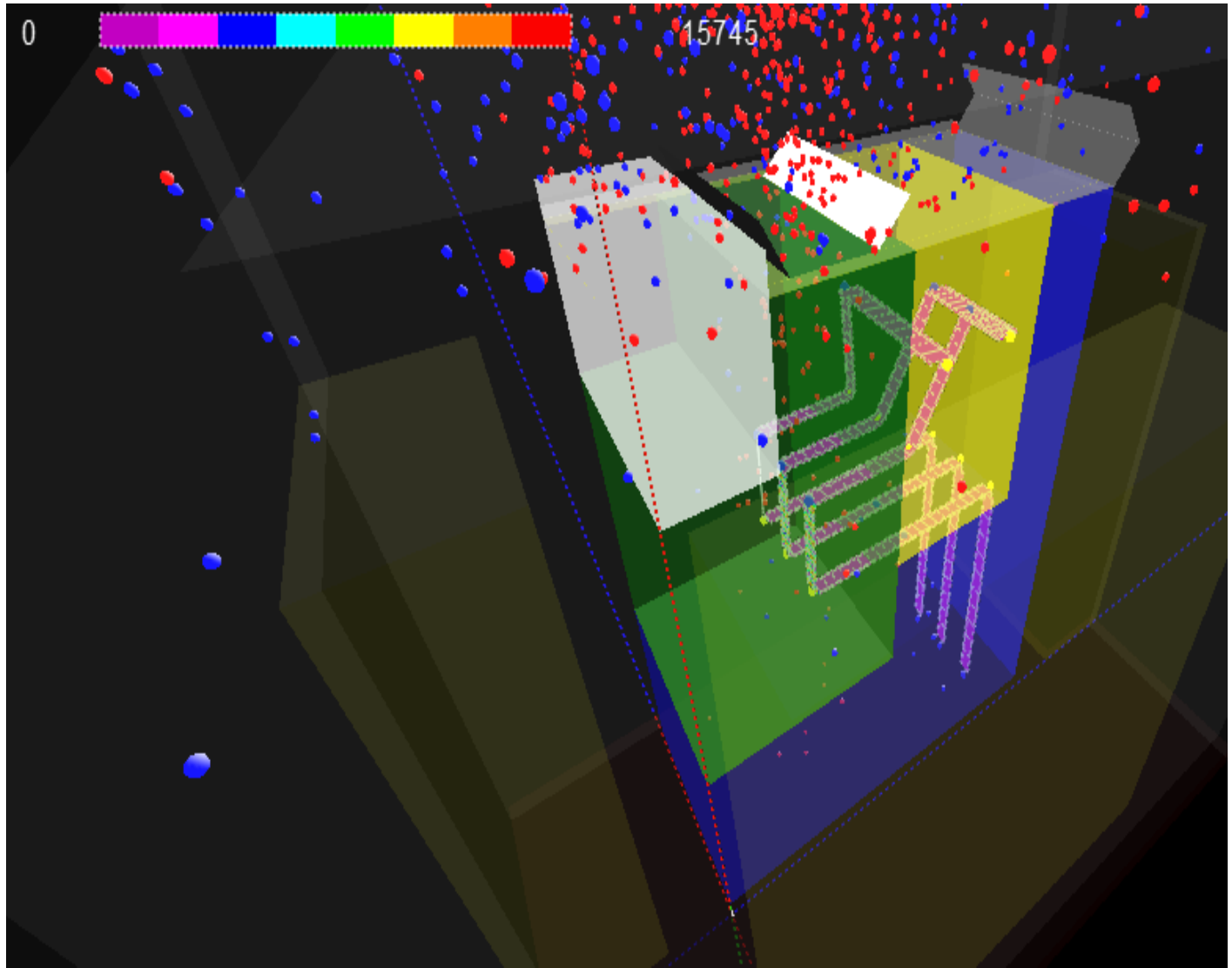
Parameters	Test result	Simulation result
Rated voltage (KV)	13,8	
Current kA rms and duration (s) prospective	31,5 – 1s	
Current asymmetry	2,5 crest factor	
Frequency (Hz)	50	
Arc compartment volume (m ³) x occupation factor	1,026 x 0,53 = 0,54	
Pressure relief area in the tested compartment (m ²) . There is a grid reducing the exit area around 80%	0,2	
Arc voltage (V rms)	-	963
Maximum overpressure above 1 bar ΔP (%)	50 to 52	54
Overpressure duration (ms)	42 to 46	43
Integral Pressure curve along the time (bar*s*1000)	-	28
Time to 100% ΔP (ms)	18 to 20	19
Time to 50% ΔP (ms)	24 to 30	35
Ventilation	No	
Absorbers or parts like grids working as absorbers	Yes	



CREACIÓN DE NUEVOS CASOS



- Cuando se crea un nuevo caso de una nueva línea se incluye en las tablas de base de datos exactamente igual a la que estaba incluida anteriormente.
- La única diferencia es el "nombre" del nuevo caso.
- Ponga otro nombre y cambie los datos de entrada y la geometría como desee



Esta característica aquí está en desarrollo. Es un método para identificar el impacto de los parámetros de diseño de la quema de los indicadores de algodón en las pruebas de arco interno. La quema de indicadores horizontales es la principal causa de fracaso en las pruebas de arco

ESTUDIOS DE CASO CON EL USO DEL SOFTWARE

CORRIENTES SOPORTABLES DE CORTA DURACION Y DE CRESTA

Fuerzas electrodinámicas y tensiones mecánicas

- El uso normal y una explicación acerca de los indicadores de desempeño
- Cómo optimizar el número de aisladores
- ¿Cómo optimizar el tipo de barras considerando también las necesidades de aumento de temperatura

ESTUDIOS DE CASO CON EL USO DEL SOFTWARE

PRUEBAS DE CORRIENTES SOPORTABLES DE CORTA DURACION Y DE CRESTA

Fuerzas electrodinámicas y tensiones mecánicas

- El uso normal y una explicación acerca de los indicadores de desempeño
- Cómo optimizar el número de aisladores
- ¿Cómo optimizar el tipo de barras considerando también las necesidades de aumento de temperatura

ESTUDIOS DE CASO CON EL USO DEL SOFTWARE

PRUEBAS DE CALENTAMIENTO

- El uso normal y una explicación acerca de los indicadores de desempeño
- Cómo optimizar la solución de ventilación
- ¿Cómo optimizar el tipo de barras
- ¿Cómo tener en cuenta la relación con los requisitos de prueba de arco interno

ESTUDIOS DE CASO CON EL USO DEL SOFTWARE

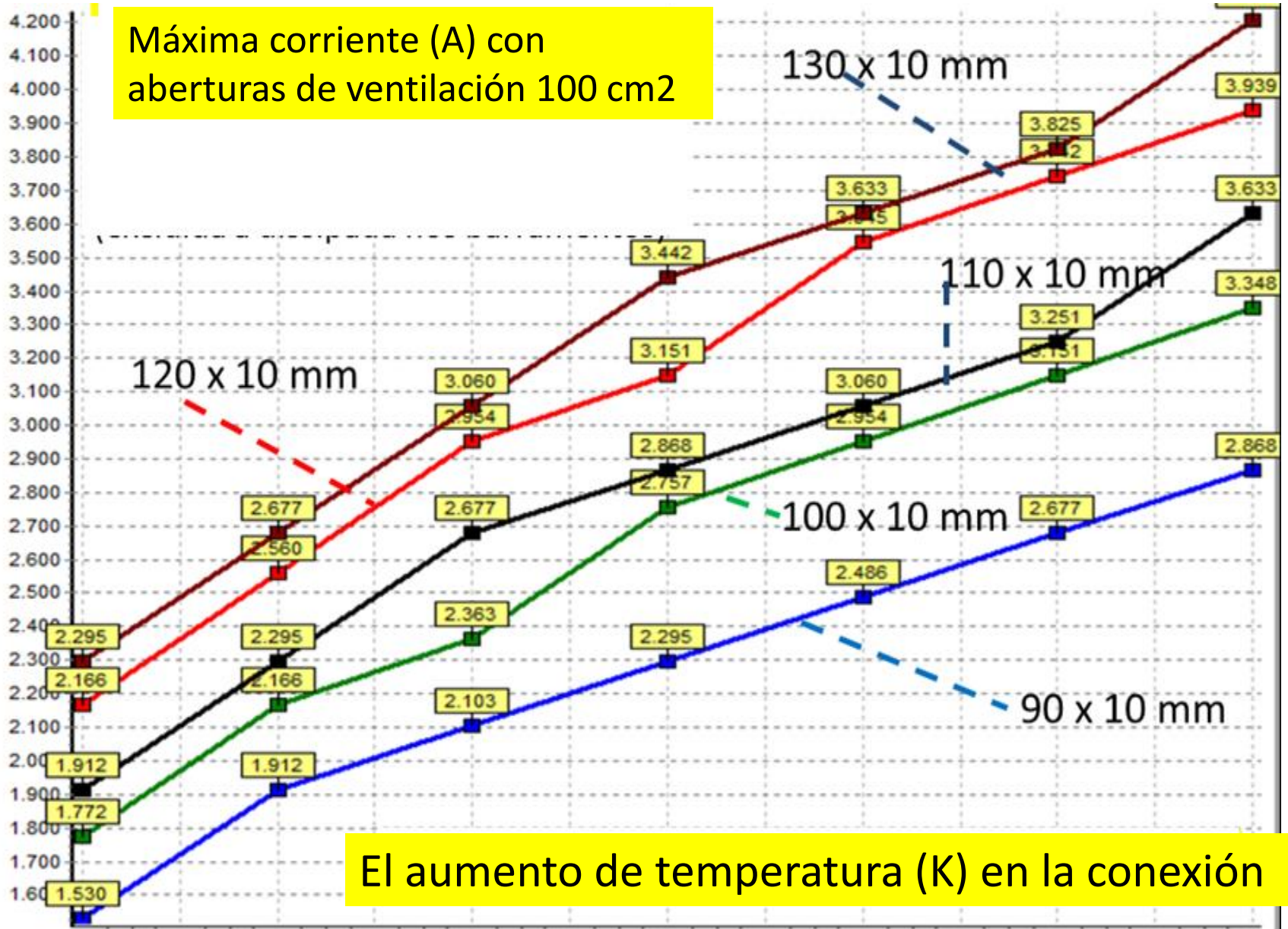
PRUEBAS DE ARCO INTERNO

- El uso normal y una explicación acerca de los indicadores de desempeño
- ¿Cómo optimizar el dispositivo de alivio de presión
- ¿Cómo optimizar el espesor de la placa
- ¿Cómo tener en cuenta los efectos burnthrough
- ¿Cómo considerar la relación con la prueba de elevación de la temperatura

DISEÑO OPTIMIZADO

- ❑ Distancia máxima entre los aisladores x tensión mecánica x corriente de cortocircuito
- ❑ Máxima elevación de temperatura x corriente
 - ❑ En el aire interno
 - ❑ En la conexión (punto caliente)
 - ❑ En las puertas
 - ❑ Con o sin ranuras de ventilación
 - ❑ Con o sin potencia disipada adicional (cajones)
 - ❑ Con resistencias de contacto variables (interruptores, conmutadores, cortacircuitos)
- ❑ El espesor mínimo de la chapa de acero con la presión de no romper con el arco
- ❑ El espesor mínimo de la chapa de acero y sin agujeros de arco ("burn-through")
- ❑ Superficie mínima y un rápido alivio de sobrepresión

DISEÑO OPTIMIZADO



DISEÑO OPTIMIZADO

OBJECTIVE TO FIND

- 0 -Maximum distance between insulators for a given short circuit current and design (busbar Gr. 1)
- **1 - Idem previous line but for busbar group Gr. 2**
- 2 - Maximum dissipated power to use in compartment BLUE for a certain rated current
- 3 - Maximum dissipated power to use in compartment WHITE for a certain rated current
- 4 -Maximum dissipated power to use in compartment YELLOW for a certain rated current
- 5 - Maximum CB resistance in compartment BLUE for a certain rated current
- 6 -Minimum plate thickness to support the overpressure during internal arc test at a certain current
- 7 -Maximum plate deflection for a certain internal arc test current
- 8 -Minimum plate thickness to avoid "burnthrough".
- 9 - Maximum CB resistance in compartment BLUE for a certain rated current
- 10 -Maximum current for a certain thickness to support the overpressure during internal arc
- 11 - Minimum pressure relief area for a certain current and plate thickness
- 12 -Minimum pressure relief area for a certain current and plate thickness

Limit value (Y)

Stress TalH + Tal T (N / mm2)

300

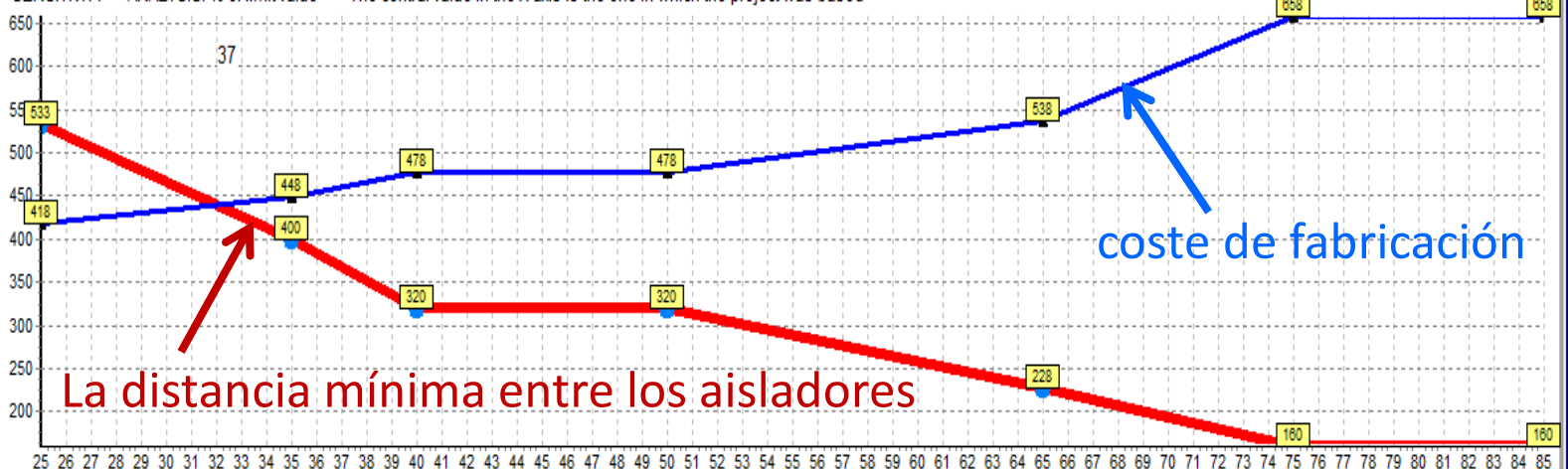
Stress TalH + Tal T (N / mm2)

Order of magnitude of costs (USD)

Conductor (US\$/kg)	Isoladores (US\$/un)	Involucro (US\$/kg)	Calcule custo total (necessário calcular antes "Resultados")
8	100	1	
Conductor (kg)	Isoladores (unidades)	Involucro (kg)	
180	48	346	
Conductor (US\$)	Isoladores (US\$)	Involucro (US\$)	Outros (US\$)
1440,0	4800,0	346,0	0
TOTAL US\$ =			6586,0

Calc Sensitivity

SENSITIVITY ANALYSIS. % of limit value The central value in the X axis is the one in which the project was based



Corriente de corto circuito (kA)

Para sugerencias y contactos

Sergio Feitoza Costa

Cognitor - Diseño de Laboratorios de Pruebas, Simulaciones de Pruebas Eléctricas y Capacitación

Teléfono (55-21) 2465 3689 o (55-21) 3393 4600

Cel: (55-21) 9 8887 4600

Email sergiofeitoza@cognitor.com.br

Sitio: http://www.cognitor.com.br/es_home.htm

Podemos hablar en Inglés, portugués, español o francés

E-mail: sergiofeitoza@cognitor.com.br

Livro produzido pela
Câmara Brasileira de Jovens Escritores
Rio de Janeiro – RJ – Brasil
<http://www.camarabrasileira.com>
Email: cbje@globo.com

Descarga gratuita de un libro no técnico escrito por Sergio Feitoza Costa

Versión en portugués

Titulo: ENTRE CALCULOS, MUSICAS E MEDITAÇÕES

<http://www.cognitor.com.br/LivroSergioFeitoza2012.pdf>

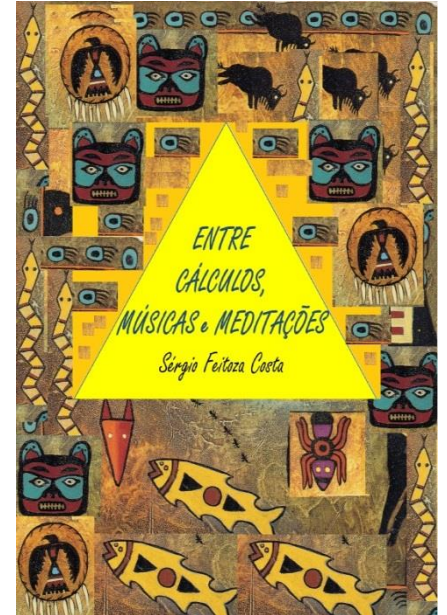
Versión en Ingles

Título: BETWEEN SONGS, CALCULATIONS AND MEDITATIONS

<http://www.cognitor.com.br/LivroSergioFeitoza2013.pdf>

Escucha las canciones de Sergio(3rd CD)

<http://www.gravadoravirtual.net/sergiofeitoza>



Durante mucho tiempo pensaba en dejar este libro “libre” en la Internet. Este es el texto que utilizo como referencia para entrenamientos de capacitación que ministro por muchas partes del mundo. Ahora está hecho y espero que este material pueda ser útil para los profesionales que no participaron en los cursos, a los profesores y a los estudiantes de ingeniería eléctrica.

Yo he recibido muchas cosas buenas y mucha ayuda en esta vida y es hora de dejar un poco para los que vienen detrás ¡ Miren en www.cognitor.com.br

ISBN 978 85 413 0239 5



9 788541 302395

Câmara Brasileira de Jovens Escritores
Rio de Janeiro