

**SOSA SERGIO**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
**Facultad Regional Reconquista**

**LABORATORIO PARA ENSAYOS DE  
RUTINA Y DE TIPO DE  
CALENTAMIENTO EN CELDAS DE  
MEDIA TENSION**

Reconquista, Santa Fe  
República Argentina  
Año 2017

# 1. INDICE

<b>1.</b>	<b>INDICE.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>MEMORIA GENERAL.....</b>	<b>9</b>
3.1.	CLASIFICACIÓN DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (M.T.).....	9
3.1.1.	<i>Celdas Primarias y Secundarias.....</i>	9
3.1.1.1.	Celdas para Distribución Primaria .....	9
3.1.1.2.	Celdas para Distribución Secundaria .....	9
3.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS CELDAS .....	10
3.2.1	<i>Clasificación según el tipo constructivo.....</i>	10
3.2.2	<i>Clasificación según el uso .....</i>	12
3.3.	NORMAS DE APLICACIÓN .....	13
3.3.1.	<i>Reemplazo de la IEC 298 por la IEC 62271-200. ....</i>	13
3.3.2.	<i>Clasificación de cubículos de Media Tensión, de acuerdo con la revisión de IEC .....</i>	14
3.3.3.	<i>Compartimentación de cubículos de Media Tensión (PM o PI), según IEC 62271-200 .....</i>	14
3.3.3.1.	Compartimiento clase PM .....	14
3.3.3.2.	Compartimentación clase PI.....	15
3.3.3.3.	Pérdida de continuidad de servicio (LSC) .....	15
3.3.4.	<i>Definición de la revisión de la IEC 62271-200 para celdas resistentes al arco interno .....</i>	16
3.4.	NECESIDAD DE TENER UNA CELDA IAC.....	18
<b>4.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CELDAS PRIMARIAS.....</b>	<b>19</b>
4.1.	COMPARTIMENTOS DE LAS CELDAS.....	20
4.1.1.	<i>Compartimiento para interruptor .....</i>	20
4.1.2.	<i>Compartimiento de barras principales .....</i>	20
4.1.3.	<i>Compartimiento de terminales de cables.....</i>	21
4.1.4.	<i>Compartimiento de elementos auxiliares de baja tensión .....</i>	22
4.1.5.	<i>Carpintería metálica.....</i>	22
4.1.6.	<i>Protección superficial y Pintura.....</i>	24
4.1.7.	<i>Barras de potencia y conexiones de media tensión.....</i>	24
4.1.8.	<i>Aisladores .....</i>	25
4.1.9.	<i>Características técnicas generales de los equipos de maniobra y medición .....</i>	25
4.1.9.1.	Interruptores Automáticos de Potencia .....	25
4.1.9.2.	Transformadores de intensidad .....	28
4.1.9.3.	Transformadores de tensión .....	28
4.1.9.4.	Seccionadores bajo carga .....	29

4.1.9.5.	Seccionador de Puesta a Tierra .....	29
4.1.9.6.	Sistema de puesta a tierra.....	30
4.1.10.	<i>Enclavamientos</i> .....	31
4.1.10.1.	Cortinas del compartimiento para interruptor.....	33
4.1.10.2.	Panel o paneles de acceso al compartimiento de terminales de cables .....	33
4.1.10.3.	Seccionadores de puesta a tierra .....	33
4.1.11.	<i>Señalización de presencia de tensión</i> .....	33
4.1.12.	<i>Cableado de baja tensión</i> .....	34
4.1.13.	<i>Borneras para circuitos auxiliares</i> .....	34
<b>5.</b>	<b>ENSAYOS DE RUTINA Y DE TIPOS.....</b>	<b>35</b>
5.1.	ENSAYOS DE RUTINA.....	35
5.1.1.	<i>Generalidades</i> .....	35
5.1.1.1.	Ensayos de tensión en seco a frecuencia industrial sobre el circuito principal .....	35
5.1.1.2.	Ensayos de tensión sobre los circuitos auxiliares .....	36
5.1.1.3.	Medición de la resistencia del circuito principal .....	36
5.1.1.4.	Ensayos de funcionamiento mecánico .....	36
5.1.1.5.	Ensayos de los dispositivos auxiliares eléctricos .....	37
5.1.1.6.	Verificación del cableado .....	37
5.2.	REQUISITOS PARA LA ADQUISICIÓN DE UNA CELDA .....	37
5.2.1.	<i>Información necesaria para la orden de compra</i> .....	37
5.2.1.1.	Características de la instalación completa y de sus componentes .....	37
5.2.1.2.	Características de los mecanismos de operación y de equipamientos asociados .....	38
5.2.1.3.	Informes que debe brindar el fabricante.....	38
5.2.1.4.	Mecanismos de operación y equipamiento asociado .....	39
5.2.1.5.	Placa característica.....	39
5.3.	REGLAS PARA EL TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	40
5.3.1.	<i>Generalidades</i> .....	40
5.3.1.1.	Condiciones durante el transporte y almacenamiento .....	40
5.3.1.2.	Montaje .....	40
5.3.1.3.	Mantenimiento .....	40
5.4.	ENSAYOS DE TIPOS .....	41
5.4.1.	<i>Ensayos de tipos normales</i> .....	41
5.4.2.	<i>Ensayos de tipo ha pedido especial del Usuario</i> .....	42
5.4.2.1.	Ensayos dieléctricos .....	42
5.4.2.2.	Ensayo de tensión de impulso del tipo atmosférico en seco.....	43
5.4.2.3.	Ensayo de tensión a frecuencia industrial sobre el circuito principal.....	44
5.4.2.4.	Ensayos de tensión sobre los circuitos auxiliares .....	45
5.4.2.5.	Ensayo de corriente de corta duración sobre el circuito principal .....	45
5.4.2.6.	Ensayo de corriente de corta duración sobre los circuitos de tierra .....	46
5.4.2.7.	Verificación de las capacidades de cierre y de corte .....	47

5.4.2.8.	Ensayos de funcionamiento mecánico .....	47
5.4.2.9.	Verificación de los grados de protección.....	48
5.4.2.10.	Ensayo de protección contra la intemperie.....	48
5.4.2.11.	Protección de las personas contra los efectos eléctricos peligrosos.....	48
5.4.2.12.	Ensayo de arco interno.....	49
5.4.2.13.	Protocolo de ensayo de “Tipo” .....	49
<b>6.</b>	<b>PROCEDIMIENTOS PARA ENSAYOS .....</b>	<b>50</b>
6.1.	PROCEDIMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE RUTINA.....	50
6.1.1.	<i>Objetivo</i> .....	50
6.1.2.	<i>Alcance</i> .....	50
6.1.3.	<i>Responsabilidades</i> .....	50
6.1.4.	<i>Tareas previas</i> .....	51
6.1.5.	<i>Desarrollo</i> .....	51
6.2.	PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO TIPO DE CALENTAMIENTO.....	58
6.2.1.	<i>Procedimiento</i> .....	58
<b>7.</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS.....</b>	<b>63</b>
7.1.	CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE RUTINA Y DE TIPO DE CALENTAMIENTO EN CELDAS DE M.T. ....	63
7.2.	RECINTO PARA EL ENSAYO TIPO DE CALENTAMIENTO .....	65
7.3.	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL RECINTO PARA EL ENSAYO DE CALENTAMIENTO .....	65
<b>8.</b>	<b>EQUIPOS PARA ENSAYOS .....</b>	<b>68</b>
8.1.	EQUIPOS PARA ENSAYOS DE RUTINA.....	68
8.2.	EQUIPOS PARA EL ENSAYO “TIPO” DE CALENTAMIENTO.....	69
<b>9.</b>	<b>CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....</b>	<b>70</b>
9.1.	GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DEL LABORATORIO.....	70
9.2.	NÚMERO MÍNIMO DE CIRCUITOS .....	70
9.3.	DETERMINACIÓN DE LA CARGA TOTAL .....	71
9.4.	CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y FACTORES EXTERNOS.....	72
9.5.	CANALIZACIONES .....	73
<b>10.</b>	<b>IMPEDANCIA DE RED, TRAF0 Y CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>75</b>
10.1.	IMPEDANCIA DE LA RED.....	75
10.2.	IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR 13,2 / 0,4 - 0,231 kV. ....	75
<b>11.</b>	<b>SELECCIÓN DE CONDUCTORES .....</b>	<b>77</b>
11.1.	CÁLCULO, VERIFICACIONES Y SELECCIÓN.....	77
11.2.	CALCULO, VERIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE INTERRUPTOR PRINCIPAL Y PEQUEÑOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICO (PIAs)....	77

<b>12. CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>81</b>
12.1. OBJETIVOS DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	81
12.2. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	81
12.2.1. Verificación térmica de los conductores .....	82
12.2.2. Verificación de la disipación de las jabalinas.....	83
12.2.3. Resistencia de la malla .....	84
12.2.4. Resistencia de las jabalinas .....	85
12.2.5. Resistencia del sistema compuesto.....	85
12.2.6. Tensiones de falla.....	86
12.2.6.1. Cálculo de la tensión de malla.....	86
12.2.6.2. Verificación de la tensión de paso y contacto respecto a la tensión de malla .....	87
<b>13. CÁLCULOS MECÁNICOS .....</b>	<b>88</b>
13.1. CARRO PORTANTE DE CELDAS DE M.T. ....	88
13.1.1. Datos de las celdas de 33 kV para cálculo del carro.....	88
13.1.2. Cálculos de los perfiles de mayor longitud .....	89
13.1.3. Datos de la celda 13.2 kV para cálculo del carro.....	91
13.1.4. Cálculos de los perfiles transversales.....	91
13.2. VERIFICACIÓN DEL PERFIL LONGITUDINAL CON LAS REACCIONES DEL PERFIL TRANSVERSAL COMO CARGA PUNTUALES .....	93
13.3. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE RUEDAS PARA EL CARRO .....	95
13.3.1. Variables para la selección de una rueda industrial.....	95
13.3.2. Cálculo de la carga máxima que soporta la rueda .....	96
13.3.2.1. Cálculo exacto para seleccionar las ruedas .....	96
13.3.3. Selección de ruedas por catálogo.....	97
<b>14. SEGURIDAD E HIGIENE .....</b>	<b>99</b>
14.1. OBJETIVO .....	99
14.1.1. Riesgo eléctrico.....	99
14.1.1.1. Contactos eléctricos, directos e indirectos.....	99
14.1.1.2. Medidas de control para disminuir los contactos directos.....	99
14.1.1.3. Medidas de control para disminuir los contactos indirectos.....	100
14.1.1.4. Medidas preventivas .....	101
14.1.1.5. Trabajos sin tensión.....	102
14.1.1.6. Reglas de Oro .....	102
<b>15. IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>103</b>
15.1. GENERALIDADES .....	103
15.2. FUNDAMENTOS FÍSICOS.....	103
15.2.1. Campos eléctricos.....	103
15.2.2. Campos magnéticos .....	104

15.2.3.	<i>Campos electromagnéticos y la salud</i> .....	105
15.2.4.	<i>Parámetros reglamentarios</i> .....	106
15.2.5.	<i>Valor socio Ambiental</i> .....	106
15.2.6.	<i>Medidas de seguridad</i> .....	106
<b>16.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b> .....	<b>108</b>
16.1.	GENERALIDADES .....	108
16.2.	CÓMPUTO Y PRESUPUESTO .....	108
16.3.	AHORRO ECONÓMICO PARA LA EMPRESA.....	111
16.4.	CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO .....	112
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>113</b>
	<b>ANEXO</b> .....	<b>115</b>
	ANEXO I: IMÁGENES. ....	115
	ANEXO II: CATÁLOGOS. ....	115
	ANEXO III: PLANOS.....	115

## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Actualmente los ensayos de rutina se realizan en el mismo lugar donde se arman las celdas, por eso la importancia de contar con un espacio destinado exclusivamente a las pruebas de los tableros de M.T. cumpliendo con los delineamientos impuesto por la ley de seguridad e higiene en el trabajo garantizando la seguridad de todo el personal y la calidad en el producto final.

El presente proyecto consiste en la implementación de un espacio para la realización de los “ensayos de rutinas” y de un recinto que cumpla con las características para la realización del “ensayo tipo” de calentamiento en “celdas primarias” de media tensión.

El objetivo del estudio es el diseño del laboratorio, como un lugar seguro, tanto para el personal que realiza los ensayos, como para el resto de los operarios que trabajan en la planta de industrial. Actualmente, Proyección Electroluz, cuenta con los equipos necesarios para realizar las pruebas de rutina y ensayo tipo calentamiento, por lo que no será parte del análisis ni selección en este proyecto.

El laboratorio estará ubicado dentro del predio de Proyección Electroluz, más precisamente en el sector de armado de celdas, en el que se dispone de una superficie de 195 m<sup>2</sup> para la instalación del laboratorio. En esta superficie estará ubicada la oficina, el recinto para el ensayo de calentamiento y el espacio donde se ubicarán aproximadamente diez celdas de 13.2kV y 5 celdas de 33kV, pudiendo variar la cantidad de una u otra celdas debido a que las dimensiones no son las mismas para todas e incluso se fabrican en mayor cantidad las celdas de 13.2kV.

La superficie de 16.8m<sup>2</sup> destinada a la oficina estará subdividida en dos, una divisoria de 9.8m<sup>2</sup> en el que se ubicaran los escritorios con PC, mesas para planos, etc. y un área de 7m<sup>2</sup> destinada para alojar los equipos de inyección de tensión y corrientes de manera que el personal que realice las maniobras quede completamente aislados de las partes con elevada tensión al momento de realizar las pruebas, (esto es exigido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad social de la Provincia de Santa Fe, según Ley 19587 y el decreto 351/79-Anexo VI). Este sector será vidriado en gran parte, lo que permitirá visualizar los ensayos.

La idea de un recinto para “Ensayo Tipo” de calentamiento, surge de la necesidad de realizar pruebas en celdas de Media Tensión (M.T.), con capacidades de corrientes diferentes a las celdas certificadas, y para verificar las que ya están certificadas para un determinado valor de corriente nominal, principalmente cuando se tiene grandes lotes de fabricación. Contar con un espacio con características similares a los laboratorios que certifican estos ensayos permitirá efectuar las pruebas en las celdas de M.T. y realizar los ajustes necesarios, en caso que correspondiera, antes del ensayo definitivo.

El recinto será construido con paneles lisos de 60 mm de espesor aislados con poliuretano inyectado a alta presión que garantizan un diferencial de temperatura de 50 °C. Una pared tendrá ventana de triple vidrio templado separados por cámara de aire, al igual que en la puerta corrediza por donde se ingresara la celda para el ensayo. Estas ventanas facilitaran la visualización durante el ensayo evitando el ingreso innecesario del personal reduciendo la posibilidad de que exista circulación de aire.

El laboratorio estará delimitado por paneles, construidos de caño estructural y malla sima de cuadrados (40 x 40) mm, tendrá un portón corredizo de amplia apertura para facilitar el ingreso y egreso de las celdas. La puerta dispondrá de un sistema de enclavamiento electromecánico con alarma visual y acústica que indicaran el “prohibido ingreso” cuando se esté ensayando y garantizar de esta manera la seguridad de personas ajenas al laboratorio.

Se realizara los cálculos eléctricos para el tablero seccional que alimentara el laboratorio, el mismo se realizará siguiendo la Reglamentación Para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles (AEA 90364). Se determinara las cargas, se calculara y verificara el conductor de alimentación desde el tablero principal al seccional, el interruptor principal, y las termomagnéticas.

Como medidas de seguridad se realiza el cálculo de malla de puesta a tierra, teniendo en cuenta que según la Norma IRAM 2281-4 puede considerarse como conductor a tierra la malla sima que se utiliza en la construcción para el hormigón armado, siempre que se verifique continuidad galvánica. Los cálculos se realizan según la AEA 90364 anexo 771-C, IEEE st 80 y la norma IRAM 2281-4.

Para introducir la celda al interior del recinto donde se realizara el ensayo de calentamiento se construirá un carro en el que se apoyara el tablero, (de 33kV o 13.2kV), para ingresarlo manualmente, esto es debido a que por cuestiones de espacio será imposible hacerlo con un autoelevador. Los cálculos mecánicos permitirán determinar los perfiles que soportaran el peso de la celda y para la selección de las ruedas.

Se realizara el layout del laboratorio mediante la utilización del software SketchUp, un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D), para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, etc.

Se elaborará un cómputo y presupuesto de lo necesario para la ejecución del laboratorio, teniendo como principal ventaja la disposición de equipos e instrumentos con los que ya se cuenta la empresa. También se efectuara una estimación de los costos que implica enviar a realizar un ensayo de tipo de calentamiento de las celdas a laboratorios certificados, como lo es el Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Nacional de Córdoba, dichos costos son los que se ahorraría la empresa al tener un recinto con las mismas características que las de los laboratorios certificados para realizar el ensayo de calentamiento en la misma planta industrial. Por último, se expondrá las razones por lo que es importante invertir en la construcción del laboratorio donde se garantizará, en primer lugar la seguridad de todo el personal y en según lugar la calidad del producto final.

### **3. MEMORIA GENERAL**

#### **3.1. Clasificación de Celdas de Media Tensión (M.T.)**

Características generales y constructivas de las Celdas: se denomina celda al conjunto de equipos eléctricos de Media Tensión (MT) o Alta Tensión (AT) (seccionadores, interruptores, bases portafusibles, transformadores de medida de tensión y corriente, etc.) integrados en una envolvente metálica y conectados entre sí (eléctrica y/o mecánicamente) cuyo conjunto está destinado a cumplir una función. (Salida, Entrada, Protección de Transformador, Medida, etc.).

#### **3.1.1. Celdas Primarias y Secundarias**

##### **3.1.1.1. Celdas para Distribución Primaria**

Las celdas de Distribución Primaria poseen interruptores extraíbles, que al permitir su rápido recambio en caso de falla o de necesidad de mantenimiento, da mayor flexibilidad de operación. Proyección Electroluz fabrica solo celdas primarias.

##### **3.1.1.2. Celdas para Distribución Secundaria**

Las celdas de Distribución secundaria poseen interruptores fijos. En estos casos para permitir el acceso al aparato para su cambio o mantenimiento, deben contar con un seccionador aguas arriba que lo separe de las barras con tensión, y eventualmente seccionadores de puesta a tierra para garantizar la seguridad del operador. La maniobra no tiene ninguna flexibilidad, y los equipos son inadecuados para instalaciones donde no puede haber cortes prolongados.

Dos datos fundamentales que diferencian las celdas primarias y secundarias son los niveles de corriente y los de cortocircuito.

Las Celdas secundarias normalmente son hasta (630 A o 1250 A) y corriente de cortocircuitos que no suelen superar los 16 kA, aunque hay algunos modelos que pueden llegar a los 25 kA. Las celdas primarias normalmente son desde 1250 A hasta 4000 A de corriente nominal y desde 16 kA hasta 50 kA de corriente de corto circuito.

## 3.2. Clasificación de las celdas

### 3.2.1 Clasificación según el tipo constructivo

- Mampostería; los equipos son instalados (montaje) en obra. Primero es necesario realizar una obra civil, y luego se realiza el montaje de los equipos, como se ve en la (fig.3.1).



- Prefabricadas o Modulares; la celda es suministrada montada en fábrica, las interconexiones entre equipos y cableados no son realizados en obra. El montaje en las estaciones consiste en la interconexión entre celdas.

Las celdas prefabricadas (fig.3.2), se pueden clasificar según el tipo de construcción, en:



Fig.3.2 – Celdas Prefabricadas.

- Metalenclosed; los equipos se encuentran ubicados dentro de un mismo compartimento metálico, (fig.3.3).



Fig.3.3-Celda Metalenclosed.

- Metalclad; normalmente estas celdas están compuestas por cuatro compartimentos, donde están ubicados los diferentes equipos, como se puede ver en la fig.3.4.

1. Compartimento de Maniobra:

Generalmente está constituido por un interruptor que permite la maniobra. Este equipo normalmente es extraíble, de esta forma no es necesario que la celda cuente con seccionadores de barra o línea.

El interruptor extraíble, cuenta con 3 posiciones: Enchufado - Prueba o Test - Desenchufado o extraído.

Estos compartimentos tienen un mecanismo que impide que las partes con tensión sean accesibles cuando se retira el interruptor o carro.

2. Compartimento de Barras:

Se encuentran las barras generales, montadas sobre aisladores adecuados para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos durante cortocircuitos o fallas internas.

3. Compartimento de Cable –TI:

En este compartimiento se alojan los transformadores de corriente, divisores capacitivos para la detección de presencia de tensión, seccionadores de puesta a tierra de cable de entrada, soportes y bornes de acceso de cables de potencia, aisladores pasamuros para conexión de equipos a barras generales.

4. Compartimento de Baja Tensión:

En el mismo, se albergan los relés de protección, instrumentos de medida, cajas de pruebas de los relés, dispositivos de señalización de presencia de tensión a partir de divisores capacitivos, borneras de señalización, alarmas, accionamiento, y demás equipos auxiliares.

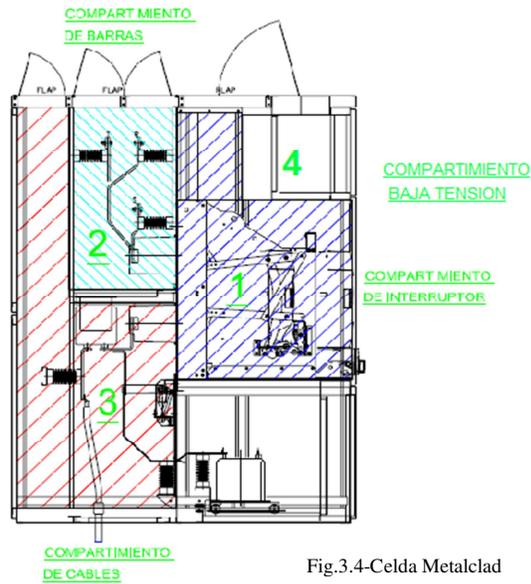


Fig.3.4-Celda Metalclad

### 3.2.2 Clasificación según el uso

- Celda de Entrada o Acometida: permite la conexión desde el Transformador de Potencia a las barras principales de la celda. La misma debe contener los elementos de maniobra, protección, medida y control adecuados para la operación, agrupados en los distintos compartimientos.
- Celda Salida: la misma es destinada para las salidas de cables de alimentación. Al igual que las demás celdas debe contener todos los elementos de maniobra, protección, medida y control adecuados para la operación.
- Celda Servicios Auxiliares: su misión es la de proteger la instalación de posibles anomalías. Esta función la puede realizar de dos maneras, mediante fusibles o utilizando un interruptor automático.
- Celda de Acoplamiento: estas celdas permiten acoplar las barras principales de las celdas con otro conjunto de barras principales. Contiene todo los equipos y elementos apropiados para las operaciones.
- Celda de Medida. En su interior alberga, normalmente, transformador de tensión y de intensidad, que reducen respectivamente los valores de tensión e intensidad hasta valores aptos para los equipos de medida, una vez hecho esto, se deriva desde este punto al contador o tarificador a instalar en el correspondiente armario de medida.

### 3.3. Normas de aplicación

Las celdas y sus componentes responden a las recomendaciones dadas en la última edición de las siguientes normas internacionales:

- IEC 62271/1 Cláusulas comunes para equipo de maniobra de media y alta tensión.
- IEC 529 Grados de protección de las envolturas.
- IEC 62271-105 Seccionadores bajo carga con fusibles para alta tensión en corriente alterna (c.a.).
- IEC 62271-200 Tableros bajo cubierta metálica para media tensión en c.a..
- IEC 62271-103 Seccionadores bajo carga.
- IEC 186 Transformadores de tensión.
- IEC 185 Transformadores de corriente.
- IEC 62271-102 Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra para c.a..
- IEC 62271-100 Interruptores automáticos para alta tensión en c.a..

#### 3.3.1. Reemplazo de la IEC 298 por la IEC 62271-200.

- La IEC 298 definía la división de compartimientos en función de las características constructivas. Actualmente el mercado necesita una distinción basada en la funcionalidad.
- La revisión del documento surge para adecuarse a los nuevos equipos: interruptores y sistemas de control.
- Nuevas definiciones y clasificaciones de los equipos.
- Introduce una Clasificación del Arco Interno (IAC) y su testeo.
- Las principales diferencias de las normas se especifican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1-Diferencias entre Normas

IEC-298 (1990/94)	IEC-62271-200 (2003)
Metal-Clad	LSC2B – PM (PM: solamente barrera Metálica)
Compartimentado	LSC2A – PI (PI: por lo menos una barrera aislante)
Metal-Enclosed	LSC1

### **3.3.2. Clasificación de cubículos de Media Tensión, de acuerdo con la revisión de IEC**

La norma IEC 62271-200, clasifica la compartimentación de los paneles de M.T. de acuerdo con los siguientes criterios:

- Las consecuencias en la continuidad del servicio de la red eléctrica en caso de mantenimiento del panel.
- La necesidad y conveniencia del mantenimiento del equipamiento.
- Seguridad personal (en caso de arco interno).

### **3.3.3. Compartimentación de cubículos de Media Tensión (PM o PI), según IEC 62271-200**

Características:

- Acceso seguro al compartimiento con clasificación basada en el material de los separadores utilizados.
- Confort y seguridad de las personas durante el mantenimiento.

#### **3.3.3.1. Compartimiento clase PM**

- Todas las divisiones entre compartimientos deberán ser metálicas y estarán debidamente puestas a tierra, garantizando el acceso seguro.
- Las celdas “Metalclad” se caracterizan por la posibilidad de mantenimiento en compartimientos, principalmente en sistemas extraíbles. En la fig.3.5 se observa una celda de 13.2 kV, marca Proyección Electroluz, de compartimiento clase PM.



Fig.3.5-Celda Clase PM. 18/05/2016

### 3.3.3.2. Compartimentación clase PI

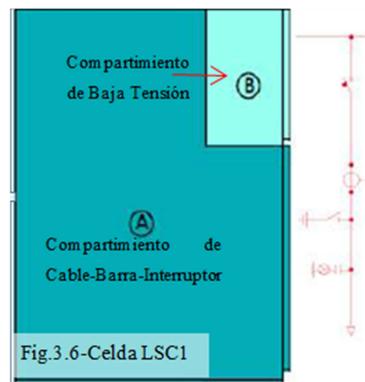
- Las divisiones entre compartimientos pueden ser parcial o totalmente en material aislante.
- La seguridad eléctrica y mecánica está de acuerdo con IEC 60466 o 60137.

### 3.3.3.3. Pérdida de continuidad de servicio (LSC)

El diseño estructural se basa en el “acceso seguro al compartimiento”. Se tiene varios niveles de continuidad de servicio durante el mantenimiento que son:

#### 1. Celdas tipo LSC1 :

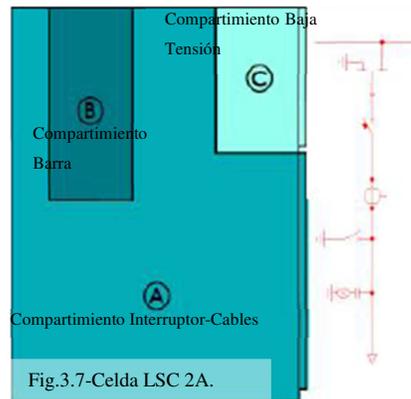
Estas serían, básicamente, una celda formada solo por una envolvente metálica, con un compartimiento de cable-barras-interruptor (A) y otro de baja tensión (B), ver fig.3.6.



#### 2. LSC 2A: “Compartimentado”.

Acceso seguro al compartimiento de la unidad funcional, con barras energizadas, o bien con unidades adyacentes energizadas. Los cables de M.T. deben estar a tierra. El mantenimiento de una unidad no interrumpe el servicio normal de los demás paneles, las barras están siempre en un compartimiento separado.

Las celdas usualmente llamadas “secundarias” pertenecen a esta categoría. Estas celdas por lo general poseen un compartimiento de interruptor-cables (A), un compartimiento de barra (B) y uno de baja tensión (C), como muestra la fig.3.7.

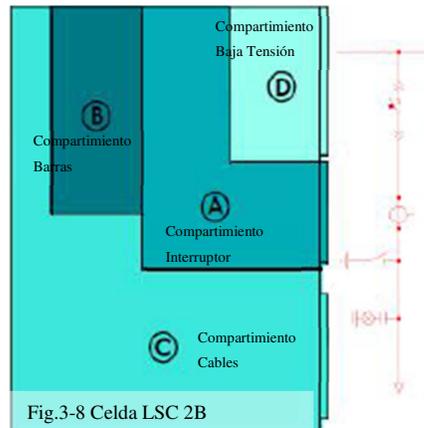


### 3. LSC 2B: “Metalclad”.

Acceso seguro del compartimiento de la unidad funcional, con barras energizadas, o bien con unidades adyacentes energizadas.

Los cables de M.T. se encuentran en compartimiento separado (accesible por puerta enclavada). Los cables de la unidad funcional pueden permanecer energizados estando la celda en mantenimiento con el interruptor abierto (el cual también tiene una puerta enclavada). Estas celdas habitualmente poseen cuatro compartimientos que son, de interruptor (A), de barras (B), de cables (C) y de baja tensión (D), ver fig.3.8.

Las celdas usualmente llamadas “primarias” pertenecen a esta categoría.



### 3.3.4. Definición de la revisión de la IEC 62271-200 para celdas resistentes al arco interno

El objetivo de este tipo de ensayos es asegurar el mayor grado de protección al personal de servicios.

Los ensayos de resistencia a arco interno se realizan según norma IEC 62271-200, IRAM 2200 y se deben cumplir los seis criterios.

El ensayo representa los efectos de un arco interno que ocurre enteramente en aire atmosférico dentro de la cubierta metálica y cómo repercute externamente cuando las puertas y tapas están cerradas, en la fig.3.9 se puede ver una imagen del ensayo de arco interno en una celda de 13,2 kV.

- Clasificación General:
  - ✓ Internal Arc Classified (IAC)
- Accesibilidad:
  - ✓ A: Restricta a personas autorizadas.
  - ✓ B: Irrestricada, acceso a todo público.

Para identificación de los lados accesibles deberán emplearse los códigos: F (frontal), L (lateral), R (trasero).

- Deberán ser ensayados todos los compartimentos conteniendo circuitos de potencia.
- Permanecen los seis criterios ya definidos en IEC 298:
  - ✓ 1<sup>ro</sup>. No se abrirán puertas y tapas.
  - ✓ 2<sup>do</sup>. Las partes que puedan representar peligro no deben ser proyectadas hacia el exterior del panel.
  - ✓ 3<sup>ro</sup>. No deberán producirse aberturas o perforaciones luego de un arco.
  - ✓ 4<sup>to</sup>. Los indicadores verticales no deberán encenderse.
  - ✓ 5<sup>to</sup>. Los indicadores horizontales no deberán encenderse por los gases calientes. Este criterio depende de la altura del techo donde los gases puedan rebotar (mínimo 3.6 m del piso).
  - ✓ 6<sup>to</sup>. El sistema de puesta a tierra mantendrá su efectividad luego de la falla.



Fig.3.9- Imagen de un ensayo de Arco Interno en Celda (13.2 kV)

### 3.4. Necesidad de tener una celda IAC

- Las celdas con clasificación IAC proporcionan protección a las personas en condiciones normales de operación.
- La necesidad de una celda IAC deberá ser evaluada de acuerdo con el riesgo de ocurrencia de una falla.

El riesgo de ocurrencia de falla, según Normas ISO/IEC es la combinación entre la ocurrencia de un suceso y la severidad de éste.

La cláusula 6 de la guía 51 de la Norma ISO/IEC describe el procedimiento para distinguir un nivel tolerable de riesgo, basado en que el usuario es responsable por aplicar acciones de reducción de riesgos.

Otras medidas pueden adoptarse para garantizar el máximo nivel de protección a las personas en caso de arco interno, como ser:

- Rápida interrupción de la falla a través de sensores de luz, presión o calor, o por una protección diferencial de barras.
- Aplicación de combinación de fusibles adecuados con dispositivos de interrupción para limitar la duración de la falla.
- Control remoto o a distancia.
- Dispositivo de alivio de presión.
- Operación de inserción y extracción de una parte extraíble solamente con las puertas cerradas.

#### **4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CELDAS PRIMARIAS**

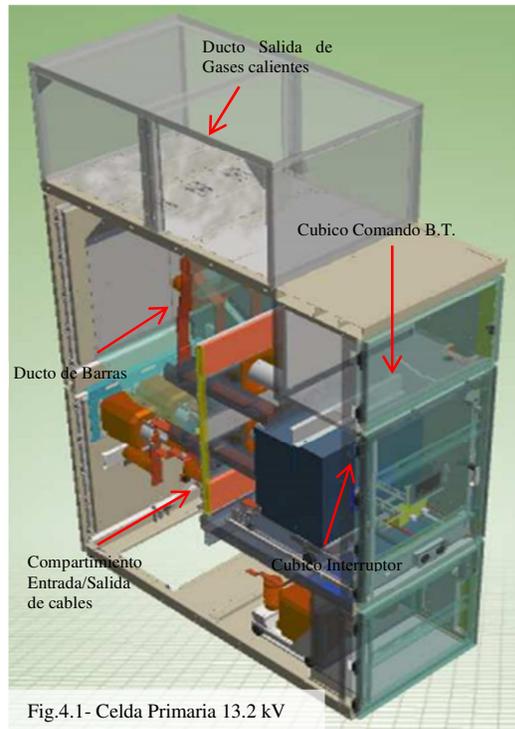
Los tableros son construidos respetando la presente especificación y los requerimientos de la norma IEC 62271-200/2003. Los mismos son modulares y extensibles en el lugar de la instalación y están compuestos por unidades funcionales como define la norma IEC 62271-200.

Cada unidad funcional es la porción independiente, auto - portante e intercambiable que contiene a los circuitos principales y auxiliares y al equipamiento que desarrolla una determinada función (entrada desde transformador, alimentador, distribuidor, etc.).

Las celdas ensambladas en fábrica, son unidas entre sí en el lugar de uso mediante tornillos y tuercas para así formar cada tablero. Interiormente están divididas en espacios metálicamente separados entre sí, de modo que en servicio normal puedan efectuarse sin riesgo las tareas de operación, inspección y mantenimiento.

Los compartimientos así formados cuentan con puertas con cierres a manija o tapas abulonadas con acceso frontal y posterior permitiendo para el primer caso el montaje de las unidades funcionales con sus zonas posteriores próximas a una pared, con la consiguiente disminución de la superficie ocupada en la obra civil. Si existe la posibilidad (según el espacio disponible) la ejecución con acceso posterior para el cúbico de conexión de conductores y al ducto de barras, es recomendable, ya que mejora considerablemente las tareas de instalación y posterior mantenimiento.

En la fig.4.1 se muestra una celda primaria donde se indica los distintos compartimientos.



#### 4.1. Compartimientos de las celdas

##### 4.1.1. Compartimiento para interruptor

Este compartimiento contiene al interruptor automático seccionable montado sobre un dispositivo con ruedas guiadas que permite realizar con facilidad las maniobras de inserción y extracción del mismo, esto se puede ver en la fig.4.2. Dichas maniobras se realizan únicamente con la puerta frontal del compartimiento en posición cerrada, para lo cual existen dispositivos de bloqueo mecánicos que impiden maniobras erróneas.



##### 4.1.2. Compartimiento de barras principales

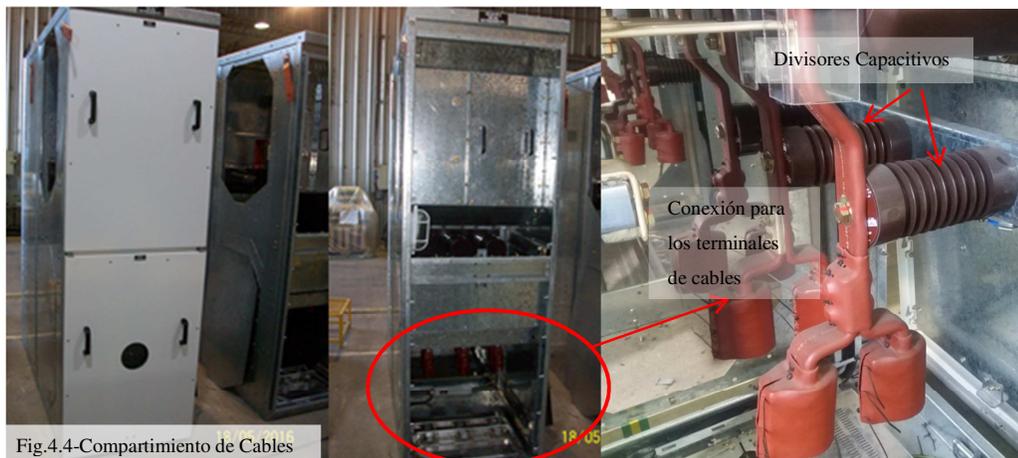
El sistema de barras principales está contenido en un recinto completamente separado del resto de los compartimientos y que se extiende a lo largo del tablero en la zona posterior - superior. Las barras se soportan por adecuados aisladores de resina epoxídica

y por las mismas conexiones de derivación vinculadas a los aisladores pasantes de resina poliéster del interruptor. Para las tareas de mantenimiento se dispone de un acceso posterior abulonado. Fig.4.3.



#### 4.1.3. Compartimiento de terminales de cables

Según el tipo de unidad funcional, el compartimiento inferior contiene los terminales para las conexiones de los cables, el seccionador de puesta a tierra, los tres divisores capacitivos de tensión y los transformadores de corriente y/o de tensión, con acceso normal posterior. También será accesible desde el frente de la unidad funcional a través de una tapa abulonada, convenientemente interbloqueadas mecánicamente con el seccionador de puesta a tierra y con el sistema de seccionamiento de los fusibles desconectables de los transformadores de tensión, si los hubiere. Las pletinas para la conexión de los cables de potencia son de cobre desnudo. Lo expresado anteriormente se puede observar en la fig.4.4.



#### 4.1.4. Compartimiento de elementos auxiliares de baja tensión

Ubicado en la parte superior del frente de la unidad funcional, alojan todos los elementos de comando, control, protección y señalización en baja tensión que se requieran. Este compartimiento está incluido en el volumen general de la celda y es accesible a través de una puerta aún con las barras y cables energizados, fig.4.5.



Fig.4.5-Cubico de Baja Tensión

#### 4.1.5. Carpintería metálica

Es la parte metálica formada por la envolvente metálica, las separaciones entre compartimientos, el circuito de potencia fijo y el circuito de tierra.

Las dimensiones de las celdas de 13.2 kV se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1-Dimensiones de las Celdas de 13.2 kV

Dimensiones	Hasta 1250A Entrada/Salida	Hasta 2500 A Entrada	Secc.B.C. 630 A S.Aux.	Ducto Remonte	Medición de Tensión
Ancho	750 mm	950 mm	950 mm	500 mm	750 mm
Profundidad	1725 mm	1725 mm	1725 mm	1725 mm	1250 mm
Alto	2300 mm	2300 mm	2300 mm	2300 mm	2300 mm

Las dimensiones de las celdas de 33 kV se especifican en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2-Dimensiones de las Celdas de 33 kV

Dimensiones	Hasta 1250 A	Secc.B.C. 630 A S.Aux.	Ducto Remonte
Ancho	1300 mm	1300 mm	800 mm
Profundidad	3200 mm	3200 mm	3200 mm
Alto	2100 mm	2100 mm	2100 mm

Las celdas están diseñadas como unidades independientes en chapa de acero doblada y reforzada a fin de constituir una estructura auto portante, mecánicamente rígida y adecuadamente ensayada contra el escape de gases generados durante el desarrollo de un eventual arco interno. Exceptuando a las partes pintadas, el resto de la estructura es construida con chapa galvanizada del tipo Z-275 y espesores de 2,1; 2,5 y 3 mm. Con este material se fabrican los laterales y los tabiques de separación de los

compartimientos de interruptor, de barras principales y de terminales de cables. No contiene ningún tipo de material aislante para estas separaciones. Las partes visibles del tablero, es decir las puertas, tapas frontales anteriores y posteriores, son de chapa de acero doble decapada de 2,5 mm de espesor adecuadamente reforzadas, posteriormente pintada. Las placas que comprenden el piso de cada celda son de chapa de acero galvanizada de 2,5 mm de espesor. Cada celda está construida con paneles y perfiles de chapa plegada, vinculadas entre sí mediante bulones de acero los que se fijan sobre tuercas remaches. En el techo de cada celda cuenta con dispositivos de alivio de sobre presiones internas. Estos flaps (fig.4.6), posibilitan el escape de los gases generados por un arco interno, a modo de complemento se adiciona al tablero un conducto metálico de escape de gases a los fines de que cumpla con los 6 criterios, establecidos en el anexo AA de la norma IEC 62271-200, durante las pruebas efectuadas en cada uno de los tres compartimientos de media tensión de las unidades funcionales. El piso de cada celda está cerrado con chapa galvanizada, y la zona de ingreso de cables es obturada con sectores desmontables en chapa de aluminio de 3 mm de espesor. En este compartimiento se instala un calefactor de baja potencia para conexión permanente a una tensión de 220 Vca, de esta manera se impide la condensación de humedad en el interior. Los circuitos de alimentación de las tensiones auxiliares son protegidos con llaves termomagnéticas de calibres adecuados. Todas las piezas de iguales características y denominación que son parte de la construcción de las celdas son intercambiables entre sí.

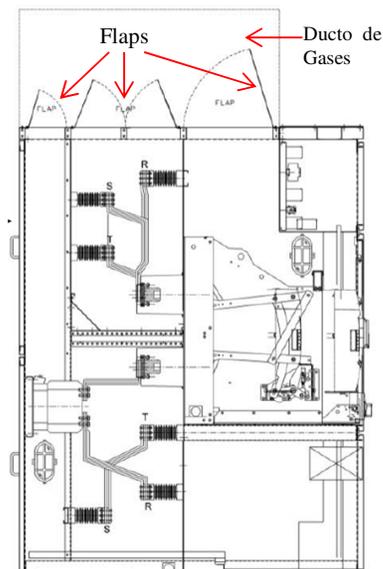


Fig.4.6-Flaps

#### **4.1.6. Protección superficial y Pintura**

Como se describe en el apartado anterior, Carpintería metálica, la mayoría de las piezas que componen cada una de las celdas, serán construidas con chapa de hierro galvanizada de 2,5 y 3 mm de espesor. El cincado de las chapas tienen un espesor promedio de 20  $\mu\text{m}$  y este proceso constituirá una protección adecuada y suficiente contra la corrosión sin requerir un tratamiento adicional.

Para las piezas que integran las partes visibles, zonas frontales y laterales se utiliza chapa de hierro doble decapada. Posteriormente son tratadas para suministrar una efectiva protección contra la corrosión y una adecuada terminación estética. A tal fin el proceso contará con las siguientes etapas:

- Desengrase y desincrustado.
- Fosfatizado y secado con aire caliente.
- Pintado final. La pintura utilizada es poliéster en polvo termo convertible, aplicada electrostáticamente sobre todas las caras de las piezas y posteriormente polimerizada a alta temperatura (180°C). El espesor final será de 40  $\mu\text{m}$  (mínimo).

#### **4.1.7. Barras de potencia y conexiones de media tensión**

Las barras de potencia estarán constituidas por planchuelas de cobre electrolítico desnudas, de canto redondeado e identificadas con círculos o cintas de colores de acuerdo a norma<sup>1</sup>. Las derivaciones para la conexión de los equipos de maniobra y para la salida de cables están previstas para su fácil y rápido desarme. La conexión de los cables de potencia se efectúa sobre planchuelas o pletinas de cobre desnudo. Las uniones entre barras principales, derivaciones y contactos fijos del circuito de potencia están realizadas con tornillos y tuercas de acero calidad 8.8, utilizando arandelas de contacto (tipo platillo cóncavo) que garantizan el mantenimiento a través del tiempo de la presión de contacto, evitando de esta manera los periódicos controles sobre los valores de torque. No se emplea ningún tipo de soldadura en las conexiones. El sistema de barras principales está formado por tramos de planchuelas de cobre de longitud modular en correspondencia con el ancho de cada celda, permitiendo un montaje sencillo y la extensión del tablero mediante el empalme con las celdas futuras.

---

<sup>1</sup> Norma IRAM 2053-2. Conductores eléctricos, aislados y desnudos: Identificación por colores o números. Año 1997.

DIMENSIONES DE BARRAS PRINCIPALES			TORQUE		
Cant. Barras	Sección (mm)	ln (A)	Ø Bulón (mm)	(N / m)	(Kg / m)
1	40x10	630	12	78,5	8,0
1	50x10	800	12	78,5	8,0
1	60x10	1000	12	78,5	8,0
1	60x12	1250	12	78,5	8,0
2	60x10	1600	12	78,5	8,0
2	80x10	2000	12	78,5	8,0

#### 4.1.8. Aisladores

Los aisladores, tanto los de tipo pasante como los soportes de los contactos fijos del circuito de potencia, son de resina poliéster reforzada o de resina epoxídica. Estos elementos aislantes soportan los ensayos dieléctricos correspondientes a su nivel de aislamiento que establece la norma IEC, ver fig.4.7.

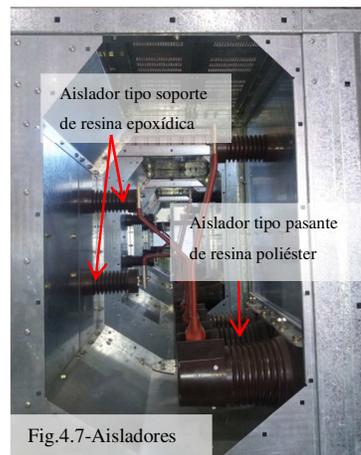


Fig.4.7-Aisladores

#### 4.1.9. Características técnicas generales de los equipos de maniobra y medición

##### 4.1.9.1. Interruptores Automáticos de Potencia

Se utilizan interruptores automáticos de vacío que responden a la norma IEC 56.

Los Interruptores con extraibilidad tanto, de las celdas de 13,2 kV como las de 33 kV, cumplen con las condiciones funcionales según Norma<sup>2</sup>. El interruptor podrá encontrarse en tres posiciones básicas, totalmente extraído de la celda, en la posición "seccionado", y en la posición "conectado" o en servicio.

El interruptor solo se podrá insertar o seccionar si sus contactos principales están abiertos, disponiendo a tales fines con enclavamientos propios respecto a la extraibilidad y otros que condicionen las funciones del resto de elementos de

<sup>2</sup> Norma IEC 62271-100. Interruptores Automático para Alta Tensión en Corriente Alterna.

accionamiento. La maniobra de los interruptores se realiza a puerta cerrada desde el frente de cada unidad, evitando todo contacto accidental con tensión y garantizando la seguridad del personal frente a una falla interna. El interruptor puede ser introducido, extraído y maniobrado por un solo operario con total seguridad personal. Los interruptores tienen un mecanismo de comando por resorte precargado a mano o a motor eléctrico de tensión auxiliar a definir y con maniobra de apertura y cierre mecánico en el frente del mismo y eléctrico a distancia. Con la puerta del compartimiento cerrada es factible la apertura mecánica desde el frente y, mediante señal eléctrica, el cierre y apertura del interruptor tanto local como a distancia. El mecanismo de accionamiento es tal que una vez abierto el interruptor se conecta automáticamente el motor hasta lograr la máxima tensión mecánica del mismo. El frente de cada interruptor dispone de una señalización mecánica que indica la posición de contactos abiertos o cerrados, como así también un indicador mecánico de "resorte cargado" y "resorte descargado". Todos los enclavamientos son puramente mecánicos. Cuentan con contactos auxiliares para la señalización a distancia de la posición del interruptor y del estado abierto o cerrado del mismo. El interruptor o el sistema de inserción y extracción cuentan con un dispositivo de fijación o bloqueo en la posición en "servicio" o "seccionado" para evitar el desplazamiento en condiciones normales de funcionamiento. El interruptor está montado sobre un carro o bastidor con un sistema de rodamientos horizontales para el desplazamiento del mismo dentro del compartimiento. Aquellos equipos de iguales características son intercambiables entre sí. Para el manipuleo de los interruptores, es decir: extracción o instalación de un interruptor en su compartimiento, se utiliza un dispositivo externo para su extracción y/o traslado.

La celda provee un sistema de traba del dispositivo de extracción para evitar la posibilidad de riesgo físico para el operador, además, el dispositivo cuenta con los bloqueos para que el interruptor seccionable quede sólidamente retenido en el mismo. El sistema de obturación, está diseñado para cerrar completamente los orificios de introducción de los contactos móviles en los recintos de conexión a las barras y a las salidas. Dicho obturador se cierra automáticamente por medio de un mecanismo que asegura su efectivo desplazamiento al moverse el interruptor de la posición "en servicio" a la posición "seccionado" y está constituido por dos pantallas o cortinas metálicas puestas a tierra. Al desplazarse el interruptor de la posición "seccionado" a la

posición "en servicio", se desplazan las pantallas o cortinas, las que permiten el paso de los contactos móviles hacia la posición "conectado". Al iniciarse la maniobra de inserción mediante una barra de cobre (Cu) continua que hace contacto en una lengüeta del interruptor, garantiza la puesta a tierra del mismo. Una vez conectada la ficha de los circuitos auxiliares y efectuando el cierre de la puerta, podrá realizarse la maniobra de inserción, en el frente de las puertas se tiene carteles indicativos para realizar las maniobras, esto se ve en la fig.4.8. El sistema cuenta con un enclavamiento que impide el desplazamiento del interruptor a la posición de "servicio" con la puerta cerrada, si es que no se ha conectado con anterioridad la ficha de los circuitos auxiliares. Cuando el interruptor se encuentra en la posición "seccionado" apto para ensayos, permanecen conectados los circuitos auxiliares. En tales condiciones es posible realizar maniobras de cierre y apertura sin que los contactos de potencia se encuentren conectados, esto permite el control de los circuitos auxiliares. En la fig.4.9 se muestra el interruptor y mecanismos.

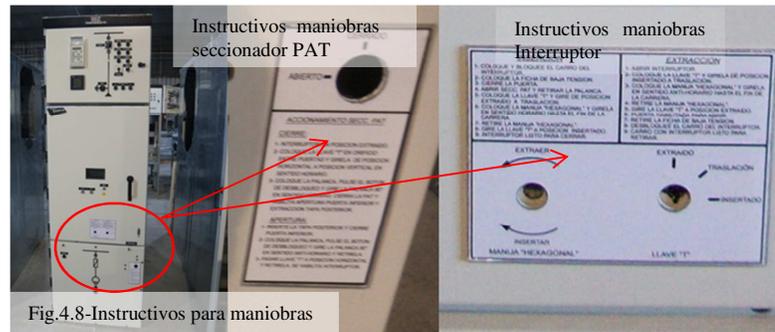


Fig.4.8-Instructivos para maniobras

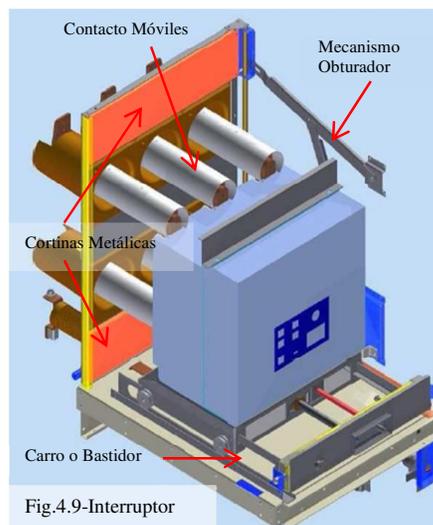


Fig.4.9-Interruptor

#### 4.1.9.2. Transformadores de intensidad

Son del tipo para uso interior, en aislación seca de resina epoxídica y responden a la norma IEC 185. Están ubicados en el compartimiento de terminales de cables sobre una bandeja soporte vinculada a la estructura en la cara posterior de la celda. Los transformadores de corriente tienen el mismo nivel de aislamiento y resisten la misma corriente de corta duración que el tablero, fig.4.10.



Fig.4.10-Transformadores de Intensidad 13.2 kV

#### 4.1.9.3. Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión cumplen con la norma IEC 186, son monofásicos del tipo para uso interior, en aislación seca de resina epoxídica y para conexión entre fase y tierra. Los transformadores de tensión resisten los mismos valores de tensión aplicada y de impulso que el tablero. Están ubicados en el compartimiento de terminales de cables sobre un cubicle extraíble. Este último cuenta con un mecanismo de seccionamiento que actúa simultáneamente sobre los tres fusibles de protección. El mecanismo se completa con un bloqueo puramente mecánico con la tapa frontal abulonada, necesario para que las operaciones sean realizadas sin riesgo para el operador. También es factible la extracción completa del cubicle que contiene a los transformadores, a los fusibles y al mecanismo de operación. De esta manera se facilitan las tareas de inspección, reemplazo de los transformadores y mantenimiento del conjunto, ver fig.4.11.

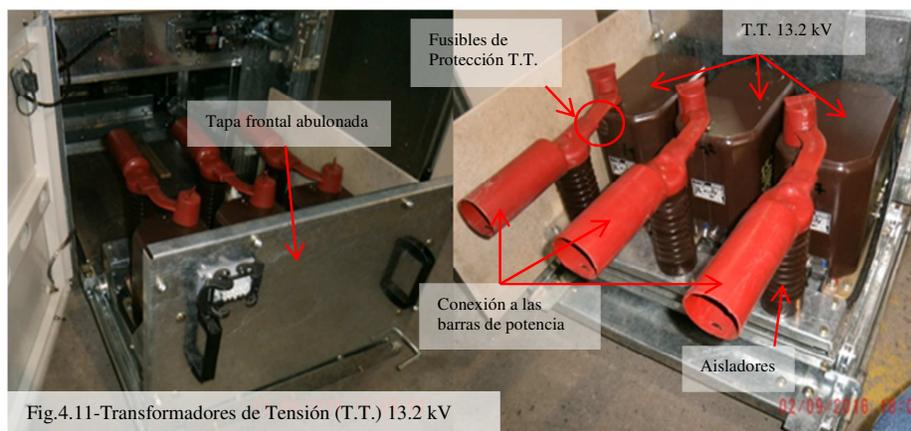


Fig.4.11-Transformadores de Tensión (T.T.) 13.2 kV

#### 4.1.9.4. Seccionadores bajo carga

Las unidades funcionales previstas para la protección de transformadores de servicios auxiliares o transformadores de rebaje para distribución secundaria, están equipadas con seccionadores bajo carga asociados a fusibles de alta capacidad de ruptura, lo que se puede ver en la fig.4.12. Los seccionadores bajo carga, pueden ser accionados manualmente desde el frente de la celda y, se abren automáticamente en caso de fusión de un fusible.

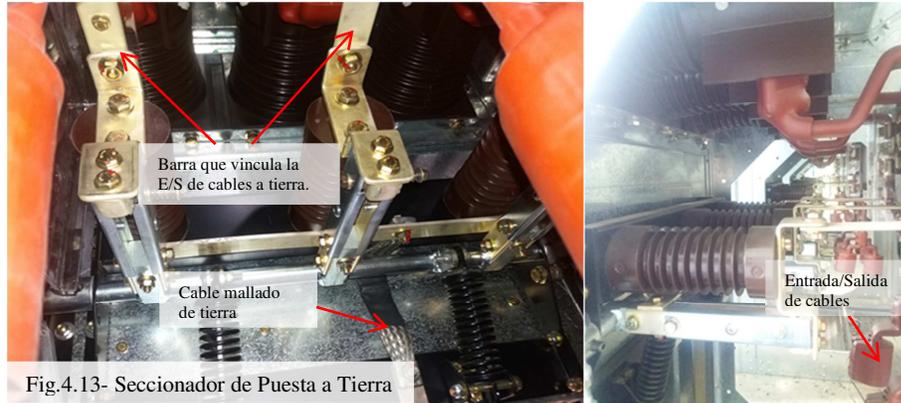
El comando de accionamiento, puede contar con motor para la precarga de resortes, relé de cierre y relé de apertura que permiten la maniobra remota. Así mismo, están equipados con 3 indicadores luminosos de presencia de tensión, que son alimentados por los correspondientes aisladores capacitivos vinculados a los terminales de cables de potencia. La potencia de cortocircuito que soporta la combinación seccionador – fusibles es de 450 MVA, tanto en 13.2 kV como en 33 kV, y responden a la norma IEC 420.



#### 4.1.9.5. Seccionador de Puesta a Tierra.

Los cables de media tensión, son puestos a tierra por medio del seccionador correspondiente. El mecanismo de operación del seccionador de puesta a tierra, es para comando manual, con cierre rápido e independiente de la voluntad del operador. La maniobra se realiza desde el frente de la celda por medio de manivela o palanca. El seccionador de puesta a tierra tiene completa capacidad de cierre (2,5 veces la corriente térmica de cortocircuito correspondiente a las celdas) de acuerdo con la norma IEC 129.

Posee enclavamiento mecánico y/o electromecánico con el estado del interruptor y puerta posterior, condicionando las operaciones y acceso a cúbico de cables. En la fig.4.13 se puede ver el seccionado de puesta a tierra en la posición cerrado.



#### 4.1.9.6. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra, está constituido por un colector principal de planchuela de cobre electrolítico de sección no inferior a  $200 \text{ mm}^2$ , como se puede observar en la fig.4.14, que se ubica en la parte inferior de cada celda y corre a lo largo de todo el tablero. Una platina ubicada en el lateral del tablero permite su conexión al sistema general de puesta a tierra de la estación o sala de tableros. El colector principal de puesta a tierra se verifica de acuerdo a la norma IEC 62271-200 respecto a su resistencia a la corriente de corto circuito. Todas las partes metálicas de cada unidad funcional, son conectadas al colector principal, por continuidad de los componentes metálicos (estructura, perfiles, paneles, etc.) o, por medio de colectores secundarios hechos de cobre.

Del sistema de puesta a tierra parten derivaciones a los siguientes elementos: neutro de los transformadores de tensión, los bornes de los secundarios de los transformadores de tensión no protegidos por fusibles, las masas metálicas, los blindajes de cables, etc. En ningún caso se realizan las conexiones en serie de dos o más elementos para la puesta a tierra. Las puertas o paneles con bisagras que soporten equipo auxiliar de maniobra, medición y/o protección, se conectan a tierra mediante trenza flexible de cobre estañado de sección no inferior a  $6 \text{ mm}^2$ .



Fig.4.14-Parte del Sistema de Puesta a Tierra

#### 4.1.10. Enclavamientos

Todos los enclavamientos vinculados con el interruptor, las puertas o paneles frontales, el seccionador de puesta a tierra, etc., son ajustados en fábrica. La maniobra del tablero es segura y sencilla mediante la agrupación de todos los mecanismos de comando y de los accesos en el frente del mismo. No se requiere el acceso por la parte posterior para la instalación, como así tampoco para su accionamiento. En general, el diseño de los enclavamientos e ínter bloqueos evita la ejecución de maniobras equivocadas. Es decir, los mismos impiden el acceso de palancas o manijas de accionamiento a los alojamientos de comando. Los enclavamientos son los siguientes:

- 1- El interruptor puede insertarse solo con la puerta cerrada y la ficha de tensión auxiliar conectada. Una vez que comenzó el recorrido de inserción y hasta que no se complete el recorrido de extracción, no es posible abrir la puerta del compartimiento del interruptor. Es decir, que la puerta se puede cerrar en primer lugar y luego abrir, únicamente con el interruptor *extraído completamente*.
- 2- El interruptor no puede insertarse con el accionamiento de Puesta a Tierra Cerrado.
- 3- El interruptor no puede insertarse con la tapa del compartimiento de cables Abierta. Este es un enclavamiento indirecto realizado eléctricamente con el accionamiento de Puesta a Tierra.
- 4- No es posible abrir la tapa del compartimiento de cables con el seccionador de puesta tierra abierta. Debe ejecutarse con el seccionador de puesta a tierra cerrado. Para volver a cerrar la tapa del compartimiento de cables, debe estar cerrado el seccionador de puesta a tierra, independientemente de que la puerta abierta pueda accionarse libremente.
- 5- Por bloqueos propios, el interruptor no puede ser insertado sin que la ficha de tensión auxiliar se encuentre completamente conectada, como se ve en la fig.4.15. Esto debe

hacerse a puerta abierta. Una vez iniciada la inserción, cualquiera sea la posición del carro, no es posible acceder y desconectar esta ficha, hasta tanto no se complete la extracción del Interruptor.



- 6- Por bloqueos propios, no es posible introducir el interruptor estando cerrado, así como tampoco es posible generar un cierre en alguna posición intermedia. Solo puede cerrarse en los estados de Insertados Totalmente o Extraídos Totalmente (Condición de Prueba).
- 7- Para la condición de Interruptor Extraído, es posible enclavar el accionamiento de cortinas obturadoras de contactos fijos del interruptor, mediante el empleo de candados o multiplicador de candados.
- 8- El sistema de enclavamiento propio del interruptor admite para la posición de Extraído en estado de prueba, el bloqueo, impidiendo la inserción del Interruptor y admitiendo realizar las maniobras de prueba y cerrar la puerta de cúbico para este estado.

Los interruptores solo pueden desplazarse a la posición de “seccionado” o introducirse a la posición de “servicio” si el circuito de sus contactos principales se encuentra abierto. No es posible: operar el interruptor en posiciones intermedias, entre “servicio” y “seccionado”, insertar el interruptor sin la ficha de los circuitos auxiliares conectada, realizar la maniobra de inserción del interruptor con la puerta del compartimiento abierta, seccionar al interruptor con la puerta del compartimiento abierta, abrir la puerta del compartimiento con el interruptor en posición de “servicio”, insertar el interruptor con el seccionador de puesta a tierra cerrado, insertar el interruptor solo si las tapas posteriores están correctamente colocadas, extraer al interruptor de su compartimiento con la ficha conectada, desconectar la ficha de los circuitos auxiliares con el interruptor en posición de “servicio”.

#### 4.1.10.1. Cortinas del compartimiento para interruptor

Las cortinas obturadoras, fig.4.16, de los circuitos de potencia se accionan automáticamente a partir de que los brazos del interruptor hayan salido totalmente de los recintos de los contactos fijos de barras y de salida de línea. El movimiento del interruptor provoca el cierre o la apertura de dichas cortinas según se trate de la maniobra de seccionamiento o de la maniobra de inserción.



#### 4.1.10.2. Panel o paneles de acceso al compartimiento de terminales de cables

Los paneles de acceso solo pueden desmontarse cuando el interruptor se encuentre en la posición de "seccionado". En el caso de unidades funcionales equipadas con seccionadores de puesta a tierra, estos últimos se deben encontrar en posición cerrado para posibilitar la extracción del panel de acceso frontal y posterior.

#### 4.1.10.3. Seccionadores de puesta a tierra

Un bloqueo mecánico evita la operación del seccionador de puesta a tierra si el interruptor se encuentra en la posición de "servicio" o en posiciones intermedias o la puerta posterior abierta.

#### 4.1.11. Señalización de presencia de tensión

En el frente de cada unidad funcional, se encuentran tres indicadores luminosos con lámparas de neón, como se observa en la fig.4.17, alimentados por divisores capacitivos. Estos indicadores de presencia de tensión (uno por fase) son de actuación permanente y están ubicados en la proximidad del mecanismo de operación del seccionador de tierra, de esta manera, informan al operador si los cables están energizados. Tienen la posibilidad de ser verificados con aparatos de medición comunes (tester), para comprobar su correcto funcionamiento.

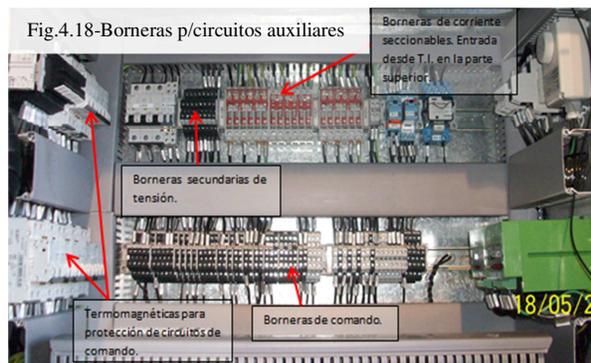


#### 4.1.12. Cableado de baja tensión

Todas las conexiones correspondientes a los circuitos de control, comando, protección y señalización de los equipos y aparatos instalados en las celdas, se ejecutan con conductores flexibles de cobre electrolítico con aislación apta para 1000 V de material auto extingible. La sección de los cables es de 4 mm<sup>2</sup> para los circuitos amperométricos, de 2,5 mm<sup>2</sup> para los circuitos voltimétricos y de 1,5 mm<sup>2</sup> para los cableados de control. Cada conductor está identificado en sus extremos para facilitar su localización y seguimiento durante las operaciones de mantenimiento. Los circuitos de baja tensión que se encuentren en el interior de los recintos de media tensión se protegen mecánicamente en todo su recorrido por medio de canales metálicos que garantizan comodidad para su montaje, y en lugares donde no es posible colocar canales metálicos están realizados con caños metálicos flexibles con protección de material plástico.

#### 4.1.13. Borneras para circuitos auxiliares

Cada unidad funcional cuenta con regletas de bornes, esto se muestra en la fig.4.18, ubicadas en el compartimiento de baja tensión o en el canal situado en el techo de cada celda, de manera tal que su acceso sea directo, aún con el tablero en servicio. La entrada de los cables auxiliares externos está realizada a través del piso de cada unidad funcional o por cualquiera de los extremos del tablero, canalizándose en este último caso por los cables-canales superiores. Se usan bornes de poliamida componibles de dimensiones adecuadas para facilitar la conexión de los cables, los que son montados sobre un riel DIN.



## 5. ENSAYOS DE RUTINA Y DE TIPOS

### 5.1. Ensayos de Rutina.

#### 5.1.1. Generalidades

Los ensayos de rutina serán efectuados en fábrica, para lo cual se dispondrá de un Laboratorio para Ensayos de “Rutina” y de “Tipo” de calentamiento en celdas de M.T., del material, equipos y el personal necesario para la realización de los mismos.

Los ensayos de rutina descriptos a continuación se realizarán sobre todos los tableros transportables con el propósito de detectar posibles defectos en el material y/o en la fabricación. Estos ensayos y verificaciones comprenden:

- Ensayo de tensión en seco, a frecuencia industrial sobre el circuito principal.
- Ensayos de tensión sobre el circuito auxiliar.
- Medición de la resistencia del circuito principal.
- Ensayos de funcionamiento mecánico.
- Ensayos de dispositivos auxiliares eléctricos.
- Verificación de que el cableado sea correcto.
- Verificación de la intercambiabilidad de todos los componentes de características y construcciones iguales que puedan necesitar su reemplazo.

Los resultados de estos ensayos se anotarán en protocolos emitidos por el grupo de control de calidad una vez finalizadas las pruebas con la inspección.

##### 5.1.1.1. Ensayos de tensión en seco a frecuencia industrial sobre el circuito principal

Este ensayo se realizará en condiciones limpias y secas de acuerdo con la norma IRAM 2195<sup>3</sup>.

Tales ensayos se efectúan con la tensión indicada en la tabla III de la norma IRAM 2195, pero puede limitarse a una aplicación de tensión en la sucesión de conductores de línea (fase) del circuito principal, con los otros conductores de línea (fase) conectados a

---

<sup>3</sup> Norma IRAM 2195. Tableros Eléctricos de Maniobra y de Comando Bajo Cubierta Metálica. Julio 1986.

tierra y asegurada la continuidad, por ejemplo, por el cierre de un dispositivo de conexión.

Nota: A solicitud especial del cliente, los ensayos dieléctricos pueden repetirse con tensión reducida según lo indicado al efecto en la norma IRAM 2195.

#### **5.1.1.2. Ensayos de tensión sobre los circuitos auxiliares**

Estos ensayos se efectuarán en las mismas condiciones prescriptas en el punto 25.6 de los ensayos tipo descritos por la norma IRAM 2200<sup>4</sup>.

#### **5.1.1.3. Medición de la resistencia del circuito principal**

La caída de tensión en corriente continua, o la resistencia de cada fase del circuito principal se mide en las condiciones lo más similares posibles a aquellas bajo las que fue realizado el ensayo de tipo correspondiente.

#### **5.1.1.4. Ensayos de funcionamiento mecánico**

Los ensayos de funcionamiento mecánico se realizan para asegurar que los dispositivos de conexión y las partes removibles cumplan con las condiciones de funcionamiento prescriptos y que los enclavamientos mecánicos trabajen apropiadamente. Durante estos ensayos, que se efectúan sin tensión ni corriente en el circuito principal, se debe verificar, en particular, que los dispositivos de conexión abran o cierren dentro de los límites especificados de la tensión de alimentación.

Cada dispositivo de conexión y cada parte amovible se, ensayarán según lo especificado en el punto 29 correspondiente a ensayos tipos descrito por la norma IRAM 2200, pero efectuando 5 operaciones solamente.

Los ensayos se consideran satisfactorios si los dispositivos auxiliares operan apropiadamente, si estos están en buenas condiciones de funcionamiento después de los ensayos y si la fuerza para operarlos es prácticamente la misma antes y después de los ensayos.

---

<sup>4</sup> Norma IRAM 2200. Tableros Eléctricos de Maniobra y Comando Bajo Cubierta Metálica. Junio 1985.

#### **5.1.1.5. Ensayos de los dispositivos auxiliares eléctricos**

Los enclavamientos eléctricos, con una secuencia de maniobra predeterminada se ensayan diez veces de acuerdo con esta secuencia, en las condiciones establecidas de uso y funcionamiento y con los valores límites más desfavorables de energía auxiliar. Durante el ensayo, no se debe realizar ningún ajuste.

#### **5.1.1.6. Verificación del cableado**

Se verificará que el cableado esté conforme con el esquema de conexiones internas. Esta verificación se podrá realizar por control de la continuidad de los circuitos y/o por la comprobación funcional con las simulaciones que sean requeridas.

### **5.2. Requisitos para la adquisición de una celda**

#### **5.2.1. Información necesaria para la orden de compra**

En la orden de compra de un equipo, se indicarán las informaciones siguientes:

- Características de la red: tensiones nominales y máximas, potencia de cortocircuito, frecuencia, número de fases y detalles de puesta a tierra del neutro.
- Condiciones de servicio incluyendo las temperaturas máxima y mínima del aire si existe desviación de los valores normales; altitud si excede los 1000 m; y toda condición especial susceptibles de existir o de producirse, por ejemplo exposición inusual al humo o vapor, humedad, gases, gases explosivos, polvo excesivo en el aire y sus características, peligro de temblores de tierra u otra evaluación debidas a causas externas al equipo.

#### **5.2.1.1. Características de la instalación completa y de sus componentes**

- Instalación interior o exterior.
- Número de fases.
- Número de sistemas de barras colectoras.
- Tensión nominal.
- Nivel nominal de aislación.
- Frecuencia nominal.
- Corriente nominal de servicio de las barras colectoras o de los circuitos de alimentación.
- Corriente nominal resistida de corta duración.

- Duración nominal de cortocircuito.
- Corriente nominal de cresta de cortocircuito.
- Valores normales de los componentes incluidos (es decir, interruptores, seccionadores, fusibles, transformadores de medición, etc.).
- Grados nominales de protección para las tapas y divisiones.
- Esquemas de circuito.
- Ensayos a efectuar: de rutina y de tipo según normas.

#### **5.2.1.2. Características de los mecanismos de operación y de equipamientos asociados**

- Tipo de dispositivos de operación.
- Tensión nominal de alimentación.
- Frecuencia nominal de alimentación.
- Requisitos especiales de enclavamientos.
- Requisitos para el diseño.

#### **5.2.1.3. Informes que debe brindar el fabricante**

La información siguiente será dada por el fabricante con la descripción y planos:

- Valores nominales y características.
- Certificados o informes de ensayos de tipo (a pedido del cliente).
- Detalles constructivos, como por ejemplo: peso, dimensiones del tablero y disposición de las conexiones externas, etc.
- Condiciones requeridas para el transporte e instalación.
- Elementos provistos para el montaje.
- Información general relativa a la operación y mantenimiento.

Las características eléctricas de las celdas de M.T. fabricadas por Proyección Electroluz se indican en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1- Características Eléctricas de las Celdas

Características Eléctricas de las celdas de Proyección Electroluz		
	Celda 13,2KV	Celda 33KV
Interruptor de Potencia	2500A	1250A
Tensión Nominal	3 x 13,2KV	3 x 33KV
Tensión Máxima	3 x 15KV	3 x 36KV
Frecuencia	50Hz / 60Hz	50Hz / 60Hz
Nivel de Aislamiento	38KV - 1min.	70KV - 1min.
Corriente Nominal barras	2500A	1250A
Corriente Corta duración	25KA	16KA
Conexión Neutro	Rígido a Tierra	Rígido a Tierra
Tipo de Compartimiento	Blindada	Blindada
Compartimiento en caso de falla	A prueba de Arco Interno	A prueba de Arco Interno
Accesibilidad (IEC)	Tipo A	Tipo A
Grado de Protección	IP4x / 2x	IP4x / 2x
Altitud de instalación	1000Mts S.N.M.	1000Mts S.N.M.

#### 5.2.1.4. Mecanismos de operación y equipamiento asociado

- Tipos de mecanismos de operación.
- Tensión nominal de alimentación.
- Corriente requerida para la operación.

#### 5.2.1.5. Placa característica

El equipo y todos sus componentes y dispositivos de operación estarán provistos de una placa de características, como el de la fig.5.1, la cual llevará marcadas en forma indeleble y legible, además de lo que establezcan las disposiciones legales vigentes, las indicaciones siguientes;

- El nombre del fabricante o marca registrada.
- Designación del tipo y número de serie.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Nivel nominal de aislación.
- Frecuencia nominal.
- Corriente nominal de servicio para las barras colectoras y para los circuitos de alimentación.
- Corriente nominal resistida de corta duración.
- Tensiones nominales de los circuitos auxiliares.
- El Sello IRAM cuando el fabricante ha obtenido el derecho a usarlo.



Fig.5.1-Placa Característica de la Celda

### **5.3. Reglas para el transporte, instalación y mantenimiento**

#### **5.3.1. Generalidades**

Es esencial que la instalación del equipo, así como su mantenimiento en servicio, se efectúe de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante. Consecuentemente, el mismo proveerá las instrucciones para el montaje y mantenimiento del equipamiento.

##### **5.3.1.1. Condiciones durante el transporte y almacenamiento**

Puede efectuarse un convenio previo si las condiciones de temperatura y humedad no pueden ser garantizadas durante el transporte y almacenamiento, por lo que será necesario tomar precauciones especiales para la protección de la aislación durante el transporte y almacenamiento para evitar la absorción de humedad debida por ejemplo: a lluvia, nieve o condensación. El fabricante dará las instrucciones apropiadas.

##### **5.3.1.2. Montaje**

Para cada equipo de maniobra y de comando bajo cubierta metálica, las instrucciones provistas por el fabricante incluirán al menos las indicaciones siguientes:

- Directivas para el desembalaje y manutención a fin de prevenir cualquier deterioro.
- Cuando el equipo es desmontado para el transporte todas las partes desmontadas deben marcarse claramente. Las instrucciones para el montaje del equipo incluirán los detalles de ubicación y fundaciones e indicación de la masa de la parte más pesada a ser levantada separadamente.
- Las instrucciones para la inspección y ensayo que deben efectuarse después de la instalación final del tablero.

##### **5.3.1.3. Mantenimiento**

El fabricante debe dar la información concerniente a las medidas de mantenimiento por observar en las condiciones normales de servicio. Es conveniente que el fabricante indique el tiempo aproximado para efectuar el mantenimiento a las diferentes partes de la celda.

Esta información puede concernir a la inspección, ajuste y renovación de contactos, la medición de la resistencia de los circuitos principales, la información concerniente a las tolerancias de duración de apertura y de cierre.

Para el equipamiento auxiliar, se deberá informar acerca de la verificación de bobinas, dispositivos de bloqueo, calefactores, y conexiones. Las recomendaciones para los métodos de limpieza y el uso de aceites lubricantes y grasas, serán tan necesarias como una lista de piezas de repuesto y de materiales que serán guardadas en existencia por el usuario.

#### **5.4. Ensayos de Tipos**

Los ensayos de tipos descritos a continuación, tienen por objetivos, verificar las características de los equipo de maniobra y comando bajo cubierta metálica, de sus dispositivos de maniobra y de su equipamiento auxiliar.

Estos ensayos se realizan sobre un prototipo representativo de un tablero o equipo. No siempre es posible someter a estos ensayos de tipo todas las disposiciones previstas de los equipos de maniobra y de comando bajo cubierta metálica, teniendo en cuenta la multiplicidad de tipos, características y combinación de componentes. Por lo que las características de una disposición dada podrán, entonces, deducirse de los resultados de todos los ensayos de tipo que se anotaran en los protocolos conteniendo los datos necesarios para comprobar la conformidad según norma.

##### **5.4.1. Ensayos de tipos normales**

- Ensayos para verificar el nivel de aislación del tablero incluyendo los ensayos de tensión a frecuencia industrial para el equipamiento auxiliar.
- Ensayos para verificar el calentamiento de cualquier parte del tablero.
- Ensayos para verificar las aptitudes del circuito principal y el de puesta a tierra para soportar la corriente nominal resistida de cresta y la corriente nominal resistida de corta duración.
- Ensayos para verificar la capacidad de cierre y apertura de los dispositivos de conexión incluidos en el circuito principal.
- Ensayo para verificar el funcionamiento satisfactorio de los dispositivos de conexión y de sus partes móviles.
- Ensayos para verificar el grado de protección del tablero.
- Verificación de la correcta ejecución del cableado.

### **5.4.2. Ensayos de tipo ha pedido especial del Usuario**

Los siguientes ensayos tienen por objetivo, verificar la protección del personal contra efectos eléctricos peligrosos.

#### **5.4.2.1. Ensayos dieléctricos**

- Ensayos de impulso y de frecuencia industrial.  
Dada la gran variedad de modelos, no es posible especificar de manera detallada los ensayos a los que se someterá el circuito principal, pero en principio, comprenderán los que se indican a continuación:
- ✓ A tierra y entre fases; los ensayos se aplicaran de acuerdo con lo prescripto en la norma IRAM 2195. Se aplicara en el lugar más desfavorable, sobre el lado accesible de las cortinas, divisiones y ventanas de inspección de material aislante, una hoja metálica de superficie circular o cuadrada, tan grande como sea posible pero sin exceder de 100 cm<sup>2</sup>, puesta a tierra. En caso de duda sobre el lugar más desfavorable, el ensayo debe repetirse con la hoja aplicada en lugares diferentes.

Los ensayos se harán, en cualquier caso, con todos los aparatos de conexión cerrados y en posición de servicio. Se tomara especial atención sobre la posibilidad de que pueda darse un campo eléctrico más desfavorable cuando los aparatos de conexión están en posición de seccionamiento, de separación o de puesta a tierra. En este caso, los ensayos deben repetirse en condiciones menos favorable. Para estos ensayos, las cajas terminales de cables ubicadas, si es necesario, en las configuraciones más severas, los transformadores de corriente y, cualquier disparador primario de sobreintensidad, se instalaran como en uso normal.

Cuando el tablero contenga cortinas de material aislante, deberá hacerse un ensayo complementario con las partes amovibles en posición extraído, estando las cortinas recubiertas con las hojas metálicas antes especificadas puestas a tierra. Cuando el equipo de maniobra de comando contenga divisiones de material aislante, la disposición del ensayo y la aplicación de las hojas metálicas especificadas puestas a tierra, tendrán en cuenta la accesibilidad que se requiere para la operación o el mantenimiento.

- ✓ Distancia de seccionamiento.

Se entiende como la distancia entre las dos partes conductoras del circuito principal prevista para conectarse por intermedio de un aparato de conexión seccionable. Si en la posición de seccionamiento, se interpone una cortina metálica puesta a tierra con el objetivo de asegurar la separación entre contactos fijos y móviles que se corresponden, la distancia que las separa no debe considerarse como distancia de seccionamiento.

A la distancia entre partes bajo tensión y las cortinas metálicas puestas a tierra, se la someterá a ensayos con los valores de tensión a tierra previstos. La tensión de ensayo a aplicarse a cada distancia de seccionamiento del circuitito principal está indicada en la norma IRAM 2195 tablas III y IV B en la columna titulada “entre contactos abiertos de seccionadores”.

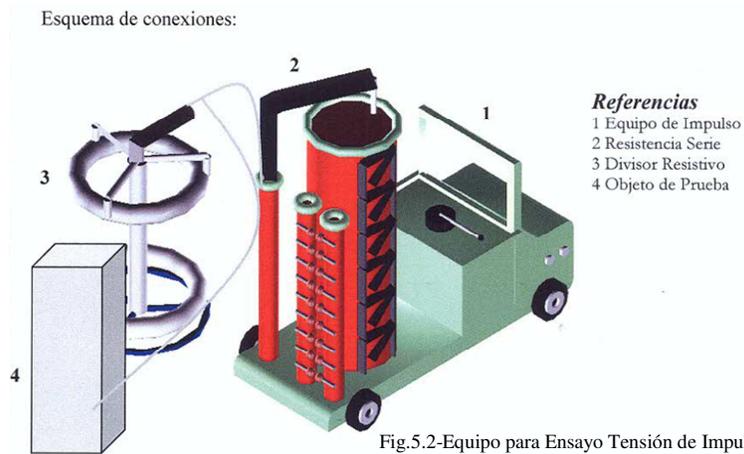
Las tensiones especificadas, en las tablas mencionadas en el párrafo anterior, se aplicaran al circuito principal de las partes seccionables de la siguiente forma:

- ✓ Si es accesible: la tensión se aplica entre los contactos móviles y fijos que se correspondan.
- ✓ Si es no accesible: la tensión se aplica entre los contactos fijos que corresponden a ambos lados del aparato de conexión, estando este en posición cerrado.

La aislación entre las partes bajo tensión del circuito principal y las divisiones, cortinas o ventanas de material aislante, se someterá a una tensión de ensayo de frecuencia industrial, igual al 150% de la tensión nominal durante 1 min. Se cubrirán con una hoja metálica puesta a tierra, las cortinas, divisiones o ventanas de inspección, que estén en frente de aquellas partes bajo tensión.

#### **5.4.2.2. Ensayo de tensión de impulso del tipo atmosférico en seco**

El mismo se especifica en la norma IRAM 2 195. En la fig.5.2, se muestra el equipo y conexionado para el ensayo de tension de impulso.



### 5.4.2.3. Ensayo de tensión a frecuencia industrial sobre el circuito principal

El tablero se someterá durante 1 minuto, a los ensayos de tensión resistida a frecuencia industrial en condiciones como se especifica más adelante. Los transformadores de tensión o de potencia pueden ser reemplazados por réplicas que reproduzcan la configuración del campo de las conexiones de alta tensión. Los dispositivos de protección contra sobretensiones pueden desconectarse o quitarse. La tensión de ensayo tendrá aproximadamente una forma senoidal, de valor de cresta igual a  $\sqrt{2}$  veces el valor especificado, con una frecuencia de 50 Hz y se medirá según la norma IRÁM 2280<sup>5</sup> - Pate II “Procedimiento de ensayo”.

La fuente de tensión (transformador equipado con un dispositivo de regulación de tensión) debe tener una corriente de cortocircuito no menor de 0,2 A. Se admite verificar la magnitud de esa corriente con la décima parte, aproximadamente de la tensión especificada. Durante los ensayos, un borne del transformador de ensayo debe conectarse a tierra y a la estructura del equipo, el punto medio de la fuente de tensión, esto es, para evitar que la tensión entre una de las partes bajo tensión y la cubierta exceda la tensión especificada.

De no contar con un punto intermedio el borne del transformador de ensayo se puede, por convenio previo, conectarse a tierra y a la estructura metálica o si fuera necesario aislarse de tierra.

<sup>5</sup> Norma IRAM 2280-2. Técnicas de ensayo con Alta Tensión. Parte2: Sistema de Medición. Año 1998.

La tensión de ensayo debe elevarse rápidamente hasta el 75 % aproximadamente, de la tensión especificada y luego, se aumenta en forma creciente en un 2 % del valor máximo por segundo (ver norma IRAM 2280 - Parte II). La tensión de ensayo especificada se mantiene durante 1 min. *Si se producen descargas disruptivas se considera que el equipo no cumple con el ensayo.*

#### **5.4.2.4. Ensayos de tensión sobre los circuitos auxiliares**

Todos los circuitos auxiliares de un equipo de maniobra y de comando bajo cubierta metálica, se someterán a los ensayos de tensión resistida a frecuencia industrial entre todas las partes bajo tensión de los circuitos auxiliares y la cubierta.

Las partes bajo tensión de los circuitos auxiliares pueden interconectarse para simplificar el ensayo. La duración del mismo será de 1 min.

Para los circuitos auxiliares el valor eficaz de la tensión de ensayo será el indicado en la norma IRAM 2195.

Los circuitos auxiliares del tablero cumplirán con el ensayo si no se producen descargas disruptivas durante el mismo.

Cuando la tensión de ensayo de componentes utilizados en los circuitos auxiliares es menor a la tensión de ensayo antes especificada, los mismos podrán desconectarse del circuito. Estos componentes desconectados, deberán ser ensayados de acuerdo con la norma IRAM<sup>6</sup> correspondiente.

Los secundarios de los transformadores de corriente serán cortocircuitados y desconectados de tierra. Los secundarios de los transformadores de tensión serán desconectados.

#### **5.4.2.5. Ensayo de corriente de corta duración sobre el circuito principal**

Los circuitos principales de un equipo de maniobra y de comando bajo cubierta metálica se ensayarán para verificar su capacidad de soportar la corriente nominal de corta duración y la corriente nominal de cresta resistida bajo las condiciones previstas de

---

<sup>6</sup> Norma IRAM 2195. Tableros Eléctricos de Maniobra y de Comando Bajo Cubierta Metálica, Tabla I. Año 1986.

instalación y uso. Es decir, se ensayarán como si estuvieran instalados en el equipo con todas las partes que pueden influir en su comportamiento o modificar la corriente de cortocircuito y teniendo en cuenta las normas que deben cumplir los dispositivos de conexión principales incluidos en los circuitos considerados. En el caso de que hubiera transformadores de corriente y dispositivos de desenganche, se tomarán los recaudos para evitar que actúen durante el ensayo.

Las conexiones cortas y directas entre los circuitos con alta corriente de cortocircuito y los dispositivos de limitación de la corriente de cortocircuito, pueden ensayarse con una corriente de cortocircuito reducida.

Durante los ensayos debe asegurarse que no funcionen los dispositivos de protección, con excepción de cualquier dispositivo destinado a limitar la corriente de cortocircuito. Los cortocircuitos fusibles, si los hubiera, se dotan con placas o elementos fusibles de repuesto que tengan la mayor corriente nominal especificada.

La corriente de corta duración será aplicada, en principio, para un tiempo  $t_e$  igual a la duración nominal  $t$  de cortocircuito; su valor eficaz  $I_e$  será determinado por un oscilograma. El valor de  $I_e^2 * t_e$  del ensayo no será menor que el valor nominal de  $I^2 * t$  y no excederá este valor en más del 10 % sin consentimiento del fabricante. El valor eficaz  $I$  es la corriente que se obtiene por la aplicación de la corriente nominal de corta duración resistida a los circuitos principales de un equipo de maniobra y de comando bajo cubierta metálica y tomando en consideración la reducción, si la hubiera, debida a cualquier componente que modifica la corriente de cortocircuito.

Después de los ensayos, debe comprobarse que no se ha producido ninguna deformación ni deterioro de los componentes o de los conductores que puedan perjudicar su buen funcionamiento.

#### **5.4.2.6. Ensayo de corriente de corta duración sobre los circuitos de tierra**

Los circuitos de tierra de una celda, deben ensayarse para verificar su capacidad de soportar la corriente nominal de corta duración resistida, en las condiciones previstas de instalación y uso. Por consiguiente, deben ensayarse según su ubicación dentro del

equipo con todas las partes que pueden influir en su comportamiento o modificar la corriente de cortocircuito.

Después de los ensayos, debe comprobarse que no se ha producido ninguna deformación ni deterioro de los componentes o de los conductores dentro de la cubierta que pueda perjudicar su buen funcionamiento.

#### **5.4.2.7. Verificación de las capacidades de cierre y de corte**

Los dispositivos de conexión, que forman parte del circuito principal de un equipo de maniobra y de comando bajo cubierta metálica, se ensayaran para verificar su capacidad de cierre y de corte de acuerdo con las especificaciones previstas y con las correctas condiciones de instalación y uso. Por consiguiente, deben ensayarse como si estuvieran instalados en el equipo con todas las partes asociados que puedan incluir en su funcionamiento, tales como disposiciones de conexiones, soportes, dispositivos de ventilación, etc.

Nota: Al evaluar las partes susceptibles de incluir en el funcionamiento, deben destacarse particularmente las fuerzas debidas al cortocircuito, al escape de gases o partículas producidas por el corte, a la posibilidad de una descarga disruptiva, etc.

#### **5.4.2.8. Ensayos de funcionamiento mecánico**

Los dispositivos de conexión, serán operados 50 veces, con los enclavamientos en la posición destinada para prevenir:

1. el funcionamiento del dispositivo de conexión;
2. la instalación o extracción de las partes amovibles.

Se efectuarán 50 intentos de operación de cada dispositivo de conexión, 25 de inserción y 25 de extracción para las partes intercambiables, como ser, el interruptor. Durante estos ensayos, no debe realizarse ninguna intervención en los aparatos o en los enclavamientos.

Se considera que cumple con los ensayos, si se verifica que los dispositivos de conexión pueden ser operados, insertadas o extraídas las partes amovibles, y si los dispositivos de conexión, las partes amovibles y los enclavamientos quedan en correcto estado de

funcionamiento, y si el esfuerzo necesario para operar el mecanismo es prácticamente el mismo, antes y después de los ensayos.

#### **5.4.2.9. Verificación de los grados de protección**

1. Grado de protección de las personas a la aproximación a partes bajo tensión o en movimiento.
2. El grado de protección de las personas a la aproximación peligrosa a partes bajo tensión o en movimiento debe verificarse según lo indicado en la norma IRAM 2444<sup>7</sup>.

#### **5.4.2.10. Ensayo de protección contra la intemperie**

Cuando por convenio previo, se efectúa un ensayo de protección contra los agentes atmosféricos, se recomienda el método descrito en el Anexo C de la norma IRAM 2200<sup>8</sup>. En el ensayo se toma en consideración los efectos de la nieve llevada por el viento.

#### **5.4.2.11. Protección de las personas contra los efectos eléctricos peligrosos**

Medición de las corrientes de fuga. Cuando la celda contiene divisiones, cortinas o ventanas de inspección de material aislante, se realiza el siguiente ensayo para verificar el cumplimiento con el requisito especificado en el punto 19.4.3 inciso (d) de la norma IRAM 2200.

El circuito principal se conectará a una fuente de suministro monofásica, de frecuencia nominal, cuya tensión sea igual a la tensión nominal del tablero, conectándose entre sí las partes bajo tensión del circuito principal.

Debe aplicarse una hoja metálica en el lugar más desfavorable de la superficie accesible del aislante que tenga por misión evitar los contactos con partes bajo tensión. En caso de duda sobre el lugar más desfavorable, debe repetirse el ensayo con la hoja aplicada en sitios distintos. La superficie de esta hoja, aproximadamente de forma circular o cuadrada, debe ser tan grande como sea posible pero sin exceder de 100 cm<sup>2</sup>. El tablero debe ponerse a tierra.

---

<sup>7</sup> IRAM 2444. Grados de protección mecánica proporcionada por las envolturas de equipos eléctricos. Año 1982.

<sup>8</sup> IRAM 2200. Tableros eléctricos de maniobra y de comando bajo cubierta metálica. Año 1985.

La corriente que se derive hacia tierra a través de la hoja metálica debe medirse cuando la hoja se encuentra en la posición más desfavorable. La corriente de fuga debe medirse con la aislación en estado seco limpio.

Si el valor de la corriente de fuga medida es mayor que 0,5 mA el material aislante no está previsto para la protección requerida en esta especificación.

La medición de la corriente de fuga no es necesaria, si se asegura una disposición de partes metálicas a tierra de una manera apropiada tal que la corriente de fuga no pueda alcanzar las partes accesibles de las divisiones, cortinas y ventanas de inspección de material aislante.

#### **5.4.2.12. Ensayo de arco interno**

Este ensayo está sujeto a un acuerdo entre el fabricante y el usuario. En caso de acordarse dicho ensayo, el procedimiento será según lo indicado en el Anexo A de la NORMA IRAM 2200.

*Nota:* El ensayo representa los efectos de un arco interno que ocurre enteramente en aire atmosférico dentro de la cubierta metálica externa cuando las puertas y tapas están cerradas, pero no abarca todos los casos, particularmente aquellas fallas en los componentes o medios aislantes distintos del aire atmosférico.

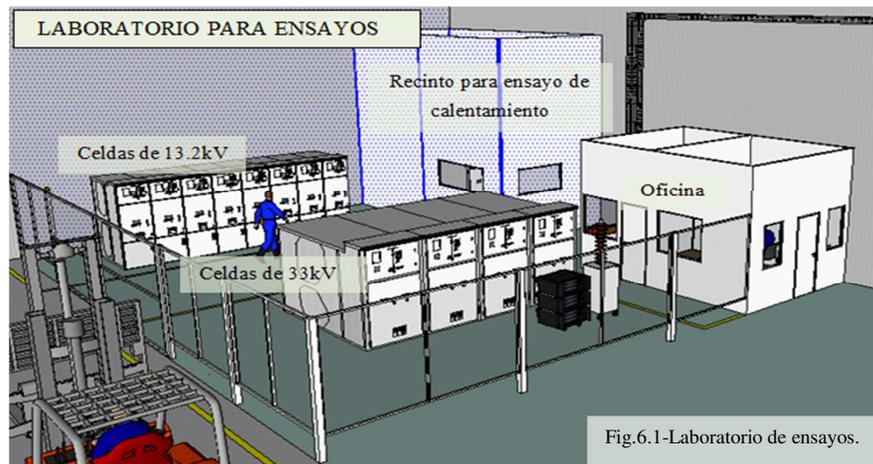
#### **5.4.2.13. Protocolo de ensayo de “Tipo”**

El informe de ensayo contendrá la documentación relacionada con el comportamiento del tablero en los ensayos. En este se incluye detalles completos de los métodos y disposiciones de los ensayos. Las observaciones, si las hubiera, que surjan durante los ensayos deben ser claramente establecidas en el informe así como las inspecciones realizadas después de cada ensayo.

## 6. PROCEDIMIENTOS PARA ENSAYOS

### 6.1. Procedimiento para los Ensayos de Rutina

Los ensayos de rutina serán efectuados en el “Laboratorio para Ensayos de Rutina y de Tipo de Calentamiento en Celdas de M.T.” (En la fig.6.1 se muestra lo que sería el laboratorio de ensayo), que se instalara en el predio de la planta industrial de Proyección Electroluz, más precisamente, en el sector de armado de celdas. Para dichos ensayos, una vez terminadas las celdas, se moverán las mismas al interior del laboratorio donde se ubicaran y vincularan entre sí por su circuito de potencia principal mediante barras para simular la condición de trabajo real de las celdas.



Para los ensayos se dispone del material, de los equipos y del personal especializado, necesario para la realización de los mismos.

#### 6.1.1. Objetivo

Describir la metodología para la ejecución de los ensayos de rutina a las celdas de media tensión realizados dentro del laboratorio ubicado en las instalaciones de Proyección Electroluz S.R.L.

#### 6.1.2. Alcance

El siguiente procedimiento comprende todas las actividades para el control final de las celdas de media tensión.

#### 6.1.3. Responsabilidades

1. Del gerente de producción; hacer cumplir el siguiente procedimiento en forma integral y difundirlo al jefe de producción y a los encargados de cada sector.

2. Encargado de control de calidad; realizar las tareas siguiendo la metodología descrita en este procedimiento, verificando que se cumplan las condiciones de Seguridad establecidas y por ultimo completar y archivar los registros.
3. Encargado de seguridad; supervisar que la ejecución de los trabajos se realice de acuerdo a los lineamientos de seguridad de Proyección Electroluz. Verificar que el personal afectado a las tareas, cuenten con los elementos de seguridad correspondientes.

#### 6.1.4. Tareas previas

Antes del inicio de los ensayos, el personal ejecutante del control asignado procederá a revisar la documentación aprobada para la construcción.

Sobre los planos se determinarán las secuencias de ejecución de acuerdo a este procedimiento.

#### 6.1.5. Desarrollo

A continuación se enumera la lista de chequeos y ensayos a realizar.

1. Recibir la celda terminada con sus respectivos planos para el control en el laboratorio.
2. Verificar que se encuentre toda la documentación necesaria, y que la misma conste con sello aprobado para construcción.

Las celdas terminadas serán ubicadas en el laboratorio, quedando de esta manera, aislado del personal ajeno a los que realizaran el ensayo.

Una vez ingresadas las celdas al laboratorio, las mismas serán interconectadas entre sí desde sus barras, como se muestra en la fig.6.2, para asimilar a la forma real en la que serán instaladas en obra.

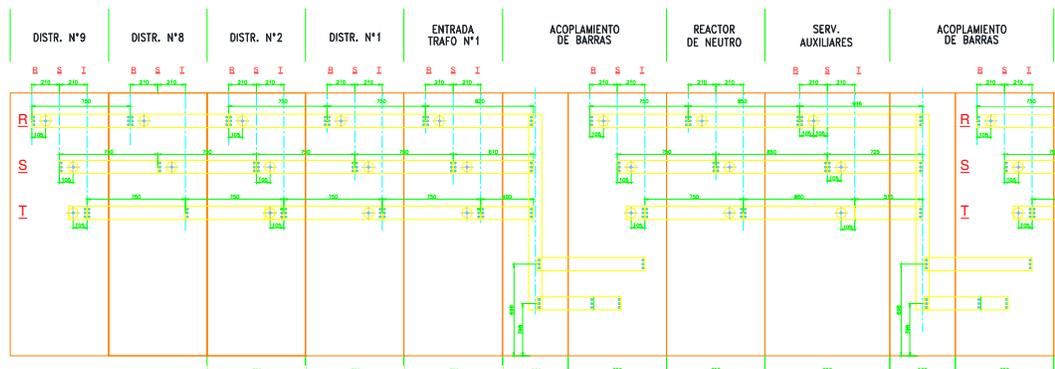


Fig.6.2-Interconexión de las celdas por el circuito principal

Antes de comenzar con las pruebas se procederá a cerrar la puerta del laboratorio

mediante enclavamiento electromecánico con señalización visual y/o sonora y de esta manera evitar el ingreso de personas no autorizadas para la ejecución de los ensayos con energía. En la fig.6.3 se visualiza el portón de ingreso y egreso al laboratorio.



3. Chequeo de los tableros contra planos unifilar, topográfico y funcional. Verificar correspondencia entre las características técnicas de los elementos que figuran en el plano unifilar con las de los equipos montados.
4. Control de torque en conductores de potencia y verificación de ajuste en cables de comando. Verificar el apriete de los terminales en cables y/o barras con torquímetro, según norma IRAM 2195.
5. Conexión a tierra al circuito de protección el tablero. Las estructuras de las celdas serán puestas a tierra antes de comenzar a trabajar con tensión.
6. Ensayos de funcionamiento mecánico y eléctrico del tablero.
  - a) Verificación mecánica: apertura y cierre de puertas; bloqueo y desbloqueo de conjunto de elementos mecánicos si corresponde.
  - b) Verificación de señalización de la celda tensionada, circuito de seguridad de la Puesta a Tierra (PAT) y que la conexión a tierra segura sea adecuada.
  - c) Verificación que el circuito de alimentación con tensiones superiores a 50 Voltios cuenten con elementos de protección como termomagnética e interruptor diferencial.
  - d) Verificación de ausencia de tensión en los conductores de prueba y del tablero a ensayar.
  - e) Conexiones del tablero a ensayar y verificar que las conexiones sean correctas.
  - f) Inyección de tensión nominal a cada circuito y verificación de funcionamiento a cada elemento y del conjunto del tablero.

Después de finalizadas las pruebas de funcionamiento, se bajan los interruptores de alimentación eléctrica; se verifica ausencia de tensión de cada conductor a desconectar; se desconectan los cables de alimentación y de otros equipos de prueba.

7. Medición de la resistencia de contacto. La medición de resistencia de contacto permite controlar el correcto apriete de todos los puntos de contacto entre equipos, de manera que cuando las instalaciones se encuentren en servicio, los valores de calentamiento en cada punto estén dentro de los valores admisibles.

El microhohmetro permite leer directamente los valores de resistencia, inyectando corriente continua y midiendo la diferencia de potencial que se produce entre los extremos. Por norma la corriente a aplicar debe ser de 100 A.

Como medidas de seguridad, se debe asegurar la ausencia de tensión en los lugares a realizar las mediciones y verificar mediante torquímetros el apriete de la bulonería en los puntos de contacto.

8. Ensayo de aislación dieléctrica.

Los ensayos de aislación a frecuencia industrial están destinados a detectar defectos en los materiales y en la fabricación sobre la propiedad dieléctrica de los mismos. Se efectúan sobre todas las celdas nuevas después de su montaje, celdas restauradas por mantenimiento o readecuación. Los niveles de tensión se detallan en la norma IRAM 2195.

Proyección Electroluz dispone de dos equipos con los que se puede realizar el ensayo de rigidez dieléctrica, cuyos procedimientos son diferentes uno del otro.

A continuación se describen los procedimientos a realizar con cada equipo para el ensayo de rigidez dieléctrica.

➤ Ensayo de rigidez dieléctrica con Equipo de inyección primaria de tensión marca *INDUCOR*, como el que se ve en la fig.6.4.



Fig.6.4-Equipo INDUCOR.

Las principales características del equipo INDUCOR se detallan en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1-Características del equipo de inyección primaria de tensión (INDUCOR)

EQUIPO DE INYECCION PRIMARIA DE TENSION N° 1		
Marca	INDUCOR	
Modelo	GCCA 80-I	
Alimentación	220 Vca	
Salidas	ALTERNA	57 kV - 30mA
	CONTINUA	80 kV - 20mA

Previo al ensayo a frecuencia industrial se debe chequear lo siguiente:

- a. Verificar ausencia de tensión en las celdas, puentear las estructuras de las celdas y conectarlas a tierra.
- b. Puentear las barras en ductos de barras correlativas entre fases de celdas, todas las barras correspondientes a la fase "R" entre celdas, todas las barras correspondiente a la fase "S" y todas las barras correspondientes a la fase "T". Estas vinculaciones entre celdas se harán mediante barras, para simular la conexión real en la subestación.
- c. Insertar todos los interruptores y cerrarlos.
- d. Verificar que no haya continuidad entre fases o de una fase contra tierra.
- e. Posicionar el equipo de inyección primaria de tensión "Inducor" cerca del ducto de barras de una celda.
- f. Conectar el bastón de descarga a tierra, y posicionarlo cerca de la consola de maniobra para luego poder descargar el equipo.
- g. Conectar a tierra el equipo.
- h. Elegir el tipo de ensayo, frecuencia industrial, o sea pulsar la tecla para inyección de tensión alterna.
- i. Colocar todos los elementos de tierra del equipo Inducor, inclusive la ficha de guarda.
- j. Conectar salida del equipo Inducor con la fase a ensayar (por lo general se comienza por la fase "R").

- k. La energización se realiza preferentemente sin luz solar para que en el caso de que exista una falla de aislación, sea más favorable ver un arco o aire ionizado.
- l. Verificar desconexión de tierra de los elementos electrónicos.
- m. Conectar el equipo Inducor a la alimentación 220 Vca, corroborando que el neutro de la ficha hembra de conexión coincida con el neutro de la ficha macho del equipo Inducor.
- n. Activar las dos térmicas negras monofásicas (parecidas a pulsadores) debajo del cable de alimentación al transformador.
- o. Setear la escala de tensión y corriente de ensayo.
- p. Setear el tiempo de ensayo a 1 minuto, en el display en la parte superior derecha.
- q. Presionar el pulsador de marcha.
- r. Pulsar el botón con la flecha hacia arriba para ir incrementando paulatinamente la tensión a razón de 1 kV por segundo aproximadamente, hasta llegar al valor nominal de ensayo.
- s. Una vez llegado al valor nominal de ensayo dar inicio con el botón del contador.
- t. Finalizado el tiempo de ensayo el equipo Inducor para automáticamente.
- u. Se debe descargar con bastón de descarga a la salida de alta tensión del transformador.
- v. Se cambia de fase, por ejemplo se sigue con la fase "S", se saca el puente a tierra de S a R, y se conecta el borne de alta tensión a la fase S, luego se procede como indican los incisos "r" a "u".
- w. Se procede de la misma forma para la fase "T".
- x. Una vez finalizado el ensayo a la última fase, se desconecta la alimentación de energía. Se toca con el bastón de descarga todas las secciones posibles que tengan energía almacenada o tensión. Se desconecta todo y se guardan los equipos y se procede a otra acción de rutina.

➤ Ensayo de rigidez dieléctrica con *transformador SITRAN 0-100kV*. Fig.6.5.

Las características del equipo SITRAN se detallan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2-Características del transformador SITRAN.

TRANSFORMADOR MONOFASICO SITRAN	
Potencia	10 kva
Tensión primaria	0-220 V
Tensión secundaria	0-100kV
Intensidad primaria	4,5 A
intensidad secundaria	0,10 A
Vol.de aceite	200 lts
Masa Total	250 kg

La lista de chequeos previos al ensayo a frecuencia industrial son similar al de los realizados con el Inducor, por lo que se repite los pasos detallados en el inciso a al g.

- h. Conectar la entrada de tensión de transformador con la salida del variac motorizado.
- i. Regular la distancia entre explosores de esferas del transformador Sitran de acuerdo a tensión de ensayo con tocho calibrado.
- j. Conectar la salida de transformador Sitran con la fase a ensayar, por lo general se comienza con la fase R.
- k. La energización se realizará preferentemente sin luz solar para el caso de falla de aislación, es más favorable ver un arco o aire ionizado.
- l. Puentear a tierra las fases que no se van a ensayar. Se empieza a energizar desde el variac motorizado con las salidas abiertas. Se baja el variac a cero volt de salida y se habilita la alimentación al transformador Sitran, se aumenta la tensión de salida con una rampa de un volt por segundo, por pulso como máximo (1 V/seg.) hasta que salte el arco en el explosor de esferas, e inmediatamente se corta la salida del variac y se lo baja a cero volt.
- m. Se marca la tensión final de salida, para luego repetir el valor.
- n. Se toca con el bastón de descarga el polo de salida del transformador para referenciarlo a tierra. Luego se procede a separar los explosores de esferas con el tocho calibrado superior inmediato al que estaba calibrado cuando se produzco el arco. De esta manera el explosor de esferas queda como función de limitador de tensión de seguridad para el ensayo.
- o. Se eleva la tensión hasta llegar al valor de salida con el cual salto el arco, y se deja tensionadas las celdas por un minuto. Si no hay descarga disruptiva, pasa el ensayo para esa fase. Se corta la salida de tensión del variac, se lo lleva a cero y se toca con el bastón de descarga el polo de alta tensión del transformador.
- p. Se repite las acciones de los ítems anteriores a las fases restantes.
- q. Una vez finalizado el ensayo a la última fase, se desconecta la alimentación de energía. Se toca con el bastón de descarga todas las secciones posibles que tengan energía almacenada o tensión. Se desconecta todo y se guardan los equipos y se procede a otra acción de rutina.

9. Realizar relevamientos de los números de serie, modelo y marca de los equipos más importantes de las celdas, como ser interruptores, transformadores de tensión y corriente, relés de protección, etc. y por último hacer un registro fotográfico.
  10. Información que contendrán los protocolos de ensayos emitidos.
- ✓ Referencias.
  - ✓ Ficha técnica: se especifica el equipo a ensayar (celda de 13,2 kV o 33 kV), el pedido de fabricación, ítem, frente, número de columna y documentación correspondiente. Además se detallan características eléctricas, mecánicas y de pintura.
  - ✓ Condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.).
  - ✓ Ensayos realizados; se marca según referencia cada opción de ensayo de acuerdo a tipo de tablero, en el Anexo I se puede ver la planilla correspondiente al protocolo de ensayos de rutina.



Fig.6.5- Transformador SITRAN

## 6.2. Procedimiento para el ensayo tipo de calentamiento

### 6.2.1. Procedimiento

La celda a ensayar se ingresará hasta inmediaciones de la puerta del recinto para ensayo de calentamiento con el auto elevador, luego se apoyará en un carro portante, el mismo será construido con perfiles IPN y provistos de ruedas para su desplazamiento, con el que se ingresará la celda al interior del recinto y en el que permanecerá durante el ensayo. En la fig.6.6, a la izquierda se ve como se ingresa la celda hasta la puerta del recinto donde se realizará el ensayo de calentamiento y a la derecha está la celda apoyada en el carro ya en interior del recinto. En el Anexo I se podrán ver más imágenes del laboratorio.

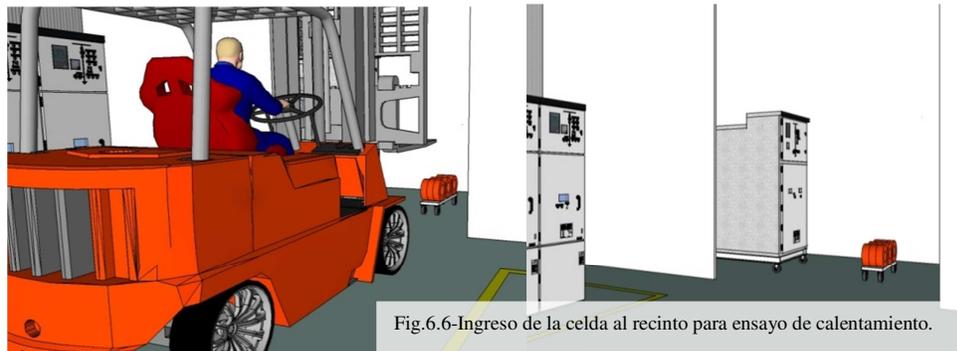


Fig.6.6-Ingreso de la celda al recinto para ensayo de calentamiento.

El ensayo se realiza en un recinto cerrado, substancialmente libre de corrientes de aire, excepto las generadas por el calor del equipamiento bajo ensayo. Para este ensayo se diseñó un recinto con paneles de 60 mm de espesor, los mismos son de chapas pintadas con pintura epoxi y rellenos de poliuretano inyectado a alta presión, estos paneles garantizan un diferencial de temperatura de 50°C con el exterior. Este recinto está provisto de ventanas vidriadas que permitirán visualizar el ensayo desde el exterior y no tener que ingresar sin necesidad, más que para tomar los valores de los termómetros en los intervalos de tiempo que especifica la norma<sup>9</sup>.

Los ensayos de calentamiento del circuito principal se realizan sobre un tablero o equipo nuevo y completo provistos de elementos de contactos limpios. Cuando el

---

<sup>9</sup> Norma IRAM 2200. Tableros eléctricos de maniobra y comando bajo cubierta metálica. Año 1985.

Norma española UNE-EN 62271-200. Aparatación Bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores a 52 kV. Año 2012.

diseño prevé alternativas de componentes o disposiciones, los ensayos se realizan con aquellos componentes o disposiciones que representan las condiciones más severas.

El tablero o equipo debe montarse como en las condiciones usuales de servicio, con todas las cubiertas normalmente provistas para las diferentes partes y debe protegerse contra los calentamientos y enfriamientos que proceden del exterior.

Las conexiones temporales al circuito principal deben efectuarse de modo que no sea eliminada ninguna cantidad apreciable de calor del equipo, ni tampoco sea aportada durante los ensayos. En caso de duda, el calentamiento debe medirse en los bornes de los circuitos principales y en las conexiones temporarias a 1 m de distancia de los bornes, cuya diferencia de temperatura no debe exceder de 5 C.

Los ensayos se realizan normalmente con el número nominal de fases con la corriente nominal de servicio circulando de un extremo de las barras generales a los bornes provistos para la conexión de los cables. En la fig.6.7, se muestra la conexión del equipo de ensayo (toroides) con las barras principales de la celda a ensayar.



Fig.6.7-Conexionado para el ensayo de calentamiento

La frecuencia de la corriente será la frecuencia nominal con una tolerancia de + 2 % y - 5 % pero, para conveniencia del ensayo, pueden ser necesarias tolerancias más amplias. Si estas desviaciones son apreciables, es decir, cuando un equipo de 60 Hz se ensaya a 50 Hz y viceversa, se debe tener cuidado en la interpretación de los resultados.

La forma de la corriente será prácticamente senoidal. Cada ensayo debe efectuarse durante un período de tiempo suficiente para que el calentamiento alcance un valor

constante (en la práctica esta condición se realiza cuando la variación no es mayor que  $1^{\circ}$  C/h). El tiempo necesario, para efectuar el ensayo completo puede reducirse por precalentamiento del circuito por una corriente de un valor más elevado.

Para el ensayo de equipos individuales, circulará una corriente que produzca las pérdidas previstas para el servicio normal. Se admite reproducir condiciones equivalentes de funcionamiento por medio de resistores calefactores o de una aislación térmica cuando el ensayo no se pueda efectuar en las condiciones normales de servicio.

Los calentamientos de diferentes componentes serán referidos a la temperatura del aire ambiente. Estos no excederán de los valores especificados en las normas correspondientes. En caso contrario, el tablero o equipo, debe considerarse que no cumple con el ensayo.

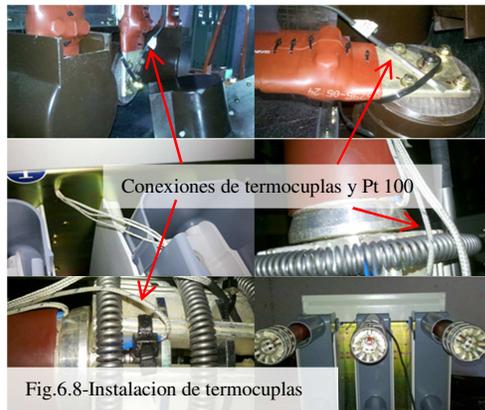
- Medición de la temperatura.

El calentamiento será registrado a intervalos regulares a lo largo del ensayo, cuando sea necesario el cálculo de la constante de tiempo.

La temperatura de las diferentes partes se medirá por medio de termómetros u otros dispositivos que permitan apreciar  $0,5^{\circ}\text{C}$ , ubicados en los puntos accesibles más calientes. La temperatura de los componentes se medirá de acuerdo con las especificaciones aplicadas a éstos.

Para las mediciones con termómetro o termocupla, se tomarán las precauciones siguientes:

1. Las termocuplas o bulbos de los termómetros se protegerán convenientemente del enfriamiento exterior. El área protegida será, no obstante, despreciable respecto al área de enfriamiento del equipo bajo ensayo. En la fig.6.8 se puede observar las termocuplas instaladas en algunos puntos de medición.
2. Debe asegurarse una buena conductividad térmica entre el termómetro o termocupla y la superficie de la parte bajo ensayo;
3. Cuando se utilizan los termómetros de bulbo en lugares donde existe variaciones o desplazamientos del campo magnético, se utilizarán los termómetros de alcohol.



- Temperatura del aire ambiental.

La temperatura del aire ambiental es la temperatura de aire exterior a la cubierta externa. Esta temperatura debe medirse durante la última cuarta parte del período de ensayo por medio de tres termómetros o termocuplas, como mínimo, repartidas regularmente alrededor del equipo aproximadamente a la altura media de las partes conductoras del circuito principal y a una distancia de alrededor de 1 m del equipo. Los termómetros deben protegerse de las corrientes de aire y de las radiaciones de calor. A fin de evitar un error de indicación a causa de variaciones rápidas de temperatura, pueden colocarse los termómetros en el interior de pequeños depósitos de aceite que tengan una capacidad aproximadamente de  $0.5 \text{ dm}^3$ .

Durante la última cuarta parte del período de ensayo, la variación de la temperatura del aire ambiente no debe exceder de  $1^\circ\text{C}/\text{h}$ . Si esto no fuera posible, a causa de desfavorables condiciones del local de ensayo, puede tomarse en su lugar la temperatura de una parte del equipo colocado en las mismas condiciones ambientales, pero sin corriente como equivalente a la temperatura ambiente.

Esta parte del equipo cuya temperatura se toma como equivalente a la del aire no debe estar sometida a radiaciones caloríficas indebidas.

La temperatura del aire ambiental durante los ensayos será mayor de  $10^\circ\text{C}$  pero menor de  $40^\circ\text{C}$ . La corrección de los valores de calentamiento no se hará para temperaturas del aire ambiente dentro de este intervalo.

- Medición de la resistencia del circuito principal.

Esta medición se efectúa para poder comparar el tablero ensayado en un ensayo de tipo de calentamiento y todos los otros tableros de maniobra y comando bajo cubierta metálica del mismo tipo sujetos a los ensayos de rutina.

La medición se realiza con corriente continua por la medición de la caída de tensión o la resistencia entre los bornes de cada fase provistos para la conexión de cables.

La corriente durante el ensayo tendrá un valor conveniente comprendido entre el 5% y el 100% de la corriente nominal de servicio continuo con un mínimo de 5 A.

La medición de la caída de tensión o la resistencia en corriente continua será efectuada antes del ensayo de calentamiento con el tablero a la temperatura del aire ambiente.

Los valores medidos de la caída de tensión o la resistencia en corriente continua serán dados en el informe del ensayo de tipo, como así también, las condiciones generales durante el ensayo (corriente, temperatura del aire ambiente, puntos de medición, etc.).

## 7. LABORATORIO DE ENSAYOS

### 7.1. Características del Laboratorio de Ensayos de Rutina y de Tipo de Calentamiento en Celdas de M.T.

El laboratorio será construido en el predio de Proyección Electroluz, ubicado en el Parque Industrial de Rqta, precisamente en el sector de armado de celdas. En el Anexo III, Plano N° 1, se detalla la ubicación del laboratorio en la planta industrial de Proyección Electroluz). Se dispone de una superficie de 195 m<sup>2</sup> para la instalación del mismo. En esta superficie estará ubicada la oficina, el recinto para el ensayo de calentamiento y el espacio donde se ubicaran aproximadamente diez celdas de 13.2 kV y 5 celdas de 33 kV, pudiendo variar la cantidad de una u otra celdas debido a que las dimensiones no son las mismas para todas e incluso se fabrican en mayor cantidad las celdas de 13.2 kV.

Actualmente las celdas de 33 kV no son ensambladas en la ciudad de Reconquista, pero está el proyecto para unificar la fabricación de las celdas de ambas tensiones en la planta fabril de Rqta.

La oficina de, 16.8 m<sup>2</sup>, estará dividido en dos sectores. Un sector de 9.8 m<sup>2</sup> donde se ubicaran los escritorios con PC, mesas para planos, impresora, etc. y un segundo sector de 7 m<sup>2</sup> destinado a alojar los equipos de inyección de tensión y corrientes. De esta manera el personal responsable de realizar las maniobras quedara completamente aislado de las partes con alta tensión al momento de realizar las pruebas. Este sector será vidriado en gran parte lo que permitirá visualizar las pruebas estando aislados, como muestra la fig.7.1. En el Anexo III se podrá ver la vista en planta del laboratorio en el Plano N° 2.



Fig.7.1- Oficina y Sector (vidriado) para inyección de tensión y corriente.

El Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la Provincia de Santa Fe exige, a través de la Ley 19587, y decreto 351/79-Anexo VI, que al momento de aplicar alta tensión, el personal encargado de los ensayos se encuentre aislado de la zona de alta tensión.

El laboratorio será delimitado con paneles construidos con caño estructural (de 40 mm x 40mm) y malla sima (cuadrados de 40 mm x 40 mm) que tendrán una altura de 2400 mm. Los paneles estarán abulonados a las columnas de metal de (100 mm por 100 mm) y cada columna estará empotrada 400 mm y conectados a la malla de puesta a tierra. En el Anexo III se detallan los paneles del laboratorio y del enclavamiento electromecánico, en el Plano N° 3.

Las celdas terminadas, eléctrica y mecánicamente, serán ingresadas al laboratorio por medio de un auto elevador donde se las preparara para los ensayos de rutina. Ubicadas las mismas en el interior del laboratorio, se procederá a cerrar el portón de ingreso que será enclavado electromecánicamente. Este enclavamiento, habilita un contactor en el tablero seccional para tener tensión en el sector de ensayos de celdas y a la vez, activa una sirena (lumínica y sonora) que alertara al personal, ajeno al laboratorio, que se comenzaron las pruebas con tensión. La funcionalidad del enclavamiento electromecánico se podrá observar en el Anexo III, Plano N° 4.

El layout del laboratorio se realizó con el software “SkepchUp”, un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras, para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, diseño escénico, etc. A continuación se expondrá algunas imágenes del laboratorio en la fig.7.2. En los Planos N°5 y N°6, ubicados en el Anexo III, se representa, al Laboratorio para Ensayos de Rutina y de Tipo de Calentamiento en Celdas de M.T., en tres dimensiones.

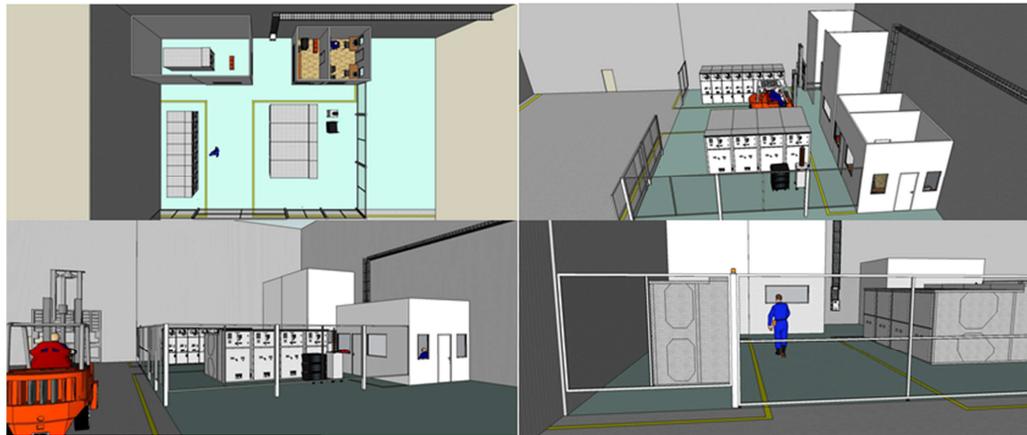


Fig.7.2-Imágenes del Laboratorio

### 7.2. Recinto para el ensayo Tipo de calentamiento

La idea de un recinto para ensayo Tipo de calentamiento que reúna las condiciones y características necesarias para estos ensayos, surge de la necesidad para realizar pruebas en celdas de M.T. con capacidades de corrientes diferentes a las celdas certificadas y para verificar dichos ensayos, a pedido del cliente, en celdas correspondientes a un determinado lote de fabricación. Contar con un espacio con características similares a los laboratorios que certifican estos ensayos permitirá efectuar las pruebas en las celdas y realizar las modificaciones necesarias, en caso que correspondiera, antes del ensayo definitivo en laboratorios certificados con la seguridad de que se superara satisfactoriamente.

El ensayo debe realizarse en un recinto cerrado, libre de corrientes de aire, excepto las generadas por el calor del equipamiento bajo tensión utilizado.

### 7.3. Características constructivas del recinto para el ensayo de calentamiento

El recinto será construido con paneles aislantes térmicos autoportantes PACSA S.R.L. de 60 mm de espesor, lo que garantiza un diferencial de temperatura de 50°C, es decir:

$$\Delta t = \text{temperatura interior del recinto} - \text{temperatura exterior del recinto}.$$

Los paneles están contruidos con chapa pre pintada con epoxi blanca y entre ellas se encuentra, como aislante, poliuretano inyectado expandido a 40 kg / m<sup>3</sup>. Las placas se ensamblan tipo macho-hembra lo que hace a una construcción fácil y rápida. El techo se ensambla de igual manera que las paredes y de ser necesario se vinculan unos

ganchos en la estructura para soportarlas mediante cuerdas de acero de las cabreadas de la nave para evitar el pandeo por acción de su propio peso. En la fig.7.3 se especifica algunas características de los paneles. En el Anexo II, se podrá consultar el catálogo correspondiente a estos paneles.



Fig.7.3-Características de los Paneles aislantes

Dentro de las características principales del poliuretano expandido se puede enumerar las siguientes, es liviano, rígido, estable, óptimo para aislación de temperatura entre - 200°C y 110°C, no constituye alimento para gusanos e insectos, excelente resistencia mecánica y química, no propaga las llamas y es auto-extinguible, etc.

Las dimensiones del recinto donde se realizara el ensayo de tipo de calentamiento son:

Largo: 7000 mm.

Alto: 6000 mm.

Ancho: 3500 mm.

Tendrá una puerta corrediza a lo largo del recinto de dimensiones:

Ancho: 3500 mm.

Alto: 4000 mm.

El recinto tendrá dos ventanas de panel triple vidrio templado con cámara de aire intermedio, las misma tienen como objetivo poder visualizar el ensayo desde el exterior (fig.7.4). En el Anexo III, plano N° 7 se podrá visualizar las dimensiones del recinto y las características de los paneles. Las longitudes de las ventanas serán:

1<sup>ero</sup> Ventana - 2000 mm X 80 mm.

2<sup>da</sup> Ventana - 1500 mm X 80 mm.

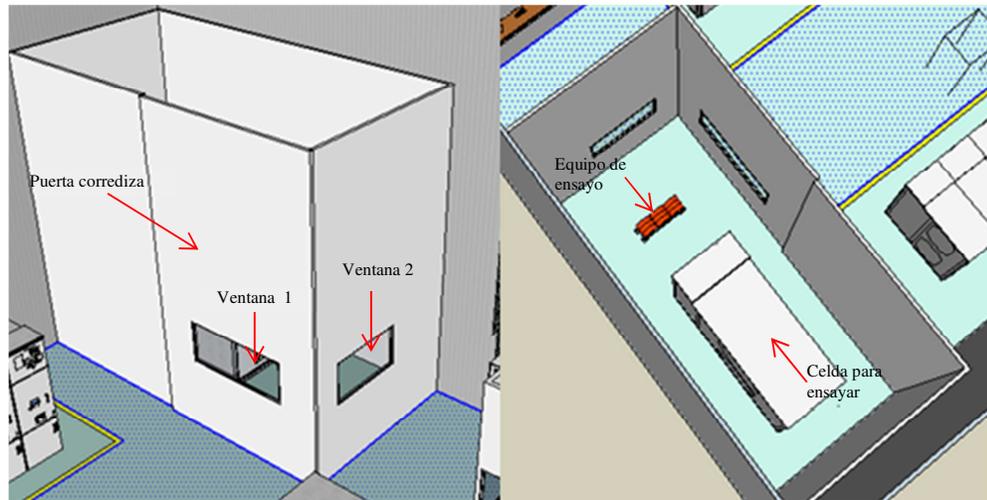


Fig.7.4-Recinto para el Ensayo de Calentamiento

## 8. EQUIPOS PARA ENSAYOS

### 8.1. Equipos para ensayos de rutina

- 1) Multímetros digitales, para los chequeos del cableado, verificación de tensión, etc.
- 2) Microhomimetro, marca “MEGABRAS” con los que se realiza las mediciones de la resistencia de contactos en las celdas.
- 3) Equipo de inyección primaria de tensión, marca INDUCOR y transformador de 0-100kV marca SIRAN, disponibles para aplicación de tensión nominal y medición de resistencia de aislación.
- 4) Transformador de corriente de 2000 A y variac motorizado de 0-220 Vca, con los que se inyecta corriente primaria con el fin de verificar el cableado amperométrico, los transformadores de corriente y los instrumentos de medición y protección de las celdas. Variac trifásicos, para inyección de tensión secundaria. Cuando se realiza esta verificación se debe tener cuidado de que los transformadores de tensión no estén insertados en la celda de medición ya que levantara tensión en barras pudiendo ocasionar un accidente.

En la Fig.8.1, se exponen algunos de los equipos arribas mencionados.



Fig.8.1-Equipos para los ensayos de Rutina

## 8.2. Equipos para el ensayo “Tipo” de calentamiento

- 1) Equipo para inyección de corriente hasta 5 kA-3F-50 kVA, compuesto por nueve toroides y tres variacs monofásicos de 0-250 Vca.
- 2) Termocuplas y PT 100, los mismos son ubicados en los puntos que se pretende hacer las mediciones de temperatura durante el ensayo de calentamiento.
- 3) Indicador de temperatura digital C-TD 21000-48, con este instrumento se realiza las lecturas de las Pt100.
- 4) Central termométrica múltiple, C-TM 26100.
- 5) Power meter, modelo PM 850 marca Schneider.
- 6) Hygrómetro marca TESTO 608-H1, para medir la humedad y temperatura del ambiente.

En la Fig.8.2, se pueden ver algunos de los instrumentos y equipos utilizados para el ensayo de calentamiento.

Todos los equipos e instrumentos utilizados para los ensayos son calibrados por el Laboratorio de Calibración del INTI.



Fig.8.2-Equipos e Instrumentos para el Ensayo de Calentamiento

## 9. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

A continuación se detallan los cálculos eléctricos correspondientes al dimensionamiento del tablero seccional que alimentará al laboratorio de ensayos.

### 9.1. Grado de electrificación del laboratorio

Se establece el grado de electrificación a los efectos de determinar, en la instalación del laboratorio, el número de los circuitos y puntos de utilización, en función a la superficie cubierta del inmueble. Los grados de electrificación, según “Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364”, parte 7 sección 771.8.3.2, son los que se indican en la tabla siguiente:

Tabla 771.8.IV – Grado de electrificación de oficinas y locales comerciales proyectados originalmente para tal fin.

GRADOS DE ELECTRIFICACION	SUPERFICIE (LÍMITE DE APLICACIÓN)	DEMANDA DE POTENCIA MAXIMA SIMULTANEA CALCULADA
Mínima	Hasta 30 m <sup>2</sup>	Hasta 4,5 kVA
Media	mas 30 m <sup>2</sup> hasta 75 m <sup>2</sup>	Hasta 7,8 kVA
Elevada	mas 75 m <sup>2</sup> hasta 150 m <sup>2</sup>	Hasta 12,2 kVA
Superior	mas 150 m <sup>2</sup>	más de 12,2 kVA

### 9.2. Número mínimo de circuitos

La instalación eléctrica del laboratorio tendrá el tipo y número mínimo de circuitos de acuerdo con el grado de electrificación determinado según se indica a continuación:

Tabla 771.8.V - Número mínimo de circuitos de oficinas y locales comerciales construidos para tal fin.

Electrificación	Cantidad mínima de circuitos	Tipos de circuitos					
		Variante	Iluminación uso general (IUG)	Tomacorrient e uso general (TUG)	Iluminación uso especial (IUE)	Tomacorriente uso especial (TUE)	Circuito de libre elección
Mínima	2	Única	1	1	-	-	-
Media	3	a)	1	1	1	-	-
		b)	1	1	-	1	-
		c)	2	1	-	-	-
		d)	1	2	-	-	-
Elevada	5	Única	2	2	-	1	-
superior	6	Única	2	2	-	1	1

La demanda máxima se determinación de la siguiente manera:

Tabla 771.9.I

Circuito	Valor mínimo de la potencia máxima simultanea	
	Viviendas	Oficinas y Locales
Iluminación para uso general sin tomacorriente derivado (IUG)	66% de lo que resulte considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 150 VA cada uno	100% de lo que resulte considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 150 VA cada uno
Tomacorriente para uso general (TUG)	2200 VA por cada circuito	
Iluminación para uso especial (IUE)	66% de lo que resulte considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 500 VA cada uno	100% de lo que resulte considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 500 VA cada uno
Tomacorriente de uso especial (TUE)	3300 VA por cada circuito	

A continuación se detalla el grado de electrificación, número de circuitos y puntos de utilización de la oficina, recinto para ensayo de calentamiento y espacio para ensayo de rutina de las celdas. Con la ayuda de la tabla anterior y la cantidad de puntos de utilización y circuitos se calcula el valor de la potencia máxima simultánea.

Laboratorio	Superficie m <sup>2</sup>	Puntos de utilización			
		IUG	TUG	IUE	TUE
Espacio celdas	153,7	15	12	5	5
Oficina	16,8	3	3	0	0
Recinto calenta.	24,5	3	3	0	1
<b>Sup.Total</b>	195	-	-	-	-
º de Electrificación	<b>Elevado</b>	-	-	-	-
Nº Total bocas		21	18	5	6
P. Max. Simultanea		3150	6000	2500	60000
<b>Nº de circuito</b>	6	2	2	1	1
<b>Pote.Total(VA)</b>	<b>71650</b>				

Para el caso de Tomas de Usos Especiales (TUE) la potencia mínima es de 3300 VA por circuito, según la AEA 90364. Para este caso se adopta una potencia de 60000 VA con lo cual se cubrirá el consumo de los 80 A trifásico del equipo de inyección de 5 kA (Toroides más variacs), también se tiene en cuenta la posibilidad del uso simultáneo de otros equipos.

### 9.3. Determinación de la carga total

La carga total se calcula sumando los resultados de la demanda de potencia máxima simultánea correspondiente al grado de electrificación de los circuitos mencionados anteriormente.

La Demanda de Potencia Máxima Simultanea (DPMS) será:

<b>DPMS (kVA)</b>	<b>72</b>
-------------------	-----------

#### 9.4. Condiciones de utilización y factores externos

Se considera según Tabla 771.11.II De AEA 90364:

Tabla 771.11.II – Condiciones de utilización

Utilización	Código	Descripción
Capacidad de las personas	BA1	Normal u ordinaria
	BA2	Niños
	BA3	Personas con capacidades diferentes
	BA4	Instruidos en seguridad eléctrica
	BA5	Calificados en seguridad eléctrica
Resistencia eléctrica del cuerpo humano	BB1	Normal
Contacto con personas al potencial de la tierra	BC2	Bajo
	BC3	Frecuente
	BD1	Baja densidad ocupacional y condiciones fáciles de evacuación
Condiciones de evacuación ante un siniestro	BD2	Baja densidad ocupacional y condiciones difíciles de evacuación
	BD3	Alta densidad ocupacional y condiciones fáciles de evacuación
	BD4	Alta densidad ocupacional y condiciones difíciles de evacuación
	Naturaleza de los materiales procesados o almacenados	BE1
BE2		Riesgo de incendio
BE3		Riesgo de explosión
BE4		Riesgo de contaminación
Materiales de construcción	CA1	No combustibles (Normal)
	CA2	Combustibles
Proyecto de edificios	CB1	Riesgo despreciable
	CB2	Riesgo de propagación del incendio
	CB3	Riesgo de movimiento
	CB4	Estructuras flexibles o inestables

- Capacidades de las personas: las personas serán calificados en seguridad eléctrica. Son Ingenieros y técnicos de la especialidad. Se consideran como las áreas operativas eléctricas cerradas en las que puedan actuar personas con conocimientos técnicos o suficientes experiencia como para evitar por si mismos los peligros que la electricidad pueda crear, el código es BA5.
- Condiciones de evacuación: corresponde a la clasificación BD1, que implica una baja densidad ocupacional y condiciones fáciles de evacuación.
- Naturaleza de los materiales procesados y almacenados: en el caso de la oficina se considera BE2 por los materiales manipulados y contenidos en dicho lugar (papel, envolturas de plástico, equipos informáticos, etc.), para el caso del recinto para ensayo de calentamiento y el espacio para el ensayo de rutinas de las celdas se considera BE1 por su conformación.
- Materiales de construcción y proyecto de edificios: las paredes de la oficina serán dobles construidas con placas de durlock resistentes al fuego.

En las instalaciones fijas se utilizara conductores aislados o cables, no propagantes de la llama ni de incendio; estos cables y conductores deberán tener una tensión nominal como mínima de 450/750 V.

Teniendo en cuenta las influencias externas, la AEA 90364, establece que para la condición BD3 solo se puede adoptar la Columna 1 de la tabla (tabla 771.12.I). Esta establece para instalaciones fija y uso de bandeja porta cable, conductor según IRAM 62268 (o IRAM 62267 color amarillo-verde como PE). Cables para comunicación o transmisión de datos LSOH. Desnudo cuerda rígida IRAM 2004<sup>10</sup> o desnudo cuerda semirrígida IRAM NM 280 clase 2 solo para el conductor de protección PE. Para el uso en cañerías se puede utilizar cable según IRAM 62267<sup>11</sup> como conductor activo.

El material de las canalizaciones deberá ser: metal o material aislante con características no propagantes de la llama, con baja emisión de humos opacos y gases tóxicos; libres de halógenos.

### 9.5. Canalizaciones

El ancho de las bandejas se calcula sumando los diámetros de los conductores más un 20 % de reserva.

- a) Se empleara bandeja porta cable del tipo perforado, cuyas dimensiones son 250 mm de ancho y 50 mm de ala, el código es TPR-250-16-Z del catálogo SAMET, el mismo podrá consultarse en el Anexo II, para las líneas que conectan el tablero principal con el tablero seccional. Se recurre al sistema de bandeja porta cable debido a que ya hay en existencia una gran parte y se completara el resto hasta llegar al tablero seccional del laboratorio.

La bandeja deberá ir hasta el tablero seccional y en este tramo tendrá una tapa removible por herramienta. Esta disposición deberá ser con bandeja de fondo no perforado sujeta o embutida en la pared; respetando la longitud máxima de 1,5 m. Las bandejas se fijaran a la estructura (cabreadas) de las naves.

Los cables se sujetaran a las bandejas, cada 2 m como mínimo para cables multipolares, mediante precintos plásticos.

No se permite la utilización de PE común, por lo que se colocará, un cable tipo Prysmian Afumex 750 (IRAM 62267 verde-amarillo); más el PE para la bandeja, de

---

<sup>10</sup> Norma IRAM 2004. Conductores eléctricos de cobre, desnudos, para líneas aéreas de energía. Año 1973.

<sup>11</sup> Norma IRAM 62267. Cables unipolares de cobre, para instalaciones eléctricas fijas interiores, aislados con materiales de baja emisión de humos y libre de halógenos (LSOH), sin envoltura exterior, para tensiones nominales hasta 450/750 V, inclusive. Año 2002.

sección de  $16 \text{ mm}^2$  por los diámetros de los conductores activos ( $35$  y  $25 \text{ mm}^2$ , según tabla 771.18.III de la AEA 90364).

- b) Para los circuitos terminales se utilizara cañería. Los circuitos para usos generales, para usos especiales y los dedicados a consumos específicos tendrán cañerías o conductos independientes para cada uno de ellos. No obstante, como excepción, los circuitos para usos generales podrán alojarse en una misma cañería o conducto, en un máximo de tres, respetando que:
1. Pertenezcan a una misma fase y a un mismo tablero;
  2. La suma de las corrientes asignadas de los dispositivos de protección de cada uno de los circuitos no sea mayor que  $36 \text{ A}$ .
  3. El número total de bocas de salida alimentadas por estos circuitos en conjunto no sea mayor que  $15$  unidades.
  4. Cada circuito se encuentre señalado en cada boca de convergencia.
  5. Cada boca es de uso para un solo circuito y de paso (no de derivación) para el resto.

## 10. IMPEDANCIA DE RED, TRAFOS Y CORTOCIRCUITO

El transformador existente, que alimenta a la planta industrial Proyección Electroluz, que está ubicado a una distancia aproximada de 200 m del predio, tiene los siguientes datos de placa:

- $S_{rT} = 315 \text{ kVA}$ ; Potencia asignada Transformador.
- $c$ , Factor de tensión
- $S''_{kQ} = 300 \text{ MVA}$ ; Potencia de cortocircuito de la Red.
- $U_{nQ} = 13\,200 \text{ V}$ ; Tensión de línea asignada lado AT.
- $U_{rT} = 400 \text{ V}$ ; Tensión de línea asignada lado BT.
- $u_{krT} = 4\%$ ; Tensión de cortocircuito asignada Transformador (IRAM 2250<sup>12</sup>).
- $U_n = 400 \text{ V}$ ; Tensión nominal en el punto de falla.
- $Z_k$ ; Impedancia de cortocircuito.
- $P_{krT} = 850 \text{ W}$ ; potencia de pérdida.

Para los cálculos de impedancia se siguió el ejemplo dado por la AEA 90364 correspondiente a la sección, 771-H.2.1 *Ejemplo de cálculo*.

### 10.1. Impedancia de la Red.

$$Z_{Qt} = \frac{c_Q \times U_{nQ}^2}{S''_{kQ}} \times \left( \frac{U_{rT}}{U_{nQ}} \right)^2 = \frac{1,1 \times 13200^2 \text{ V}^2}{300 \times 10^6 \text{ VA}} \times \left( \frac{400 \text{ V}}{13200 \text{ V}} \right)^2 = 5,87 \times 10^{-4} \Omega$$

$$X_{Qt} = 0,995 \times Z_{Qt} = 5,84 \times 10^{-4} \Omega$$

$$R_{Qt} = 0,1 X_{Qt} = 5,84 \times 10^{-5} \Omega$$

$$Z_{Qt} = (5,84 \times 10^{-5} + j 5,84 \times 10^{-4}) \Omega \text{ Impedancia de la Red}$$

$$c_Q = c = 1,1 \text{ hasta } 35 \text{ kV IEC 60909 Tabla 1.1}$$

$$\text{Impedancia homopolar } Z_{Q0} = 0 \Omega$$

### 10.2. Impedancia del Transformador 13,2 / 0,4 - 0,231 kV.

$$Z_T = \frac{u_{krT}}{100} \% \times \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = 0,04 \times \frac{400^2 \text{ V}^2}{315000 \text{ VA}} = 0,0203 \Omega$$

<sup>12</sup> Norma IRAM 2250. Transformadores de distribución. Características y accesorios normalizados. Año 2013.

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3 I_{rT}^2} = \frac{P_{krT} \times U_{rT}^2}{S_{rT}^2} = \frac{850W \times (400V)^2}{(315000VA)^2} = 1,37 \times 10^{-3} \Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{(0,0203\Omega)^2 - (1,37 \times 10^{-3}\Omega)^2} = 0,0202\Omega$$

$$Z_T = (1,37 \times 10^{-3} + j 0,0202) \Omega$$

Impedancia homopolar:  $Z_{T0} = Z_T = (1,37 \times 10^{-3} + j 0,0202) \Omega$

**Máxima corriente de cortocircuito trifásica.**

$$I_k'' = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_k}$$

**Impedancia a borne de 400 V.**

Calculo de la Impedancia  $Z_k$ .

$$Z_k = \sqrt{(R_{Qt} + R_T)^2 + (X_{Qt} + X_T)^2}$$

$$Z_k = \sqrt{(5,84 \times 10^{-5} + 1,37 \times 10^{-3})^2 + (5,84 \times 10^{-4} + 0,0202)^2}$$

$$Z_k = 0,0208 \Omega$$

$$I_k'' = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_k} = \frac{1,05 \times 400V}{\sqrt{3} \times 0,0208\Omega} = \mathbf{11658,03A}$$

El valor de la corriente de corto circuito se puede obtener también, de forma muy aproximada a la calculada, de la AEA 90364 tabla 771-H.II donde se da los valores máximos de las corrientes de corto circuito previstas para los transformadores de distribución en función de la potencia asignada.

**Tabla 771-H.II - Valores de las máximas corrientes presuntas de cortocircuito previstas para los transformadores de distribución**

$S_{rT}$ [kVA]	$I_k''$ [kA]
100	3,568
200	7,074
<b>315</b>	<b>11,028</b>
400	13,899
500	17,229
630	21,458
800	21,768
1000	26,838
1250	27,876

## 11. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

### 11.1. Cálculo, verificaciones y selección

Se realiza mediante una planilla de cálculo, programada para auto verificación de las siguientes consideraciones dadas en la Tabla 771-H.1, de la AEA 90364-7-771.

- Determinación de la corriente de proyecto  $I_B = \frac{S(VA)}{\sqrt{3} \times 400(V)}$  trifásico ó  $I_B = \frac{S(VA)}{231(V)}$  monofásico. Las potencias son las calculadas anteriormente para determinar la DPMS del laboratorio.
- Sección de los cables, y su correspondiente corriente máxima admisible  $I_z$  según el catálogo de Prysmian Afumex 1000 para bandeja perforada (líneas del tablero principal al tablero seccional del laboratorio) y Afumex 750 cañería (circuitos terminales). Se calcula las corrientes para bandeja perforada. En el Anexo II se puede consultar por el catálogo de cables.
- Se adecua las secciones según la AEA 90364, tabla 771.13.I, y automáticamente se corrigen las corrientes admisibles.
- Corriente admisible  $I_{zc}$  para temperatura de 45°C, factor de corrección 0,91 según AEA 90364 tabla 771.16.II.a. y agrupamiento de varios circuitos: para 4 circuitos el factor de corrección 0,77 según Tabla 771.16.IV.
- Se debe verificar:  $I_B \leq I_{zc}$

### 11.2. Cálculo, verificación y selección de Interruptor Principal y Pequeños Interruptores Automático (PIAs)

Línea principal (TP-TS).

Dependencia	DPMS (kVA)	Alim.	Ib(A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Iz(A) a TS	Izc (A) band.	Verificación	In interr.(A)	Verif. In
laboratorio	71650	T	103	70	224	156,96	<b>Verifica</b>	120	<b>Verifica</b>

El interruptor principal del tablero seccional del laboratorio es un interruptor de caja moldeada NSX 160 B con protección amperométrica Micrologic 5.2 A, del catálogo Compact SCHNEIDER, el mismo podrá consultarse en el Anexo II.

- Se designa la corriente nominal  $I_n$  de los interruptores termomagnéticos.
- Se debe verificar:  $I_B \leq I_{n \text{ desc.}} \leq I_{zc}$ .
- Se determina la corriente de operación o disparo segura  $I_2 = 1,45 I_{n \text{ desc.}}$

- i) Para  $I_n \leq 63A$  el tiempo convencional de 1 hora y para  $I_n > 63A$  tiempo convencional de 2 horas.
- j) Se debe verificar:  $I_2 \leq 1,45 I_{ZC}$ .

Circuito principal (TP-TS).

Dependencia	In interruptor (A)	Verificación In	I2 (A)	Verificación I2	Interruptor Automático
Laboratorio	120	Verifica	156	Verifica	NSX160B

Circuitos terminales  $I_b; I_n; I_z e I_2$ .

Dependencia	In(A)	Verificación In	I <sub>2</sub> (A)	Verificación I <sub>2</sub>	PIA 6000 A	I <sup>2</sup> *t PIA
Oficina	16	Verifica	23,2	Verifica	5SY6 516-7	22000
	10	Verifica	14,5	Verifica	5SY6 510-7	20000
Recinto	16	Verifica	23,2	Verifica	5SY6 516-7	22000
	10	Verifica	14,5	Verifica	5SY6 510-7	20000
	16	Verifica	23,2	Verifica	5SY6 625-7	22000
Espacio Celdas	16	Verifica	23,2	Verifica	5SY6 516-7	22000
	10	Verifica	14,5	Verifica	5SY6 510-7	20000
	16	Verifica	23,2	Verifica	5SY6 616-7	22000
	16	Verifica	23,2	Verifica	5SY6 516-7	22000

Dependencia		Potencia (VA)	I <sub>b</sub> (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> (A)	In (A)	Verificación In	I <sub>2</sub>	Verificación I <sub>2</sub>
Oficina	TUG	2200	9,52	2,5	21	16	Verifica	23,2	Verifica
	IUG	297	1,29	1,5	15	10	Verifica	14,5	Verifica
Recinto	TUG	2200	9,52	2,5	21	16	Verifica	23,2	Verifica
	IUG	297	1,29	1,5	15	10	Verifica	14,5	Verifica
	TUE	3300	4,76	2,5	21	16	Verifica	23,2	Verifica
Espacio Celdas	TUG	2200	9,52	2,5	21	16	Verifica	23,2	Verifica
	IUG	1485	6,43	1,5	15	10	Verifica	14,5	Verifica
	TUE	3300	4,76	2,5	21	16	Verifica	23,2	Verifica
	IUE	1650	7,14	2,5	21	16	Verifica	23,2	Verifica

- k) Verificación por máxima exigencia térmica: Se calcula las corrientes de cortocircuito (según AEA 90909) en el tablero para la verificación térmica de las secciones. Corriente de cortocircuito máxima:  $I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{1,1 \times 400(V)}{\sqrt{3}Z_k(\Omega)}$ , trifásica; y  $I_k'' = \frac{c\sqrt{3}U_n}{|2Z_d+Z_0|} = \frac{\sqrt{3} \times 1,1 \times 400V}{|2Z_d+Z_0|(\Omega)}$ , monofásica.
- l) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

$$I_k'' = \frac{c\sqrt{3}U_n}{|2Z_d+Z_0|} = \frac{\sqrt{3} \times 0,95 \times 400V}{|2Z_d+Z_0|(\Omega)}$$

- m) Debe verificar:  $I_k'' \geq 5 I_n$ . La constante cinco se debe al empleo de PIAs con curva de actuación Tipo C, CEI/EN 60898.
- n) Para dispositivos de actuación con  $t \leq 0,1$  s se verifica  $S^2 k^2 (\text{cable}) \geq I^2 t (\text{PIAs})$ .
- o) Los valores de energía se determinan con las corrientes de cortocircuito limitadas. La constante k depende del material conductor y del aislante del cable, para XLPE silanizado y cobre es de 143, dado por la Tabla 771.19.II, en la AEA 90364.

Circuito principal (TP-TS).

Dependencia	Alim.	Sección mm <sup>2</sup> TP-TS	I''k Trif. [kA]	I''k mon. [kA]	S <sup>2</sup> . k <sup>2</sup> cable	I <sup>2</sup> . t Interru.auto.	Verificación
Laboratorio	T	70	7,057	4,431	100200100	5100000	Verifica

Circuitos terminales.

Dependencia		S <sup>2</sup> x k <sup>2</sup>	I''k TS(kA)	I <sup>2</sup> x t (PIA)	Verificación	I''k (A) CT	Verificación
Oficina	TUG	127806,25	7,057	22000	V	754,793	Verifica
	IUG	46010,25	7,057	20000	V	413,949	Verifica
Recinto	TUG	127806,25	7,057	22000	V	413,949	Verifica
	IUG	46010,25	7,057	20000	V	223,263	Verifica
	TUE	127806,25	7,057	22000	V	359,857	Verifica
Espacio Celdas	TUG	127806,25	7,057	22000	V	413,949	Verifica
	IUG	46010,25	7,057	20000	V	197,178	Verifica
	TUE	127806,25	7,057	22000	V	318,115	Verifica
	IUE	127806,25	7,057	22000	V	487,54	Verifica

- p) Verificación de la caída de tensión:

Para cable Afumex 1000 se utiliza:  $\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$ ,

$k = 2$  Monofásico y  $k = \sqrt{3}$  trifásico.

Para cable Afumex 750 se realiza el cálculo considerando  $\Delta U \left( \frac{V}{A \cdot km} \right)$ .

Circuitos seccionales y circuitos terminales: la caída de tensión entre los bornes de salida del tablero principal y cualquier punta de utilización no debe superar el siguiente valor:

1. Circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación: 3 %.

En ningún caso la caída de tensión en los circuitos seccionales deberá exceder del 1 %; por lo tanto el valor de la máxima caída de tensión en los circuitos terminales que no alimentan motores será del 2 %, tomado a partir del tablero seccional. El valor de corriente a adoptar para este cálculo debe ser el máximo simultáneo previsto para esos circuitos.

A los efectos del cálculo de la caída de tensión, los circuitos de iluminación y tomacorrientes se consideraran cargados con su demanda de potencia máxima simultánea en el extremo más alejado del tablero seccional.

Línea principal (TP-TS).

Depende.	DPMS (kVA)	Alim.	Ib (A)	Sec. (mm <sup>2</sup> )	Long (km)	R (W/km)	X (W/km)	k	$\Delta V$ (V)	$\Delta V(\%) < 1\%$	Verifi.
Laborato.	71650	T	103	70	0,07	0,341	0,073	1,73	3,965	0,99	V

Circuitos terminales.

Dependencia		Longitud (m)	Ib(A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ (V/A km)	$\Delta V$ (V)	$\Delta V$ (%)	Verificación $\Delta V$
Oficina	TUG	15	9,52	2,5	15	2,14	0,93	Verifica
	IUG	18	1,29	1,5	26	0,6	0,26	Verifica
Recinto	TUG	30	9,52	2,5	15	4,28	1,85	Verifica
	IUG	35	1,29	1,5	26	1,17	0,51	Verifica
	TUE	35	4,76	2,5	15	2,5	0,63	Verifica
Espacio Celdas	TUG	30	9,52	2,5	15	4,28	1,07	Verifica
	IUG	40	6,43	1,5	26	6,69	1,67	Verifica
	TUE	40	4,76	2,5	15	2,86	0,72	Verifica
	IUE	25	7,14	2,5	15	2,68	0,67	Verifica

- q) Cálculo de la sección del conductor PE, se utiliza la Tabla 771.20.111 de la AEA 90364. Deberá ir un cable PE del tipo Afumex 750 para el laboratorio y uno para la equipotencialidad de las bandejas.
- r) Cálculo del ancho de las bandejas, se considera disposición cuadrada para cables unifilares, y una capa para cables multipolares.

Líneas Principales:

Dependencia	Sección (mm <sup>2</sup> )	D.ext. Cond. fases	Sección cond.PE	D.ext.cond. PE	Ancho bandeja Normalizado
Laboratorio	70	37	35	15	250

En el Anexo III, Plano N° 8, se representa el esquema topográfico del tablero seccional del laboratorio, en el Plano N° 9, el esquema unifilar, en el Plano N° 10 el esquema funcional del tablero seccional y por último, en el Plano N° 11, la electrificación del laboratorio.

## 12. CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Se realizará el cálculo de malla a tierra para evitar que se produzcan tensiones peligrosas ante una falla en bornes de alta tensión del transformador y/o en cualquier punto de la instalación, que alimenta la planta industrial Proyección Electroluz.

La metodología utilizada para el cálculo fue extraída de “Técnicas y Procesos en las Instalaciones Eléctrica de Media y Baja Tensión” de Serrano y Gasca, de la AEA 90364 Anexo 771-C, de Sistema de Puesta a Tierra IEEE st 80 y de la norma IRAM 2281-4 Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Instalaciones con tensiones nominales mayores de 1 kV.

Se utilizara como malla de puesta a tierra la malla cima de acero con cuadrícula de (150 x 150) mm. Según la norma IRAM 2281-4 inciso 2-10 y 4-2-3 puede usarse el acero del hormigón armado como puesta a tierra siempre que se verifique su continuidad eléctrica galvánica.

### 12.1. Objetivos de la instalación de puesta a tierra

- a) Seguridad de las personas, impidiendo que la tensión que se pueda generar ante una falla no supere la tensión máxima aplicable al cuerpo humano entre manos y pies.
- b) Derivar a tierra la corriente que se puede originar por razones de falla, o debidas a descargas atmosféricas o por contacto accidental con conductores de mayor tensión.
- c) Limitar la tensión antes condiciones de operaciones normales, de manera que cualquier equipo conectado al sistema, solamente este sujeto a un cierto nivel de tensión relativo a tierra.
- d) Colaborar con los dispositivos de protección, como interruptores automáticos, interruptores diferenciales, etc. Cuando exista un defecto simple que derive corriente a tierra.
- e) Limitar las sobretensiones internas que pueden aparecer en la red eléctrica en determinadas condiciones de servicio.

### 12.2. Datos para el cálculo de la malla de puesta a tierra

A continuación se detallan los datos con los que se realizó los cálculos de la malla de puesta a tierra.

- Sección Conductor de acero (malla sima)  $S = 6 \text{ mm}^2 = 6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

- Diámetro conductor  $dc = 3 \text{ mm}$
- Profundidad de implantación  $h = 350 \text{ mm}$
- Longitud total del tendido  $LM = 3165 \text{ m}$

- Superficie cubierta

Largo = 15 m

Ancho = 13 m

Área de la malla =  $195 \text{ m}^2$

- Jabalinas para puesta a tierra.

Cantidad = 2

Diámetro = 15.8 mm

Longitud = 3000 mm

- Potencia de cortocircuito  $300 \text{ MVA}$

- Corriente de cortocircuito  $I'_k = 11658 \text{ A}$

- Resistividad del terreno

Resistividad del terreno  $\rho = 100 \Omega\text{m}$

Resistividad superficial del hormigón  $\rho_s = 3000 \Omega\text{m}$

### 12.2.1. Verificación térmica de los conductores

Según la norma VDE 014/85 la densidad de corriente admisible para cortocircuito es de ( $J = 80 \text{ A/ mm}^2$ ) para un tiempo de falla de 1 segundo, y una temperatura final del conductor de  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . En consecuencia la máxima corriente admisible para el conductor resulta:

$$I_{max} = J \times S = 80 \times 6 = \mathbf{480 \text{ A}}$$

La corriente eficaz de cortocircuito y temperatura final no mayor a  $300^\circ\text{C}$ , en terrenos normales, se puede calcular mediante la expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{t} \times \sqrt{9.64 * \left(C * \frac{pe}{\rho * \alpha}\right) * \log[1 + \alpha * (T_f - T_1)]}}$$

Dónde:

- $I_s$ ; valor eficaz de la corriente de cortocircuito promedio durante el tiempo  $t$
- $t = 1$ seg tiempo de duración de la falla
- $C = 0.114 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}}$ ; es el calor específico del acero.
- $pe = 7.8 \text{ gr/cm}^3$ ; peso específico del acero.
- $\delta_{20} = 0.1$ ; resistividad del acero a la temperatura  $T_0$ .
- $T_1 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura inicial del conductor.
- $T_f = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura final del conductor.
- $\alpha = 0.005 \left(\frac{1}{^\circ\text{C}}\right)$ ; coeficiente de variación de resistencia con la temperatura.

$$\begin{aligned}\delta &= \rho_{20} * [1 + \alpha * (T_1 - 20)] = 0.0178 * [1 + 0.005(45 - 20)] \rightarrow \delta \\ &= \mathbf{0.113 \Omega mm^2/m}\end{aligned}$$

En consecuencia la corriente eficaz será:

$$I_s = \mathbf{442.54 A}$$

Si se verifica que  $I_s$ (corriente eficaz) <  $I_{\max}$ (corriente admisible) en consecuencia se verifica térmicamente la falla.

$$I_s = 442.54 A < I_{\max} = 480 A \therefore \mathbf{VERIFICA}$$

### 12.2.2. Verificación de la disipación de las jabalinas

Se determina la disipación superficial de las jabalinas respecto de una capa de terreno de un centímetro de espesor mediante la fórmula siguiente:

$$L_j = \frac{4 * \sqrt{\frac{\rho * I^2 * t}{4.17 * c * Pe * \Delta t}}}{\pi * [(D + 2)^2 - D^2]}$$

Dónde:

- $L_j = 300 \text{ cm}$ ; longitud de las jabalinas.

- $\rho = 10000 \Omega \cdot \text{cm}$  resistividad del terreno.
- $I$ ; corriente que puede disipar una jabalina.
- $c = 0.3 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$ ; calor específico del terreno.
- $\rho_e = 1.8 \text{ gr/cm}^3$ ; peso específico del terreno.
- $D = 1.58\text{cm}$ ; diámetro de la jabalina.
- $t = 1\text{seg}$ ; tiempo de falla.
- $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ ; aumento de la temperatura en la capa de la tierra.

Despejando la corriente que se disipa por la jabalina ( $I$ ), de la fórmula anterior resulta;

$$I = 12894.08 \text{ A}$$

Esta es la corriente disipada por una jabalina, por lo tanto para el total de las jabalinas empleadas (2), se tendrá un total de:

$$I_{total} = 2 * 12894.08 \text{ A} = \mathbf{25788.17 \text{ A}}$$

### 12.2.3. Resistencia de la malla

Se calcula con la siguiente expresión:

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_m} \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot L_m}{\sqrt{D_c \cdot h}} \right) - \frac{k_1 \cdot L_m}{\sqrt{A} - k_2} \right]$$

Dónde:

- $\rho = 100 \Omega \cdot m$ ; resistividad del terreno.
- $L_m = 3165 m$ ; longitud total de los conductores enterrados.
- $D_c = 0.003m$ ; diámetro de los conductores.
- $h = 0.35m$ ; profundidad de implantación.
- $A = 195 m^2$ ; superficie cubierta.
- $k_1 = 1.14$ ; coeficiente según la forma de la malla.
- $k_2 = 4.8$ ; coeficiente según forma de la malla.

Los coeficientes  $k_1$  y  $k_2$  se calcula mediante las siguientes fórmulas dadas por la IEEE st80.

$$K_1 = -0.05 * \frac{Lx}{Ly} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 * \frac{Lx}{Ly} + 4.68$$

En consecuencia la resistencia de la malla es:

$$\mathbf{Rm = 5.99 \Omega}$$

#### 12.2.4. Resistencia de las jabalinas

La resistencia del conjunto de jabalinas se calcula con la siguiente expresión.

$$Rj = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot L} \left[ \ln \left( \frac{8 \cdot Lj}{Dj} \right) - 1 + \frac{2 \cdot k_1 \cdot Lj}{\sqrt{A}} - (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

Dónde:

- $n = 2$ ; numero de jabalinas
- $Lj = 3m$ ; longitud de la cada jabalina.
- $Dj = 1.58cm$ ; diámetro de la jabalina.
- $k_1 = 1.14$ ; coeficiente según forma de la malla.
- $A = 195 m^2$ ; superficie de la malla.

En consecuencia la resistencia de las jabalinas resulta:

$$\mathbf{Rj = 7.2532 \Omega}$$

#### 12.2.5. Resistencia del sistema compuesto

La interacción entre malla y jabalinas, provoca un efecto de influencia mutua, la misma se calcula por la siguiente formula:

$$Rw = Rm - \frac{\rho}{\pi \cdot Lm} \left( 2.303 \cdot \log \frac{Lj}{\sqrt{D \cdot h}} - 1 \right) \rightarrow \mathbf{Rw = 5.9545 \Omega}$$

En consecuencia la resistencia total del sistema compuesto resulta:

$$Rt = Rm \cdot Rj - \frac{Rw^2}{Rm} + Rj - 2 \cdot Rw$$

$$\mathbf{Rt = 5.989 \Omega}$$

### 12.2.6. Tensiones de falla

1.1 Tensión de paso admisible para personas de 70 kg aproximadamente.

$$E_{paso} = \frac{(1000 + Cs \cdot 6 \rho_s) \cdot 0.157}{\sqrt{t}}$$

$$Cs = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 \cdot hs + 0.09}$$

- $Cs = 0.89$ ; factor de reducción de la resistividad de la capa superficial

La tensión de paso resulta:

$$E_{paso} = 2671.782 V$$

1.2 Tensión de contacto para personas de 70kg aproximadamente.

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + Cs \cdot 1.5 \rho) \cdot 0.157}{\sqrt{t}}$$

La tensión de contacto resulta:

$$E_{contacto} = 785.696 V$$

#### 12.2.6.1. Cálculo de la tensión de malla

La tensión de malla se determina por la siguiente fórmula:

$$Em = \frac{\rho \cdot I' \cdot k \cdot km \cdot ki}{Lm}$$

Donde:

- $km = 0.04$ ; es un valor geométrico de espaciamiento de la malla.
- $ki = 17.39$ ; factor de irregularidad

Estos coeficientes son calculados por fórmulas según la IEEE st 80 que se detallan en el en la planilla de Excel.

La tensión de malla resulta:

$$Em = 242.4 V$$

### **12.2.6.2. Verificación de la tensión de paso y contacto respecto a la tensión de malla**

Debe verificarse:  $E_{malla} < E_{contacto} < E_{paso}$

$$E_m = 242.4 V < E_{contacto} = 785.696 V < E_{paso} = 2671.782 V$$

En el Anexo III, Plano N° 12, se representa la malla de puesta a tierra y los detalles de la misma como así también de la barra equipotencial.

## 13. CÁLCULOS MECÁNICOS

### 13.1. Carro portante de celdas de M.T.

Se construirá un carro portante, con ruedas (dos fijas y dos móviles) para su desplazamiento. Con él se ingresara la celda al recinto para el ensayo de calentamiento. El carro será dimensionado de manera que pueda ser utilizado para las celdas de 33kV como para las de 13.2kV.

Se considerará las dimensiones y características de la celda de 33kV, como las condición más desfavorable para los cálculos de los perfiles de mayor longitud, también se calcula los perfiles interiores donde se apoyara la celda de 13.2kV, considerando a la celda de acoplamiento de barras más el ducto de remonte como la condición más desfavorable ya que la misma es la de mayor dimensiones y peso que el resto de las celdas de 13.2kV. Luego se verificará los perfiles longitudinales considerando las reacciones obtenidas en los cálculos de los perfiles transversales (cuando se apoya la celda de 13.2kV) como si fueran cargas puntuales. Se pretende determinar el modulo resistente del perfil IPN que resista el peso de las celdas. Por catálogo se escogerá el perfil con un módulo resistente inmediato superior al obtenido en los cálculos.

#### 13.1.1. Datos de las celdas de 33 kV para cálculo del carro

- Largo: 3200 mm.
- Ancho: 1500 mm.
- Peso: 1500 kg.

El carro tendrá la forma, como muestra la fig.13.1, y en sus cuatro extremos estará provisto de ruedas para su desplazamiento.

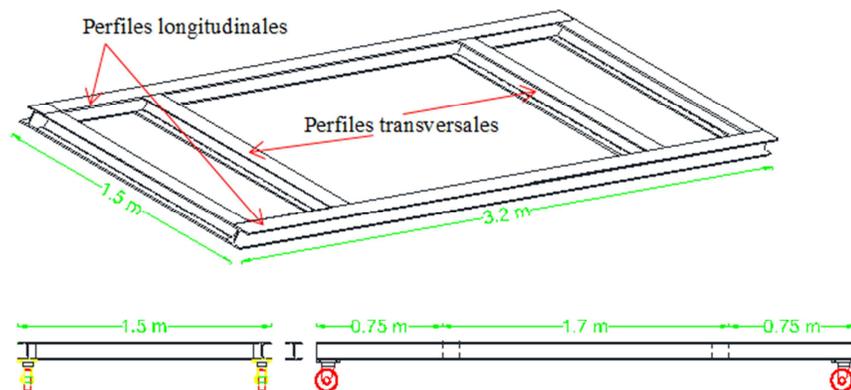


Fig.13.1-Carro portante de celda

### 13.1.2. Cálculos de los perfiles de mayor longitud

Se considera la carga de 1500 kg como uniformemente repartida en toda la longitud del perfil (3200 mm) y se determinara un módulo resistente que luego se dividirá en dos debido a que el peso de la celda será soportado, principalmente, por los dos perfiles longitudinales. Para los cálculos de esfuerzos se considera como una viga isostática como se representa en la fig.13.2.

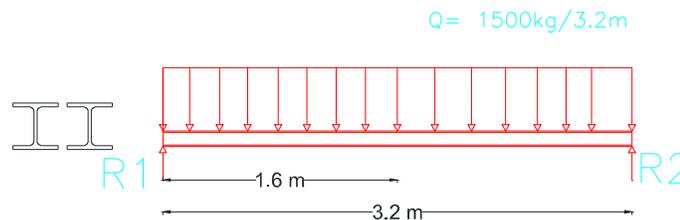


Fig.13.2

- Cálculo de las reacciones teniendo presente las ecuaciones de equilibrio.

$$P = 1500 \text{ kg} \therefore Q = \frac{1500 \text{ kg}}{3.2 \text{ m}} = 468.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ (carga repartida)}$$

$$R1 = R2 = \frac{P}{2} \rightarrow R1 = R2 = \frac{1500 \text{ kg}}{2} = 750 \text{ kg}$$

- Esfuerzos cortante y flector.

Esfuerzo cortante para una carga repartida resulta:

$$V_{1-2} = Q * \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

Esfuerzo flector para una carga repartida:

$$M_{1-2} = Q * x * \left( \frac{L}{2} - \frac{x}{2} \right) \text{ el momento maximo sera: } M_{max} = \frac{Q * L^2}{8} ; \text{ para } x = \frac{L}{2}$$

Los diagramas de esfuerzo son los indicados en la fig.13.3.

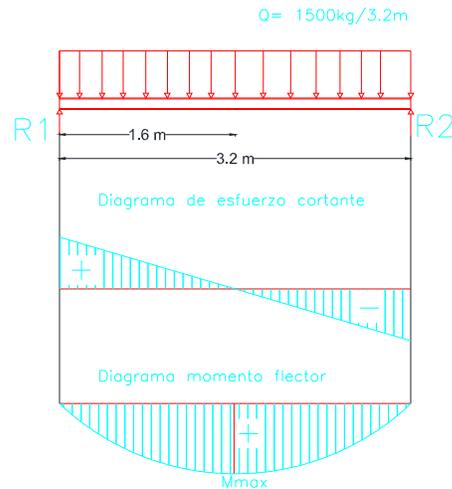


Fig.13.3-Diagramas de Esfuerzos Cortante y Flector.

➤ Momento flector máximo resulta:

$$M_{max} = \frac{468.75 \text{ kg/m} \cdot 3.2^2 \text{ m}^2}{8} = 600 \text{ kgm} = 60000 \text{ kg.cm}$$

Una vez calculado las reacciones por las condiciones de equilibrio y el máximo esfuerzo flector se procede a calcular la tensión con la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

Teniendo presente que el acero soporta un esfuerzo hasta el límite elástico de 250Mpa, según Tabla 13.1, se adopta para el cálculo de la tensión del acero 200 Mpa y un coeficiente de seguridad de 3. En consecuencia se tiene:

Tabla 13.1- Tensiones de rotura de algunos materiales

Material	Límite elástico (MPa)	Tensión de rotura (MPa)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Acero A36	250	400	7.8
Acero al carbono 1090	250	841	7.58
Piel humana	15	20	2.2
Titanio 11 (Ti-8Al-2Sn-1.5Zr-1Mo-0.35Bi-0.1Si) <sup>4</sup>	940	1040	4.5
Acero, API 5L X85 <sup>5</sup>	448	531	7.8

$$\sigma_{adm-ac} = \frac{200 \text{ Mpa}}{3} = 66.7 \text{ Mpa}; \quad 1 \text{ Mpa} = \frac{10.2 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \therefore \sigma_{adm-ac} = 680.34 \text{ kg/cm}^2$$

El valor de la tensión máxima se encuentra en la periferia, es decir donde la variable cota (y) es mayor. Se puede caracterizar cada sección por su módulo resistente o módulo de resistencia, que se define como el cociente entre inercia y distancia máxima:

$$W_x = \frac{I_x}{y_{max}}$$

➤ Para la selección del perfil se debe verificar que:

$$W_x \geq \frac{M_x}{\sigma_{adm-ac}} \rightarrow W_x = \frac{60000 \text{ kg.cm}}{680.34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 88.19 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{88.19 \text{ cm}^3}{2} = 44.1 \text{ cm}^3$$

Obtenido el modulo resistente, se procede a seleccionar de la tabla de perfiles IPN un módulo resistente inmediato superior al calculado, resultando un perfil **IPN 120** que le corresponde un módulo resistente  $W_x = 54.7 \text{ cm}^3$ , en el Anexo II se adjunta la tabla de perfiles IPN, utilizadas para el cálculo.

### 13.1.3. Datos de la celda 13.2 kV para cálculo del carro

Para el cálculo se considera la celda de acoplamiento con ducto de remonte de barras que sería la condición más desfavorable ya que es la de mayor dimensión y peso que las demás celdas. En la fig.13.4, se representa la estructura del carro con la celda de 13.2 kV.

- Largo: 1700 mm.
- Ancho: 1450 mm. (950 mm de la celda + 500 mm del ducto de remonte).
- Peso (celda + ducto): 1000 kg.

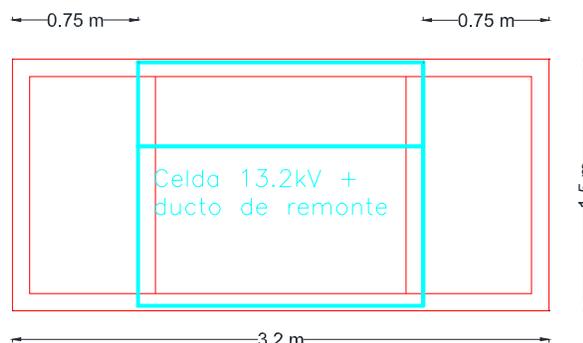
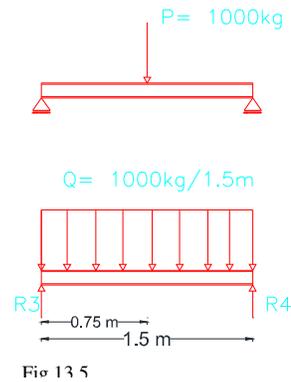


Fig.13.4-Carro con la Celda de 13.2 kV.

### 13.1.4. Cálculos de los perfiles transversales

Se considera la carga de los 1000 kg como repartida a lo largo del perfil (1500 mm) y se determina el módulo resistente que luego se dividirá en dos debido a que el peso de la celda será soportado por dos perfiles. Esto se grafica en la fig.13.5.



- Cálculo de las reacciones teniendo presente las ecuaciones de equilibrio.

$$R_3 = R_4 = \frac{P}{2} \rightarrow R_3 = R_4 = \frac{1000 \text{ kg}}{2} = \mathbf{500 \text{ kg}}$$

- Esfuerzos cortante y flector para una carga uniformemente distribuida.

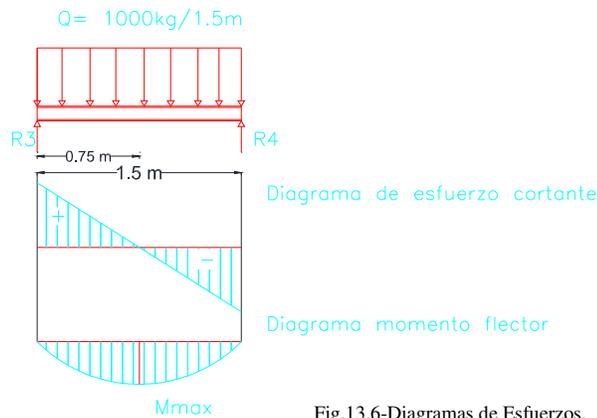
Esfuerzo cortante:

$$V_{3-4} = Q \cdot \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

Esfuerzo flector:

$$M_{3-4} = Q \cdot x \cdot \left( \frac{L}{2} - \frac{x}{2} \right) \text{ el momento máximo será: } M_{max} = \frac{Q \cdot L^2}{8}; \text{ para } x = \frac{L}{2}$$

Los diagramas de esfuerzo para estas condiciones, son los indicados en la fig.13.6.



- El momento flector máximo resulta:

$$M_{max} = \frac{666.7(\text{kg/m}) \cdot 1.5^2 \text{ m}^2}{8} = \mathbf{187.5 \text{ kgm} = 18750 \text{ kg.cm}}$$

Una vez calculado las reacciones por las condiciones de equilibrio y el máximo esfuerzo se procede a calcular la tensión con la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

Al igual que en el caso anterior se adopta para el cálculo de la tensión del acero 200 Mpa y un coeficiente de seguridad de 3. En consecuencia se tiene:

$$\sigma_{adm-ac} = \frac{200 \text{ Mpa}}{3} = 66.7 \text{ Mpa}; \quad 1 \text{ Mpa} = \frac{10.2 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \therefore \sigma_{adm-ac} = \mathbf{680.34 \text{ kg/cm}^2}$$

➤ Para la selección del perfil se debe verificar que:

$$W_x \geq \frac{Mx}{\sigma_{adm-ac}} \rightarrow W_x = \frac{18750 \text{ kg.cm}}{680.34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = \mathbf{27.6 \text{ cm}^3}$$

$$W_x = \frac{27.6 \text{ cm}^3}{2} = \mathbf{13.8 \text{ cm}^3}$$

Una vez hallado el modulo resistente se selecciona una perfil IPN por tabla de perfiles con un módulo resistente inmediato superior. En consecuencia se tendrá un perfil **IPN 80**, al que le corresponde un módulo resistente  $W_x = \mathbf{19.5 \text{ cm}^3}$ .

### 13.2. Verificación del perfil longitudinal con las reacciones del perfil transversal como carga puntuales

Ahora se procede a verificar los perfiles de mayor longitud, considerando las reacciones (R3 y R4) del perfil transversal como cargas puntuales, esto se representa en la fig.13.7, lo que dará un esfuerzo cortante y flector diferente al calculado al principio y con lo cual se corroborara la selección del perfil IPN 120 que resultado de esos cálculos.

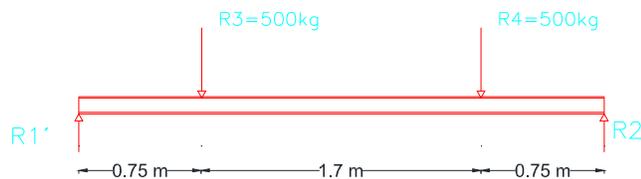


Fig.13.7

➤ Cálculo de las reacciones teniendo presente las ecuaciones de equilibrio.

$$R1' = R2' = \frac{P}{2} \rightarrow R1' = R2' = \frac{1000 \text{ kg}}{2} = \mathbf{500 \text{ kg}}$$

➤ Cálculo de esfuerzos cortante y flector con cargas puntuales, los mismos se grafican en la fig13.8.

Esfuerzo cortante:

$$Q1 = R1' = 500 \text{ Kg}$$

$$Q2 = R1' - R2' = (500 - 500) \text{ Kg} = 0$$

$$Q3 = -R2' = -500 \text{ Kg}$$

Esfuerzo flector:

$$M_1 = 0$$

$$M_2 = 500\text{kg} * 0.75\text{m} = 375\text{kgm}$$

$$M_3 = M_2 - 0 = 375\text{kgm}$$

$$M_4 = M_3 - (R_4 * 0.75\text{m}) = 0$$

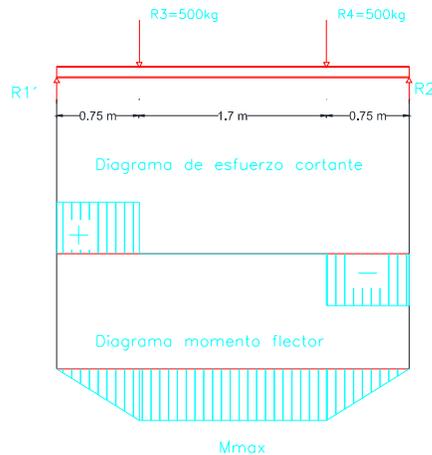


Fig.13.8-Diagrama de Esfuerzos.

➤ En consecuencia el momento máximo resulta:

$$M_{max} = 375 \text{ kgm} = 37500 \text{ kg.cm}$$

Como en los casos anteriores, se adopta para el cálculo de la tensión admisible del acero una tensión menor al límite elástico del acero (200 Mpa) y un coeficiente de seguridad de 3. En consecuencia se tiene:

$$\sigma_{adm-ac} = \frac{200 \text{ Mpa}}{3} = 66.7 \text{ Mpa}; \quad 1\text{Mpa} = \frac{10.2\text{kg}}{\text{cm}^2} \therefore \sigma_{adm-ac} = 680.34 \text{ kg/cm}^2$$

El modulo resistente será:

$$W_x \geq \frac{M_x}{\sigma_{adm-ac}} \rightarrow W_x = \frac{37500 \text{ kg.cm}}{680.34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 55.1 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{55.1 \text{ cm}^3}{2} = 27.6 \text{ cm}^3$$

Determinado el modulo resistente se procede a seleccionar un perfil IPN con un módulo resistente inmediato superior. Por lo que resulta un perfil **IPN 100 < IPN 120** obtenido en el primer caso. Con esto queda demostrado que el perfil de mayor longitud dimensionado para el peso de la celda de 33 kV verifica también para las cargas puntuales (reacciones) de las celdas de 13.2 kV.

### 13.3. Cálculo y selección de ruedas para el carro

#### 13.3.1. Variables para la selección de una rueda industrial

La correcta selección de una rueda para un dispositivo de transporte implica no solamente el cálculo resistente, sino también la correcta evaluación de las variables de operación con que serán utilizadas. A continuación se detalla las principales variables a tener en cuenta para la selección de una rueda industrial; no obstante, esta lista no es taxativa, y en cada condición de uso es conveniente verificar la presencia de alguna variable particular del proceso. La correcta evaluación de estas variables permitirá encontrar el modelo óptimo ofrecido por cada fabricante.

- Naturaleza del piso: es el tipo de piso hormigón, cerámico, asfáltico, metálico u otros.
- Condiciones del piso: estado de conservación, desniveles, obstáculos, rugosidades, u otros.
- Forma de tracción:  
Manual: se considera al equipo movido por el operador a una velocidad equivalente a la de una persona caminando.  
Mecánica: el equipo es movido por remolques motorizados.
- Condiciones Ambientales: Se consideran condiciones anormales del ambiente cuando haya contacto directo con; productos químicos, astillas o virutas, evaluar la necesidad de conducción eléctrica, necesidad de reducción de vibraciones y ruidos, se recomienda utilizar banda de rodadura con materiales blandos.
- Tipo de servicio:  
Normal (std): se considera de esta manera al movimiento intercalado con períodos de paradas.  
Intenso (Pesado): grandes períodos en movimiento; se recomienda el uso de ruedas con el mayor diámetro posible.
- Espacio para maniobras:  
Área Normal: se recomienda utilizar un conjunto (mix) de ruedas giratorias y fijas.  
Área con restricción de espacios: se recomienda utilizar solamente ruedas giratorias.
- Tipo de montaje de las ruedas:

Si bien para cada alternativa de uso se puede diseñar una configuración particular, en la fig.13.9 se detallan las configuraciones más comunes:

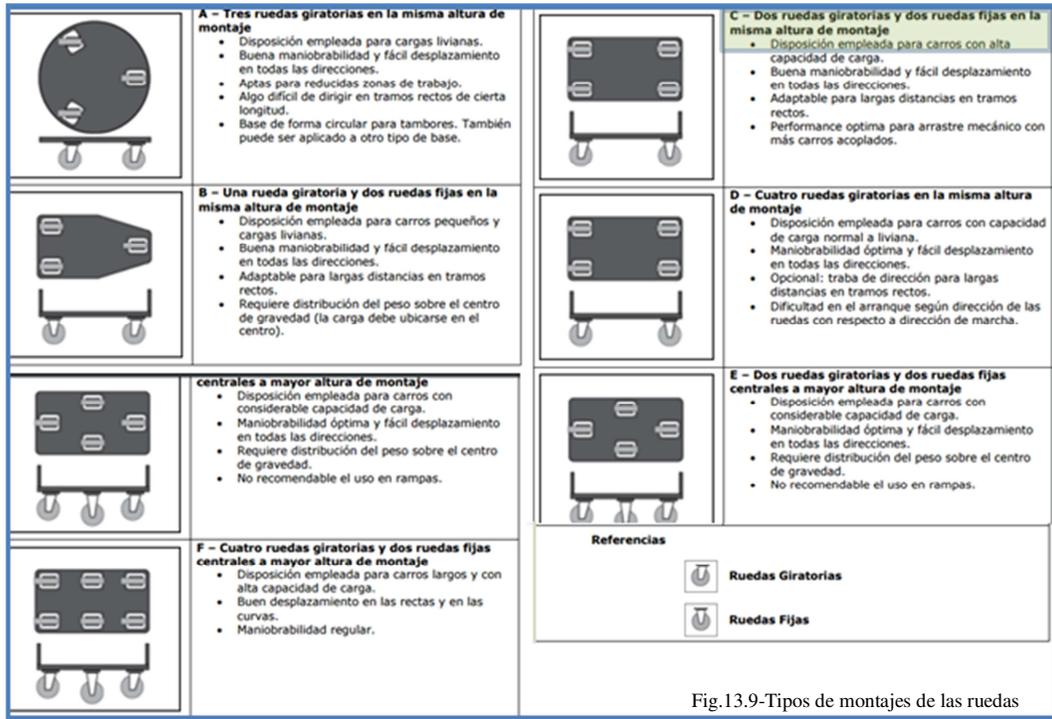


Fig.13.9-Tipos de montajes de las ruedas

### 13.3.2. Cálculo de la carga máxima que soporta la rueda

Cabe señalar que para el diseño y selección de ruedas primeramente debe indicarse que dichos cálculos se realizan regularmente para carros / equipos considerados como indeformables, por tal motivo la utilización de 4 o más ruedas por equipo, siendo que con solo tres puede soportarse la mayoría de cargas, se entiende válido únicamente para dar mayor o mejor sustentabilidad al equipo-carga. Con tales preceptos se calcula la carga por rueda de la siguiente forma:

#### 13.3.2.1. Cálculo exacto para seleccionar las ruedas

Para el cálculo exacto de la carga por rueda en función de la configuración del carro se procede de la siguiente manera:

$$Qt(kg) = \text{Peso de la carga} + \text{Peso del equipo}$$

$$Qrf(kg) = \text{Capacidad de carga por rueda fija}$$

$$Qrg(kg) = \text{Capacidad de carga por rueda giratoria}$$

$$Nf = N^{\circ} \text{ de ruedas fijas}$$

$$Ng = N^{\circ} \text{ de ruedas giratorias}$$

Según el tipo de montaje de las ruedas, dos fijas y dos móviles como indica la figura C que muestra las formas de montaje, corresponde el siguiente calculo:

Figura C (Dos ruedas fijas y dos giratorias).

$$Qrf = Qrg = \frac{Qt}{Nf+Ng-1}$$

El peso total del equipo resulta:

- Característica del Perfil IPN 120. (Consultar tabla de perfiles en el Anexo II).

Peso del perfil por tabla: 11.7 kg/m

Longitud de los perfiles longitudinales:  $L_{Log.} = 3.2m * 2 = 6.4m$

En consecuencia se tendrá un peso total correspondiente al perfil IPN 120 de:

$$Peso_{IPN 120} = 11.7 \frac{kg}{m} * 6.4m = 71.04 kg$$

- Perfil IPN 80.

Peso del perfil por tabla: 5.94 kg/m

Longitud de los perfiles transversales:  $L_{Transv.} = 1.5m * 4 = 6 m$

En consecuencia el peso total correspondiente a los perfiles IPN 80 resulta:

$$Peso_{IPN 80} = 5.94 \frac{kg}{m} * 6m = 35.6 kg$$

Por lo que el peso total de la estructura sera:

$$P_T = Peso_{IPN 80} + Peso_{IPN 120} = 35.6 kg + 71.04 kg \rightarrow P_T \cong 107kg$$

Por lo que el peso total (carga mas estructura) es:

$$Qt = Peso_{celda 33kV} + P_T = 1500 kg + 107kg \rightarrow Qt = 1607kg$$

Una vez obtenido el peso total, se procede a calcular el peso que tendrá que soportar cada rueda fija y cada rueda giratoria.

$$Qrf = Qrg = \frac{Qt}{Nf+Ng-1}; \text{ donde } Nf = 2 \text{ ruedas Fija ; } Ng = 2 \text{ ruedas giratorias}$$

$$Qrf = Qrg = \frac{1607 Kg}{2+2-1} \rightarrow Qrf = Qrg \cong 536 kg/rueda$$

### 13.3.3. Selección de ruedas por catálogo

La selección de las ruedas (fijas y giratorias) se determina por catalogo de Ruedas Hofer, el cual puede consultarse en el Anexo II. Las ruedas serán de hierro y poliuretano

correspondiente a la serie TV con soporte de acero estampado, alas de 4 mm de espesor y plato de 6 mm de espesor. Presentan un acabado zincado, soporte giratorio de doble hilera de bolas, protector anti-polvo. Con el peso que debe soportar cada rueda de 536 kg se selecciona la inmediata superior que corresponde a:

- Ruedas giratorias, provistas con freno total:

Codigo: 5072 (ruedas giratorias con rulemanes), soporta un peso de 600 kg.

- Ruedas fijas:

Codigo: 5076 (ruedas fijas con rulemanes), soporta un peso de 600 kg.

Serie TV									
Soporte de acero estampado. Alas de 4mm de espesor. Plato de 6mm de espesor. Acabado zincado. Soporte giratorio de doble hilera de bolas. Protector anti-polvo. Opcional freno total sobre soporte y rueda.									
Diámetro	Ancho	Carga Kgs.	Eje	Altura total	Plato mm.	Entre centros	Giratoria c/base	Giratoria c/base y freno	Fija
125	50	350	Rulemanes	165	135x100	105x80	5065	5069	5073
150	50	400	Rulemanes	195	135x100	105x80	5066	5070	5074
200	50	500	Rulemanes	240	135x100	105x80	5067	5071	5075
250	50	600	Rulemanes	295	135x100	105x80	5068	5072	5076



## 14. SEGURIDAD E HIGIENE

### 14.1. Objetivo

El objetivo es cubrir los requerimientos impuestos por la ley 19587 “Seguridad e Higiene” y el decreto 351/79 en lo que concierne en materia de seguridad en función de las tareas que se realizarán en el laboratorio de ensayos.

#### 14.1.1. Riesgo eléctrico

Es el principal problema de seguridad que puede aparecer durante los ensayos, donde si bien los equipos utilizados tienen todas las protecciones para hacerlos seguros puede suceder que por alguna distracción o manipulación errónea se esté expuesto a recibir descargas eléctricas. Por este motivo se hará las recomendaciones de seguridad pertinentes.

##### 14.1.1.1. Contactos eléctricos, directos e indirectos

- Contacto directo; es el que se produce con las partes activas de la instalación, que se encuentran habitualmente bajo tensión eléctrica.

El riesgo será tanto más elevado cuanto mayor sea la duración del contacto y mayor la intensidad de corriente.

- Contacto indirecto; es el que se produce con masas puestas accidentalmente en tensión.

##### 14.1.1.2. Medidas de control para disminuir los contactos directos

La instalación eléctrica en su conjunto, como así también al aplicar tensión con los equipos de ensayos a las celdas, se tiene partes que normalmente o en situación de emergencia se pueden encontrar bajo tensión, que deben ser protegidas, a fin de evitar los contactos directos con el personal que realiza los ensayos y con los operarios que desarrollan su actividad laboral en torno al laboratorio.

Todas las partes activas de los equipos eléctricos estarán protegidas mediante aislación básica y/o, barrera o envolvente de protección, que prevenga del contacto directo.

Se dispondrá de procedimientos de trabajo seguro, en el que se indicara la secuencia de conexión y desconexión de los tableros ensayados con tensión y también se mencionara las condiciones de seguridad a cumplimentar.

- Alejar los cables y conexiones de los lugares de trabajo y paso.
- Recubrir las partes en tensión con material aislante.
- Para el ensayo de tensión nominal y rigidez dieléctrica de las celdas, los equipos (de baja tensión) serán comandados a distancias desde un espacio vidriado en la oficina, de esta manera, se estará aislado de las partes con mayor tensión.
- El laboratorio tendrá un sistema de enclavamiento electromecánico en el portón por el que se ingresa las celdas al laboratorio, el mismo estará enclavado en forma eléctrica con el tablero seccional, de manera que si el portón no está cerrado no se tendrá habilitación de tensión en el sector de ensayos de las celdas y por lo tanto no se podrá energizar ningún equipo. Existe la posibilidad que mediante una selectora con llave se habilite tensión, aun con el portón abierto. Al cerrarse el portón se tendrá una alarma lumínica y acústica que indicará que en el interior del recinto se está trabajando con tensión. Se tendrá un pulsador de emergencia que interrumpirá la tensión en cualquier situación de emergencia que se necesite desenergizar el sector de ensayos. En el Plano N° 4 se detalla la funcionalidad del enclavamiento electromecánico.

#### **14.1.1.3. Medidas de control para disminuir los contactos indirectos**

- El personal encargado de los chequeos de rutina de las celdas, contará con los elementos de protección apropiados para tal fin.
- El laboratorio dispondrá de malla de puesta a tierra a la que se vincula las jabalinas y la barra equipotencial. Toda la estructura que limita el área del laboratorio estará unida a tierra en forma permanente, los equipos de trabajo, y las celdas a ensayar se pondrán a tierra al momento de realizar los ensayos.
- Cuando se produce un contacto eléctrico indirecto, la puesta a tierra drena una gran parte de la corriente eléctrica que, de otro modo, pasaría a través del cuerpo.
- En el tablero seccional se dispone de interruptor diferencial para aumentar la protección contra los contactos indirectos. Al emplearse estas protecciones se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:
  - a) El posible disparo intempestivo de estos dispositivos, debido a las corrientes de armónicos superiores (por lámparas de descarga, balastos electrónicos, filtros, etc.), a las corrientes de fuga capacitivas, a las sobretensiones transitorias y a las corrientes derivadas de descargas atmosféricas.

- b) La corriente diferencial de actuación, debe ser 30 mA.
- El laboratorio estará señalizado, además de la alarma lumínica y sonora, con carteles que indican el “peligro de electrocución”

#### **14.1.1.4. Medidas preventivas**

En toda instalación eléctrica, los conductores y quipos empleados para los ensayos que estén conectados y/o bajo tensión, se debe comprobar la ausencia de tensión con instrumentos apropiados, como ser tester.

- Se realizarán los ensayos con personal capacitado y autorizado para ello.
- El responsable del sector de control de calidad de los tableros, deberá controlar e instruir al personal para no incurrir en el incumplimiento de las normativas de seguridad.
- En el trabajo con quipos alimentados por electricidad, es preciso aislarse utilizando equipos y medios de protección individual certificados.
- Todo equipo eléctrico, con tensión superior a la de seguridad (24 Voltios) o que carezca de características dieléctricas de doble aislamiento, estará unido o conectado a tierra y en todo caso tendrá protección con interruptor diferencial.
- Se debe comprobar periódicamente el funcionamiento de las protecciones de la instalación y de los equipos de ensayos.
- No se utilizará cables prolongadores que no dispongan de conductor de protección para la alimentación de receptores con toma de tierra.
- Todo cable de alimentación eléctrica conectado a una toma de corriente debe estar dotado de conector normalizado.
- Los equipos eléctricos se deben desconectar al terminar su empleo o en la pausa de trabajo. Queda terminantemente prohibido desconectar cualquier equipo eléctrico, tirando del cable. Siempre se debe desconectar tomando la ficha, enchufe-conector, y tirando de ella.
- No realizar bromas con la electricidad.

El equipo de trabajo deberá contar con el material de seguridad necesario para el tipo de tarea a efectuar, los equipos de salvataje y un botiquín de primeros auxilios para el caso de accidentes. Todo el material de seguridad deberá de verificarse visualmente antes de cada trabajo, además de las inspecciones periódica que realice el personal del Servicio

de Higiene y Seguridad en el Trabajo, todo elemento que no resulte apto no podrá ser utilizado.

#### **14.1.1.5. Trabajos sin tensión**

Todo trabajo en una instalación eléctrica o en su proximidad que conlleve un riesgo eléctrico deberá realizarse siempre que sea posible sin tensión conforme a las técnicas y procedimientos establecidos por la empresa.

Cuando se trabaje en instalaciones eléctricas, utilizar obligatoriamente las cinco reglas de oro.

Hasta que no se hayan completado las cinco Reglas de Oro, se considerará con Tensión la parte de Instalación afectada. Por lo tanto, se deben utilizar todas las medidas preventivas adecuadas como si se trabajara con tensión.

#### **14.1.1.6. Reglas de Oro**

1. Cortar todas las fuentes en tensión.
2. Bloquear los aparatos de corte.
3. Verificar la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
5. Delimitar y señalizar la zona de trabajo.

## **15. IMPACTO AMBIENTAL**

### **15.1. Generalidades**

En esta parte del trabajo se considera los efectos que puede producir el campo eléctrico, debido a las altas tensiones, y a los campos magnéticos generado por la circulación de corriente.

Es importantes destacar que en el laboratorio de ensayos se estará en presencia de elevada tensión solo cuando se realice los ensayos de rigidez dieléctrica y tensión nominal, que no superan un tiempo de 10 minutos en forma prolongada, y se tendrá elevada corriente cuando se realiza el ensayo de calentamiento, en donde el tiempo será lo que dura el ensayo, 8 horas como máximo.

### **15.2. Fundamentos físicos**

Mientras que los campos eléctricos están asociados a la presencia de cargas eléctricas, los campos magnéticos resultan del movimiento de dichas cargas, es decir, de la corriente eléctrica. De igual forma, los campos magnéticos crean campos eléctricos, mientras haya variación del flujo. Por tanto, ambos tipos de campo (eléctrico y magnético) están íntimamente relacionados y se estudian conjuntamente en la parte de la física denominada electromagnetismo.

#### **15.2.1. Campos eléctricos**

Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltajes. Por cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta y son más intensos cuanto menos es la distancia a la carga o conducto cargado que lo genera.

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo de seres vivos, como en cualquier material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie. Provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo, como se muestra en la fig.15.1.

El campo eléctrico se mide en el Sistema Internacional (SI) en volts/metro (V/m).

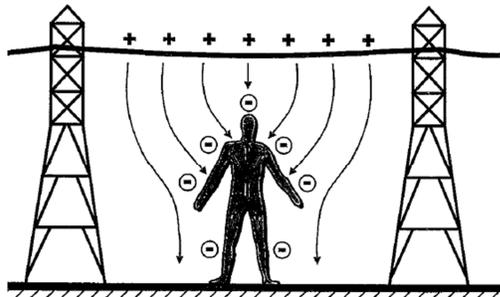


Fig.15.1-Acoplamiento de Campo Eléctrico y cuerpo humano

### 15.2.2. Campos magnéticos

Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas, una corriente más fuerte produce un campo más fuerte. Los campos magnéticos se originan por el movimiento de las cargas eléctricas. La intensidad de los campos magnéticos se mide en amperios por metro (A/m), aunque algunos científicos utilizan más frecuentemente una magnitud relacionada, la densidad de flujo en micro teslas,  $\mu\text{T}$  unidad de medida perteneciente al Sistema Internacional.

Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo, esto se grafica con la fig.15.2. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

Los campos magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la distancia desde la fuente. Cuando mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad en los puntos cercanos a su origen.

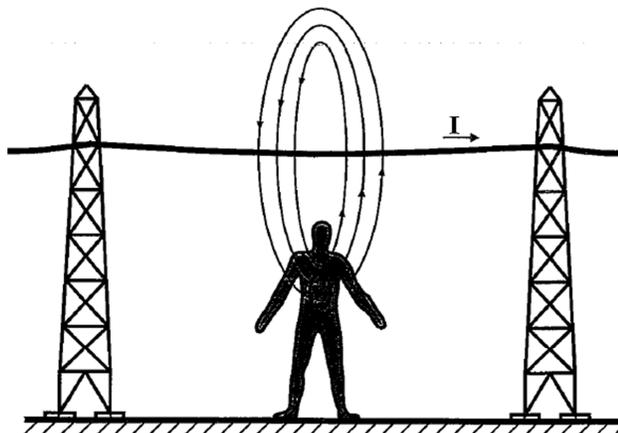


Fig.15.2-Acoplamiento de campo magnético y el cuerpo humano

### **15.2.3. Campos electromagnéticos y la salud**

Los estudios sobre los posibles efectos perniciosos para la salud de la exposición a campos electromagnéticos se ha llevado a cabo desde los años sesenta, sin que hasta el momento se haya demostrado una relación causa efecto definitiva. En general la Comunidad Científica Internacional está de acuerdo en que la exposición a los campos eléctricos y magnéticos generados para las instalaciones eléctricas de alta tensión no supone riesgo para la salud pública. La unanimidad se refiere sobre todo a los posibles efectos a largo plazo (enfermedades como cáncer y leucemia).

En relación a los efectos inmediatos, si se ha demostrado reacciones en el organismo, desde cosquilleo o chispazos al tocar un objeto expuesto hasta contracciones musculares y arritmia pero sólo cuando la densidad de corriente inducida por los campos electromagnéticos es alta y no con la intensidad de corriente a la que está expuesto el público cercano a una línea eléctrica o a una subestación de alta tensión o aun transformador.

La alarma social surgió cuando los primeros estudios epidemiológicos con personas que vivían cerca de las líneas eléctricas de alta tensión concluyeron que estas personas y en particular los niños, tenían más posibilidad de contraer cáncer.

En concreto, una serie de trabajos de la Universidad de Columbia, decían que la exposición continua a campos electromagnéticos intensificaba la actividad celular. Numerosos estudios posteriores de carácter científico ha realizado experimentos similares, con poblaciones más amplias y mejor metodología, sin llegar a reproducir los resultados que convertían en peligrosa la cercanía a instalaciones de alta tensión.

Otras investigaciones ambientales indican que la presencia de ondas electromagnéticas en el medio afecta a los seres vivos en función de las características de aquellas y de la sensibilidad y receptividad de estos.

Tanto los campos eléctricos como los magnéticos inducen tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, pero incluso debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes inducidas son muy pequeñas comparadas con los umbrales para la producción de sacudidas eléctricas u otros efectos eléctricos.

Los materiales conductores, como los metales, proporcionan una protección eficaz contra los campos eléctricos. Otros materiales, como los materiales de construcción, presentan también cierta capacidad protectora. Por consiguiente, las paredes, reducen la intensidad de los campos eléctricos. Sin embargo, la mayoría de los materiales no atenúan los campos electromagnéticos.

Actualmente no se pone en cuestión que por encima de determinados umbrales los campos electromagnéticos puedan desencadenar efectos biológicos. La controversia que se plantea ahora se centra en si, bajos niveles de exposición a largo plazo que pueden o no, provocar respuestas biológicas e influir en el bienestar de las personas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), basándose de las publicaciones científicas, concluyo que los resultados existentes no confirman que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad produzca ninguna consecuencia para la salud, aunque sigue existiendo cierta incertidumbre sobre los efectos biológicos.

#### **15.2.4. Parámetros reglamentarios**

La resolución 77/78 de la Secretaria de Energía amplía las condiciones y requerimientos fijados en el Manual de Gestión Ambiental del Sistema de Transporte Eléctrico de Alta Tensión. De este modo, se indica para el campo eléctrico, un valor límite máximo permitido de 3kV/m. de la misma manera para el campo magnético se establece un valor tope de 25 $\mu$ T.

En cualquier posición, el nivel máximo de campo eléctrico y/o magnético, para régimen permanente, no deberá superar el límite de seguridad de 5mA.

#### **15.2.5. Valor socio Ambiental**

En términos generales, en el laboratorio de ensayos, no se estará expuesto a campos eléctricos y magnéticos en forma frecuente por lo que no será de riesgos para la salud de los operarios debido a que la exposición a los campos eléctricos y magnéticos es baja.

#### **15.2.6. Medidas de seguridad**

Cuando se realicen los ensayos de rigidez dieléctrica, que es cuando se tiene elevada tensión (hasta 70kV en celdas de 33 kV) por un tiempo relativamente corto, se dispone de un espacio aislado de donde se comanda el transformador con el que se realiza el ensayo, sin tener que estar expuestos a ningún tipo de riesgo.

Para el ensayo de calentamiento de la celda, la misma estará en un recinto cerrado junto al equipo con el que se inyecta corriente. Al recinto solo se ingresa en intervalos de tiempos cortos para la recolección de las lecturas de temperatura, por lo que la exposición al campo magnético, cercano al equipo que lo emite, es corto.

## 16. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 16.1. Generalidades

El análisis económico que se realiza en el presente trabajo consta, en primer lugar de un cómputo y presupuesto de lo necesario para ejecutar el proyecto. En segundo lugar se hará una estimación de los costos que implica enviar a realizar el ensayo de tipo de calentamiento de las celdas a laboratorios certificados como ser, el Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Nacional de Córdoba, debido a que el cliente puede acordar con el proveedor, realizar estos ensayos para verificar que se cumplan con las características marcadas en los protocolos, principalmente cuando se tienen grandes lotes de fabricación. Es en este punto donde la empresa se ahorraría dinero al contar con un recinto que cumpla con las características para realizar el ensayo de calentamiento. Por último se hará una conclusión de porque conviene invertir a la empresa, en la ejecución del Laboratorio de Ensayos de Rutina y de Tipo de calentamiento en celdas de M.T., cuyo principal objetivo es la seguridad y prevención de accidentes por lo que el proyecto se convertiría en una inversión intangible para la empresa.

### 16.2. Cómputo y presupuesto

Se ha realizado un relevamiento de precios, de todo lo necesario para la instalación propuesta. Para lo cual se consultó con el sector de compras-ventas de Proyección Electroluz, debido a que estos tienen contacto directo con distintos proveedores por lo que los materiales podrían conseguirse a precios de costo, de igual manera, los valores que figuran en las tablas son los mismos que para el público en general. Se contempla la contratación para el armado del recinto para el ensayo de calentamiento que lo manufacturará la misma empresa proveedora de las placas aislantes, PACSA S.R.L, cabe destacar que los trabajos eléctricos y de armado del laboratorio pudiesen ser realizados por personal de la empresa Proyección Electroluz, acción con la cual se ahorraría parte del costo de la instalación. A continuación se expondrán las tablas donde se detallan los materiales, cantidad y precios.

Los materiales necesarios para completar la Puesta a Tierra, se detallan en la Tabla 1, recordando que como malla de P.A.T. se utiliza la malla sima usada para el hormigón armado.

Tabla 1- Materiales para la malla de P.A.T.

Materiales para la malla de PAT	CANTIDAD	PRECIO/Unidad	PRECIO T. / Eleme.
Jabalina de cobre lisa 3/4" - 3000 mm	2	431,8 c/u	863,6
Barra de cobre de 40 X 10 mm(400mm longitud)	0,2 kgs	201,5 / kgs	40,3
PRECION TOTAL \$			903,9

Los materiales para la alimentación desde el tablero principal al tablero seccional y los elementos necesarios para la construcción del tablero seccional se exponen en la Tabla2.

Tabla 2- Materiales para la construcción del Tablero Seccional

Materiales para el tablero seccional (TS)	CANTIDAD	PRECIO/Unidad	PRECIO T./Eleme.
Cable Afumex 750 (1x 16mm2verde-amarillo)	80 m	65,8 /m	5264
cable Afumex 1000 (1 x 4 x 70 mm2)	80 m	620,4 /m	49632
cable de 2,5 mm2 (F + N) x 200 mtrs	200 m	5,3 /m	1060
cable de 1,5 mm2 (F + N) x 200 mtrs	200 m	3,3 /m	660
Interruptor NSX 160 B (4P - LV430875)	1	6616,7	6616,7
Protección LSI Micrologic 5,2 A-160A (4P- LV430498)	1	32014,9	32014,9
Pequeños Interruptores Automático(PIA-Siemens)			
2x16A (5SY6516-7)	7	362,6 C/U	2538,2
2x10A (5SY6510-7)	3	362,6 C/U	1087,8
4x16A (5SY6616-7)	2	846,5 C/U	1693
4x63A (5SY6463-7)	1	2355,9 C/U	2355,9
4x40A (5SY6440-7)	2	1254,2 C/U	2508,4
Interruptor Diferencial(Siemens)			
5SM1344-6 4 X 40 A-30mA	1	1749,3 C/U	1749,3
Contactador (Siemens)			
3RT1044-1AN20-(63A-220Vca-50Hz)	1	7194,8 C/U	7194,8
Tomacorrientes (Schneider SCAME)			
3F+N+PE (32A)	1	265,9 C/U	265,9
3F+N (32A)	1	251,7 C/U	251,7
F+N (16A)	1	187,4 C/U	187,4
Baliza vidrio rubí natural -BALIZALAU	1	119,245 C/U	119,245
Fuente QUINT-PS-100- 230Vca-24 Vcc/10A	1	10493,9 C/U	10493,9
Bobina(para enclavamiento mecánico)	1	1350,6 C/U	1350,6
Selectora con llave	1	1516,7 C/U	1516,7
Micro FKD-1000 (fin de carrera)	1	2572,3 C/U	2572,3
Pulsador de emergencia.	1	2786,3 C/U	2786,3
PRECION TOTAL			133919,0

Los materiales para la construcción del recinto donde se realizará el ensayo Tipo de calentamiento a las celdas se enumeran en la Tabla 3.

Tabla 3- Materiales para construcción del recinto para ensayo de calentamiento

Materiales para el recinto de ensayo de calentamiento	CANTIDAD	PRECIO/Unidad	PRECIO T./Eleme.
Paneles P/recinto calentamiento (PACSA S.R.L.) con paneles aislados de poliuretano	-	192450	192450
PRECIO TOTAL			192450

Las herramientas necesarias para la oficina se describen en la Tabla 4. Los precios fueron consultados en las casas de electrodomésticos de la ciudad de Rqta.

Tabla 4- Herramientas para la oficina

Equipamiento para la oficina	CANTIDAD	PRECIO/Unidad	PRECIO T./Eleme.
PC	2	12000 c/u	24000
Impresora	1	6000	6000
Mesas	4	1500 c/u	6000
Sillas	4	1200 c/u	4800
		<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>40800</b>

Los materiales para la construcción de los paneles que limitarán el laboratorio se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5-Materiales para la construcción de los paneles del laboratorio

Materiales p/construcción paneles de malla sima	CANTIDAD	PRECIO/Unidad	PRECIO T./Eleme.
Malla sima (40 x 40) mm	25m x 2m= 50m <sup>2</sup>	460 (2mx5m)	2300
Caño estructural (100 x 100)mm	17 m	1020 / 6m	2890
Caño estructural de (40 X 40 ) mm	95 m	396 / 6m	6270
		<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>11460,0</b>

Los materiales para la construcción del carro portante para las celdas se especifican en la Tabla 6. El costo de los perfiles fue consultado en corralones de la ciudad de Rqta, el precio de las ruedas, que incluye el envío, fue dado por el proveedor de “Ruedas Hofer”.

Tabla 6- Materiales para construcción del carro

Carro portante de celdas	CANTIDAD	PRECIO/Unidad	PRECIO T./Eleme.
Perfil IPN 120	6,4 m	1750 /6m	1866,7
Perfil IPN 80	6 m	1100 /6m	1100,0
Ruedas giratorias (serie TV 5072-con freno)	2	620 c/u	1240,0
Ruedas fijas (serie TV 5076)	2	540 c/u	1080,0
		<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>5286,7</b>

El costo total para la inversión, en lo que se refiere a materiales resulta:

<b>COSTO INVERSION EN MATERIALES</b>	<b>\$ 384819,6</b>
--------------------------------------	--------------------

Se especifican otros costos como ser, mano de obra y gastos de imprevistos por el método de porcentaje en función del costo de materiales en la Tabla 7.

- Mano de obra directa (15 % del costo de materiales). Si bien la mayor parte de las instalaciones necesarias para el laboratorio pueden realizarse con personal propio de la empresa, Proyección Electroluz, se tendrá presente en el presupuesto, que por razones de tiempo, podría contratarse mano de obra externa.
- Gastos imprevistos (4 % del subtotal de lo anterior). Cuando se habla de hechos imprevistos, se hace referencia a situaciones que ya han sucedido, anormales, extraordinarias, imprevisibles, ajenas a los extremos contractuales.
- Costos (sub. Total + Imprevistos).

- Gastos generales (15 % de lo anterior). Son aquellos costos indirectos relacionados a la ejecución del laboratorio, que no intervienen directamente en el proceso constructivo pero que sirven de apoyo o complemento para el logro de la meta u objetivos.
- Total (Gastos generales + Costos).
- Costo total de la obra (Total + IVA).

Tabla 7- Costos en función del costo de materiales

DESCRIPCION	PRECIO \$
Costo total de materiales	384819,6
Mano de obra (15% del costo de materiales)	57722,9
<b>SUB TOTAL</b>	<b>442542,6</b>
Gastos imprevistos (4% del SUB TOTAL)	17701,7
<b>COSTO</b>	<b>460244,3</b>
Gastos generales (15% del costo)	69036,6
<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>529280,9</b>
<b>TOTAL CON IVA (21%)</b>	<b>640429,8</b>

En consecuencia, para la ejecución del “Laboratorio para Ensayos de Rutina y de Tipo de Calentamiento en Celdas de Media Tensión”, se requerirá una **Inversión de \$ 640429**.

### 16.3. Ahorro económico para la Empresa

El cliente suele acordar con la empresa para realizar el ensayo de tipo de calentamiento en las celdas para verificar que las mismas cumplen con lo indicado en los protocolo de ensayo de tipo certificado, principalmente cuando los lotes de fabricación son de grandes cantidades. Contar con un recinto con las características requeridas para realizar el ensayo de calentamiento, permitirá ahorrar a la empresa lo correspondiente al costo del ensayo y todos los gastos operativos que implica enviar la celda al Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Nacional de Córdoba, donde actualmente se realiza el ensayo de tipo. El costo del ensayo de calentamiento y de los gastos operativos se precisa en la Tabla 8. La cantidad de celdas, por año, a las que se le realizan el ensayo de calentamiento no es una cantidad constante, sino que varían en función del volumen de producción, en promedio se considera tres celdas en el año. En Tabla 9 se indica el valor, en pesos, que se ahorraría la Empresa, Proyección Electroluz, con realizar el ensayo tipo de calentamiento en sus propias instalaciones.

Tabla 8-Gastos para enviar a ensayar una celda.

Gastos Operativos	Costo (\$ )
Flete de la celda	30000
Viaje + Estadía (2Personas)	15000
<b>Total</b>	<b>45000</b>

Tabla 9-Ahorro para la Empresa

Año	Celdas ensayadas/año	Precio ensayo Lab. Certificado	\$ Gastos Operativos	\$ Total por ensayo	\$ Total / Año
1	2	10000	45000	55000	110000

#### 16.4. Conclusión del análisis económico

Las variables de un análisis económico pueden clasificarse en tangibles e intangibles. Las primeras, son fáciles de cuantificar, pudiéndose calcular de forma objetiva, y normalmente van acompañadas de un desembolso en efectivo por parte de la empresa. La importancia de las variables intangibles se pone de manifiesto a raíz de los trabajos realizados sobre *calidad empresarial* y los costos que se derivan de su carencia. Se introduce el concepto de intangibles refiriéndose con él a aquellos gastos que son difíciles de identificar, que no tienen un valor contable o cuya valoración se rige por criterios esencialmente subjetivos. Pero esta clasificación, que se efectúa en la medición de los costos de la no calidad, es perfectamente aplicable en el análisis económico de la siniestralidad laboral y demás deficiencias en el trabajo.

Debe tenerse en cuenta que el principal valor de una empresa está en sus intangibles; valor de una marca, clientes fidelizados, prestigio e imagen de la empresa, capacidad de innovación, etc. Es evidente que aunque tales intangibles son esencialmente cualitativos, de ellos depende la viabilidad y desarrollo de la empresa. Finalmente hay que destacar que existe una interrelación entre los valores intangibles y los tangibles. Es evidente que trabajar bien, formar, y motivar a las personas (valores intangibles) ha de repercutir en el beneficio empresarial (valor tangible).

Una cultura preventiva en la empresa mejora la imagen de la misma, con el beneficio que esto conlleva en sus relaciones con proveedores, clientes y sociedad en su conjunto.

Si la empresa incumple con la Ley o, lo que es lo mismo, no ejecuta las acciones de prevención obligatorias, sufren el riesgo de ser sancionadas con multas que reducen sus beneficios. Prevenir, por lo tanto, reduce el costo esperado de las sanciones. Además, existen otro tipo de ingresos asociados a la prevención cuya identificación es más compleja, aunque muchos investigadores entienden que su relevancia supera al resto de rendimientos más visibles. En definitiva, es innegable que las acciones de prevención eficaces pueden generar rendimientos para la Empresa.

## REFERENCIAS BIBLIGRAFICAS

- DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS, de José Raul Martín.
- TÉCNICAS Y PROCESOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN, de los autores Sanz Serrano, Toledano Gasca e Iglesias Álvarez.
- DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA, de Joseph E. Shygley. 6 Ed., México, McGraw-Hill, 2004.
- NORMA IRAM 2200, Tableros Eléctricos de Maniobre y Comando Bajo Cubierta Metálica. Junio de 1985.
- NORMA IRAM 2281-3, Puesta a Tierra Instalaciones Industriales y Domiciliarias. Junio de 1996.
- NORMA IRAM 2281-4 Sistemas Eléctricos, Centrales, Subestaciones y redes. Agosto de 1989.
- NORMA IRAM 2195, Tableros Eléctricos de Maniobra y de Comando Bajo Cubierta Metálica. Julio 1986.
- NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 62271-200, Aparamenta Bajo Envolvente Metálica de Corriente Alterna para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV. Enero 2012.
- SISTEMA DE PUESTA A TIERRA IEEE ST80. Ing. Electricista José Samuel Ramírez Castaño y otros. Año 2010.
- REGLAMENTO DE EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES, de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA 90364)..
- CALCULOS DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS, Cuaderno Técnico N° 158, Schneider Electric.
- PRYSMIAN Cables & Systems. (Catálogo de conductores para instalaciones en baja tensión).
- Catálogo de Interruptores de Caja Moldeada (Schneider Electric).
- Catalogo BETA protecciones, Pequeños Interruptores Automáticos (Siemens).

Páginas Web consultadas.

- [https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwib3\\_Gt6J3TAhVFF5AKHcVeCa0QFghKMAs&url=http%3A%2F%2Feva.fing.edu.uy%2Fpluginfile.php%2F63866%2Fmod\\_folder%2Fcontent%2F0%2FPRESENTACION%2520CELDAS%2520DE%2520MT%2520\(versi%25C3%25B3n%2520final\).pdf%3Fforcedownload%3D1&usg=AFQjCNFtwo5IU465sREQ74ioIMnOzhpLKA](https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwib3_Gt6J3TAhVFF5AKHcVeCa0QFghKMAs&url=http%3A%2F%2Feva.fing.edu.uy%2Fpluginfile.php%2F63866%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FPRESENTACION%2520CELDAS%2520DE%2520MT%2520(versi%25C3%25B3n%2520final).pdf%3Fforcedownload%3D1&usg=AFQjCNFtwo5IU465sREQ74ioIMnOzhpLKA)
- <http://www.schneider-electric.com.co/documents/press-release/sm6.pdf>
- [http://new.abb.com/docs/librariesprovider78/argentina/eventos/celdas-primarias-y-secundarias-\(aire\)---medium-voltage-day.pdf?sfvrsn=2](http://new.abb.com/docs/librariesprovider78/argentina/eventos/celdas-primarias-y-secundarias-(aire)---medium-voltage-day.pdf?sfvrsn=2)
- <http://www.enre.gov.ar>
- [http://www.epe.santafe.gov.ar/uploads/tx\\_normas/ETN\\_45\\_\\_01-95\\_.pdf](http://www.epe.santafe.gov.ar/uploads/tx_normas/ETN_45__01-95_.pdf)
- <http://www.cipermi.com/Celdas%20Compactas.pdf>
- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/Higiene/La%20exposicion%20laboral%20a%20campos%20electricos%20y%20magneticos%20estaticos/exp%20cam%20mag%20y%20elec.PDF>

## **ANEXO**

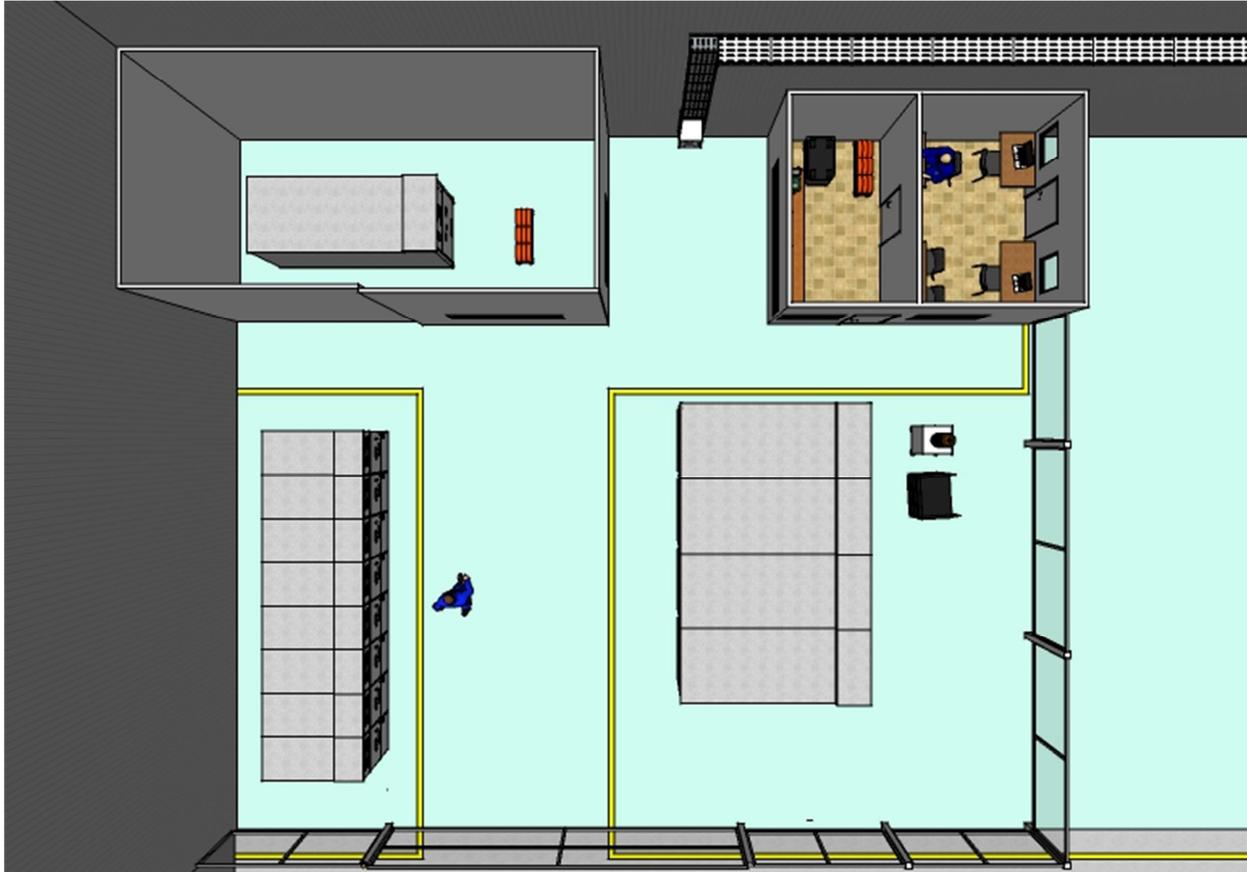
**Anexo I: Imágenes.**

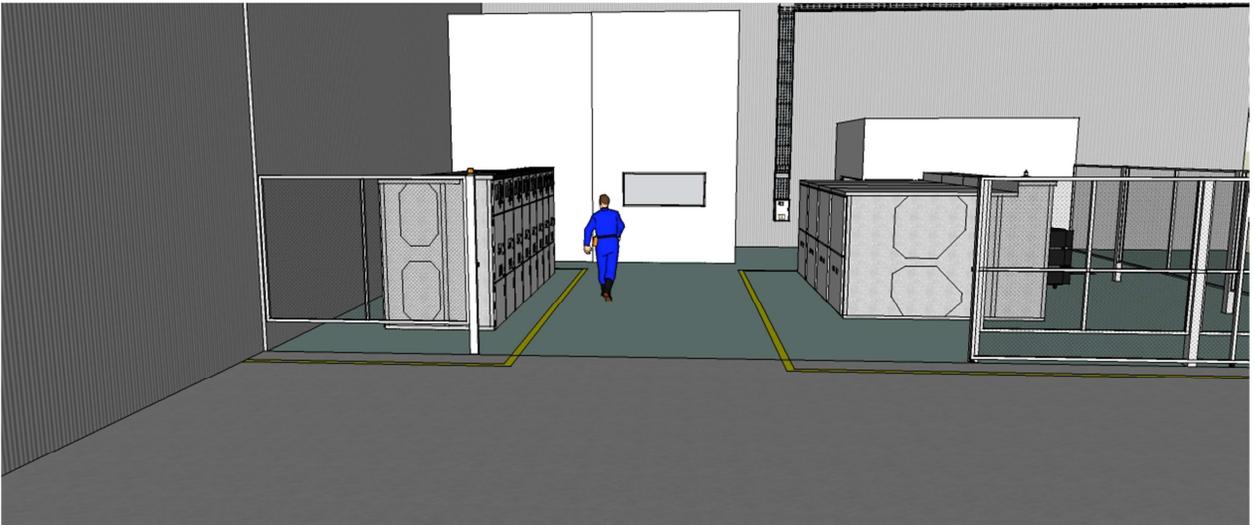
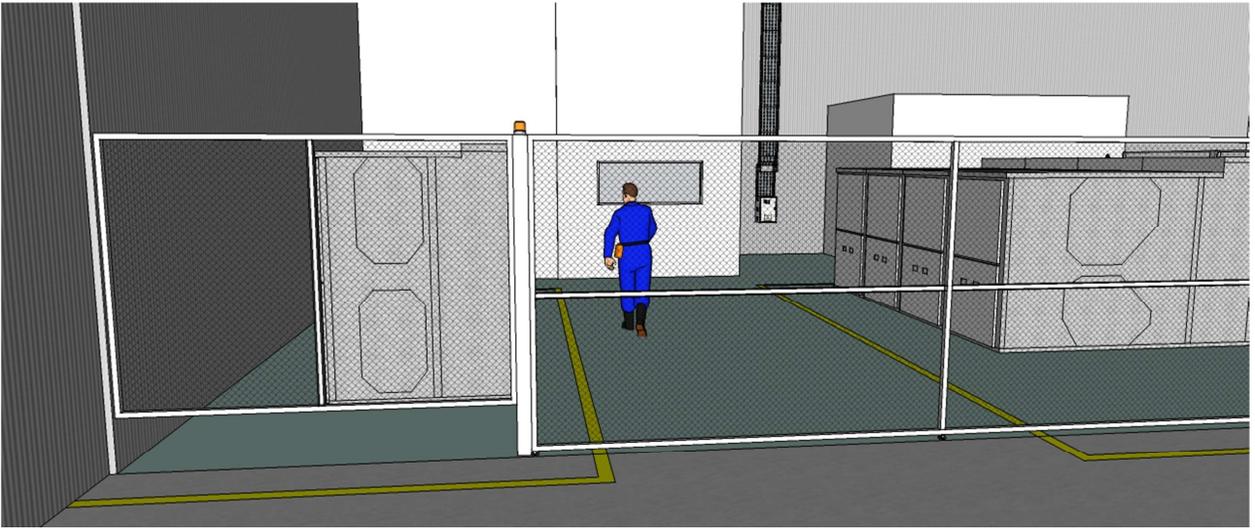
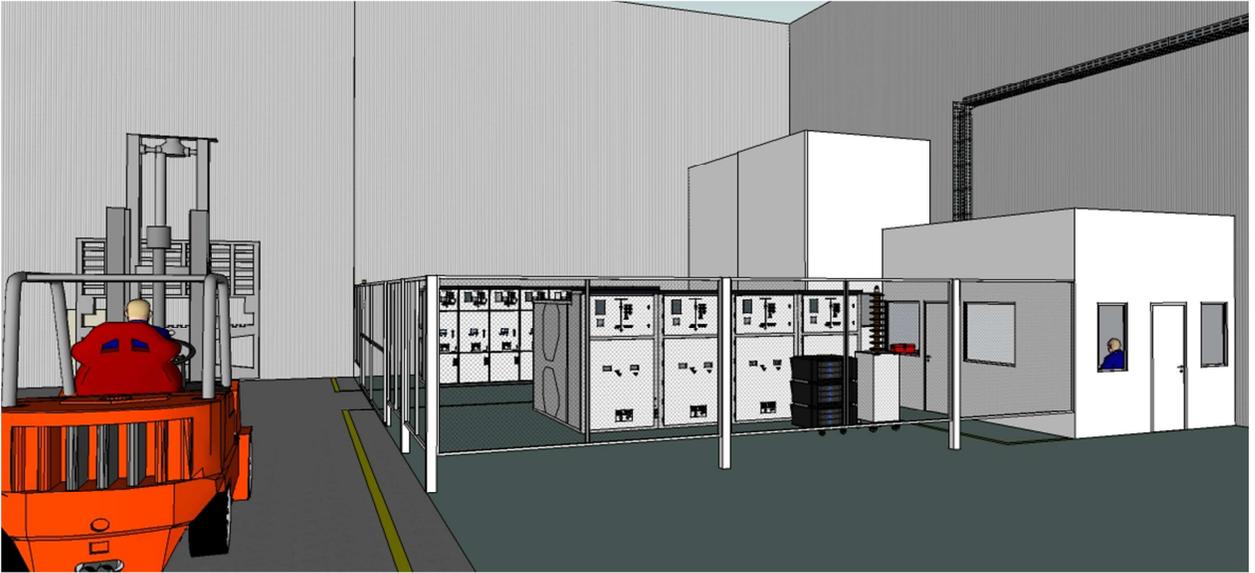
**Anexo II: Catálogos.**

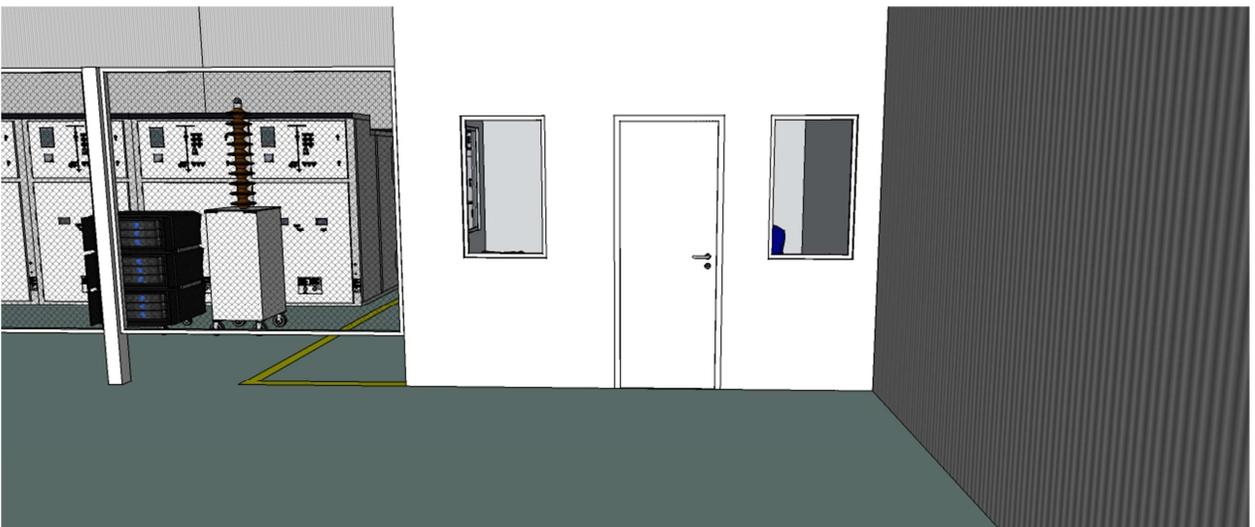
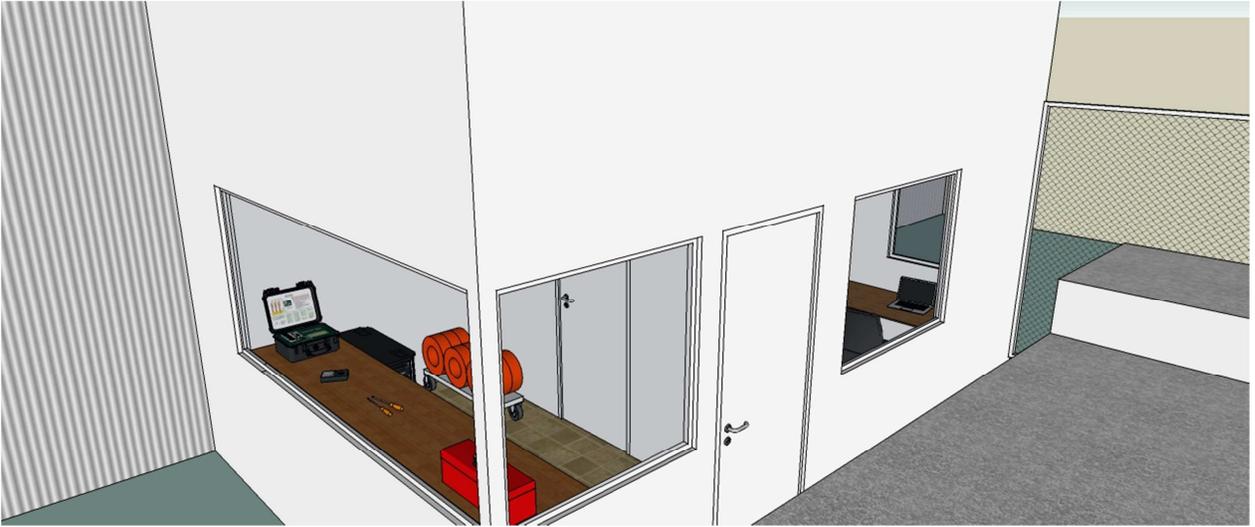
**Anexo III: Planos.**

# ANEXO I

IMÁGENES DEL "LABORATORIO PARA ENSAYOS DE RUTINA Y DE TIPO DE CALENTAMIENTO EN CELDAS DE MEDIA TENSION", REALIZADO CON EL SOFTWARE SKETCHUP.







# ANEXO II



PROYECCIÓN ELECTROLUZ S.R.L.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS - ANEXO III	05/09/2006	R.G. 8.2.4/3
	SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN DE LOS PRODUCTOS-INSPECCIÓN FINAL	pag. 1 de 1	REVISIÓN 3
	PROTOCOLO DE ENSAYOS DE RUTINA PARA CELDAS DE M.T.		

1.1-DATOS		4-REFERENCIAS		2-Nº: <b>,-,PM,</b>																					
Fecha de emisión: .....		Satisfactorio <input checked="" type="checkbox"/> S		Se cumple con IRAM 2200																					
Fecha de ensayo: 17/05/2017		No corresponde <input type="checkbox"/> C																							
Cliente: .....		Negativo <input type="checkbox"/> N		No se instalan, ni parametrizan software																					
Objeto a ensayar: .....		Exceptuado <input type="checkbox"/> E																							
Celda Nº: .....		(O) Ensayo opcional																							
Planos mecánicos: .....		1.3-CONDICIONES AMBIENTALES		1.6-FOTOGRAFÍA DEL ESPECIMEN ENSAYADO																					
Planos eléctricos: .....		T ambiente: 28 °C																							
		H ambiente: 60 %																							
1.2-ELECTRICAS		1.4-DIMENSIONES																							
Un: ..... kV		Alto: ..... mm																							
f: ..... Hz		Ancho: ..... mm																							
In: ..... A		Profundidad: ..... mm																							
Iks: ..... kA		Zócalo: ..... mm																							
Uaux..1: ..... V c.a. <input type="checkbox"/> c.c. <input type="checkbox"/> u.p.s. <input type="checkbox"/>		Sección de barras colectoras en mmxmm:																							
Uaux..2: ..... V c.a. <input type="checkbox"/> c.c. <input checked="" type="checkbox"/> u.p.s. <input type="checkbox"/>		Fase R ..... x																							
Nivel de aislación: ..... kV		Fase S ..... x																							
Ciclo de operación: .....		Fase T ..... x																							
Interrupt.: .....		Tierra ..... x																							
Secc.: .....		1.5-PINTURA																							
Protec.: .....		Gabinete: Gris ral: <input type="checkbox"/> Gris claro: <input type="checkbox"/>																							
T.I.: .....		Bandejas: Naranja: <input type="checkbox"/> Cincada: <input type="checkbox"/>																							
T.T.: .....		Zócalo: Negro: <input type="checkbox"/> Gris ral: <input type="checkbox"/>																							
		Barras colectoras: R(castaño) <input type="checkbox"/> S(negro) <input type="checkbox"/>																							
		T(rojo) <input type="checkbox"/>																							
		Tierra (plateada) <input type="checkbox"/> (celeste) <input type="checkbox"/>																							
3.1-INSPECCIÓN VISUAL		3.2-FUNCIONAMIENTO		3.3-RIGIDEZ DIELECTRICA																					
Cableado <input type="checkbox"/>		Embalaje <input type="checkbox"/>		S/ I.R.A.M. 2195																					
Exhaustiva de cableado (O) <input type="checkbox"/>		Espesor de pintura <input type="checkbox"/>		Inst. utilizado: TRANSF. MON. 0-100KV																					
Montaje de dispositivos <input type="checkbox"/>		3.2-FUNCIONAMIENTO		Marca: SITRAN SRL																					
Distribución de equipos y elementos <input type="checkbox"/>		Mecánico <input type="checkbox"/>		Nº de serie: 1305																					
Características técnicas s/ planos <input type="checkbox"/>		Enclavamientos <input type="checkbox"/>		Circuito principal:																					
Calibre de elementos de comando <input type="checkbox"/>		Circuitos de potencia (O) <input type="checkbox"/>		Uaplicada: ..... kV																					
Sección de conductores de comando <input type="checkbox"/>		Circuitos de comando (O) <input type="checkbox"/>		f: 50 Hz																					
Ajuste de terminales <input type="checkbox"/>		Señalización (O) <input type="checkbox"/>		Resultado <input type="checkbox"/>																					
Malla de puesta a tierra de puertas <input type="checkbox"/>		Medición (O) <input type="checkbox"/>		Circuito de comando:																					
Identificación de conductores de comando <input type="checkbox"/>		Alarmas (O) <input type="checkbox"/>		Uaplicada: 1500 V																					
Identificación de equipos en bandeja <input type="checkbox"/>		Calefacción <input type="checkbox"/>		f: 50 Hz																					
Carteles ident. y mímicos s/ topográfico <input type="checkbox"/>		3.4-MEDICIÓN DE RESISTENCIA DEL CIRCUITO PRINCIPAL		Resultado <input type="checkbox"/>																					
Placa característica <input type="checkbox"/>		Instrum. utilizado: Micro-Ohmmet Marca: MEGABRAS Nº de serie: OG3220H																							
Dimensional <input type="checkbox"/>		Fase		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Corriente continua A</th> <th>Caída de tensión mV</th> <th>Resistencia en c.c. mΩ</th> <th>Puntos de medición</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>BARRA A CABLE</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>BARRA A CABLE</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>BARRA A CABLE</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>		Corriente continua A	Caída de tensión mV	Resistencia en c.c. mΩ	Puntos de medición	Resultado	100	.	.	BARRA A CABLE	.	100	.	.	BARRA A CABLE	.	100	.	.	BARRA A CABLE	.
Corriente continua A	Caída de tensión mV	Resistencia en c.c. mΩ	Puntos de medición	Resultado																					
100	.	.	BARRA A CABLE	.																					
100	.	.	BARRA A CABLE	.																					
100	.	.	BARRA A CABLE	.																					
Distancias mínimas <input type="checkbox"/>		3.5-VERIFICACIÓN DE INTERCAMBIABILIDAD																							
Sección de barras colectoras <input type="checkbox"/>		Resultado: <input checked="" type="checkbox"/> S																							
Apriete de embarrado s/ I.R.A.M. 2356-1 <input type="checkbox"/>																									
Identificación de barras colectoras <input type="checkbox"/>																									
Cubrebornes <input type="checkbox"/>																									
Portaplanos <input type="checkbox"/>																									
Tapas <input type="checkbox"/>																									
Burlletes <input type="checkbox"/>																									
Herrajes <input type="checkbox"/>																									
Cáncamos de izaje <input type="checkbox"/>																									
5-OBSERVACIONES			6-REALIZADO POR:																						
.			.																						

CASA CENTRAL: Patricio Diez 175 Tel.(03482) 421940 • Fax:(03482) 421944

FABRICA: Parque Industrial Reconquista Tel./Fax: (03482) 429810

3560 Reconquista - Santa Fe - Argentina

SUCURSAL: San Martín 900 • Tel.(03482) 482482 • 3561 Avellaneda - Santa Fe

www.electroluz.com.ar • e-mail: info@electroluz.com.ar



ISO 9001:2008 Management System  
www.tuv.com ID: 9105073234

# PACSA srl



## Fabrica de Paneles Aislantes



### paneles aislantes inyectados



#### refrigeración

cámaras frigoríficas, túneles de congelamiento, salas de elaboración, frigoríficos, depósitos refrigerados, furgones termicos.



#### viviendas

modulos habitacionales, viviendas pre-fabricadas, obradores, casillas rurales, oficinas desmontables, stands.



#### industria

naves industriales, galpones, tinglados, cerramientos cabinas de pinturas, cabinas de insonorización, hornos.



AISLACION  
HIDROFUGA



AISLACION  
TERMICA

### ventaja de la construcción con Paneles

proporcionan gran aislación térmica y acústica  
gran ahorro de energía para refrigeración o calefacción  
totalmente ecológicos  
no poseen inercia termica como los materiales de construcción  
son autoportantes, no requieren de estructuras soportantes  
reflejan la radiación calórica  
ahorro de tiempos y costos en obra



CLASE  
**RE3**  
NORMA IRAM  
(11910-3)

BAJA PROPAGACION  
DE LLAMA



IMPERMEABLE



RESPIRABLE



BARRERA  
DE VIENTO



RESISTENCIA  
MECANICA

### ventajas del Poliuretano Inyectado



#### Aislación de Poliuretano Inyectado - 40 Kg / m3

estabilidad dimensional	no absorbe humedad ni aún sumergido
gran rigidez estructural	excelente capacidad aislante
no aloja hongos ni bacterias	no propaga la llama, autoextinguible



#### Aislación de Telgopor - 20 Kg / m3

celda abierta, deformable	aloja bacterias, hongos y roedores
baja densidad y estabilidad	absorbe hasta el 40% de agua
altamente inflamable	baja capacidad aislante

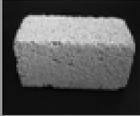


REFLEJA LA RADIACION  
CALORICA



EVITAN LA  
CONDENSACION

## Comparativo entre POLIESTIRENO EXPANDIDO (Telgopor) y POLIURETANO INYECTADO



**Poliestireno : (EPS) :** Material plástico obtenido de la expansión con vapor de celdas de poliestireno coheccionados entre sí por temperatura y presión. De celda abierta.



**Poliuretano (PUR) :** Material inyectado de dos componentes directamente en la cavidad del panel. De celda cerrada

calidades	poliestireno EPS	poliuretano PUR
densidad	20 kg / m <sup>3</sup>	40 kg / m <sup>3</sup>
conductividad termica	0,036	0,021
absorción de agua	0,13	0,015
absorción acústica	0,57	0,27
resistencia a la compresión	baja	alta
rigidez autoportante	media	alta
comportamiento al fuego	difícilmente inflamable	autoextinguible
alojamiento de gongos	si	no
alojamiento de bacterias	si	no
alojamiento de alimañas	si	no



### Desventajas del POLIESTIRENO (EPS)



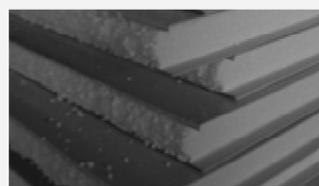
generación de hongos



alojamiento de pájaros y ratas

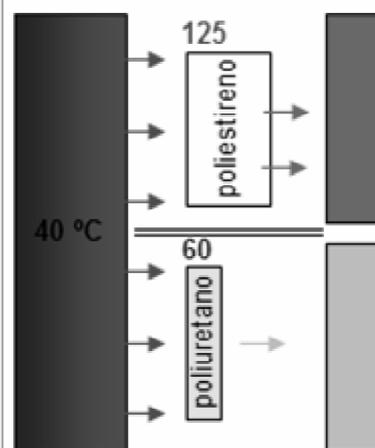


desgranado y deterioro del EPS



absorción de agua

### comparación entre espesores



### VENTAJAS DEL POLIURETANO

- \* La capacidad aislantes del POLIURETANO (PUR), y su alta resistencia mecánica, logran un TERMOPANEL, de altísimas cualidades.
- \* Autoportante : Se requiere menor estructura portante debido a su gran rigidez estructural.
- \* Al tener mayor capacidad aislante, se requiere menor espesor de panel y por lo tanto menor carga de peso en la estructura.
- \* No absorbe humedad, no aloja hongos ni bacterias y no se despega de la chapa de cobertura.
- \* Mayor resistencia a la flexión, menor cantidad de riendas.
- \* No se desgrana ni deteriora con el paso del tiempo.
- \* Ahorro en tiempos de colocación y montajes.

**panel liso**

anchos útiles : 1160 mm  
 espesores : 40 a 150 mm  
 largos : hasta 6000 mm  
 Aislación : poliuretano inyectado 38-40 Kg/m<sup>3</sup>

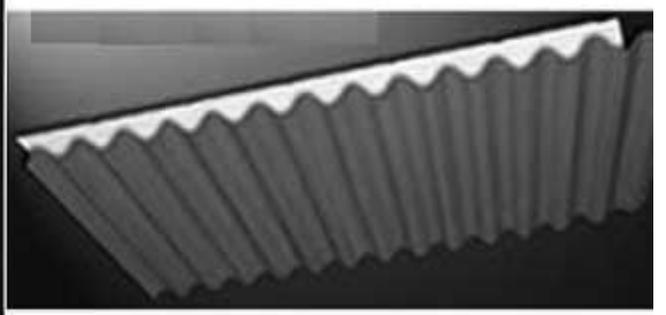
**usos**  
 Cámaras frigoríficas, muros de viviendas, salas de elaboración, furgones térmicos, shelters, módulos habitacionales, casillas rurales, hornos, cabinas de pintura, etc



**panel acanalado**

anchos útiles : 1000 mm  
 espesores : 60 a 120 mm  
 largos : hasta 6000 mm  
 Aislación : poliuretano inyectado 38-40 Kg/m<sup>3</sup>

**usos**  
 Techos aislados de viviendas, galpones, naves industriales  
 Muros de galpones, naves industriales.



**panel T101**

anchos útiles : 1000 mm  
 espesores : 60 a 120 mm  
 largos : hasta 6000 mm  
 Aislación : poliuretano inyectado 38-40 Kg/m<sup>3</sup>

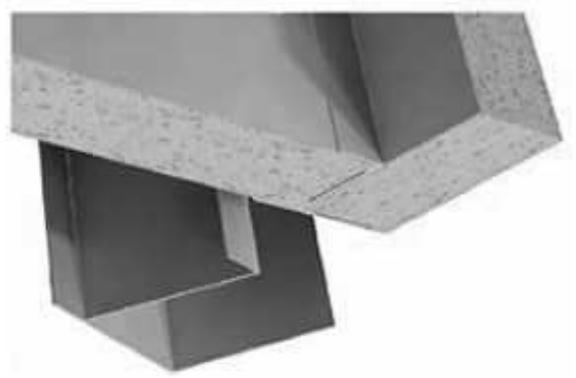
**usos**  
 Techos aislados de viviendas, galpones, naves industriales  
 Muros de galpones, naves industriales.



**panel DURTIL®**

anchos útiles : 1160 mm  
 espesores : 60 mm  
 largos : hasta 6000 mm  
 Aislación : poliuretano inyectado 38-40 Kg/m<sup>3</sup>

**usos**  
 Hornos de fermentación y leudado, salas de elaboración de alimentos, usinas lácteas, fabricas de quesos y elaborados lácteos, ambientes corrosivos, quirófanos, etc



Tramo Recto

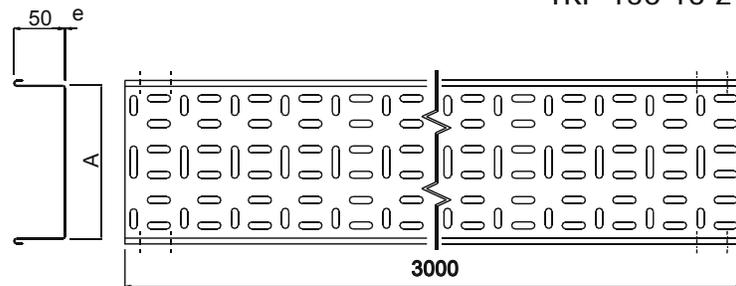


ALA 50

CODIGO	A	e		
		STD	Pesada	
TRP-50-Z	50	0.71	0.89	1.6
TRP-100-Z	100	0.71	0.89	1.6
TRP-150-Z	150	0.71	0.89	1.6
TRP-200-Z	200	0.71	0.89	1.6
TRP-250-Z	250	0.71	0.89	1.6
TRP-300-Z	300	0.71	0.89	1.6
TRP-450-Z	450	0.89	1.24	1.6
TRP-600-Z	600	0.89	1.24	1.6

Para solicitar bandejas en chapa pesada agregar al código 16, ejemplo:

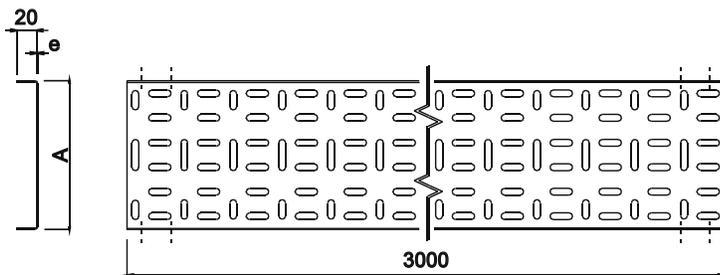
TRP-150-16-Z



TERMINACION:

Chapa galvanizada de origen, o Acero Inoxidable, Calidad requerida.

ALA 20



TERMINACION:

Chapa galvanizada de origen, o Acero Inoxidable, Calidad requerida.



CODIGO	A	e		
		STD	Pesada	
TRP-50-B-Z	50	0.71	0.89	1.6
TRP-100-B-Z	100	0.71	0.89	1.6
TRP-150-B-Z	150	0.71	0.89	1.6
TRP-200-B-Z	200	0.71	0.89	1.6
TRP-250-B-Z	250	0.71	0.89	1.6
TRP-300-B-Z	300	0.71	0.89	1.6
TRP-450-B-Z	450	0.89	1.24	1.6
TRP-600-B-Z	600	0.89	1.24	1.6

Para solicitar bandejas en chapa pesada agregar al código 16, ejemplo: TRP-150-B-16-Z



# Cables para Baja Tensión Catálogo General

Edición 2008

Cables para todas las Aplicaciones

# Introducción

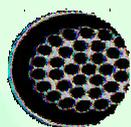
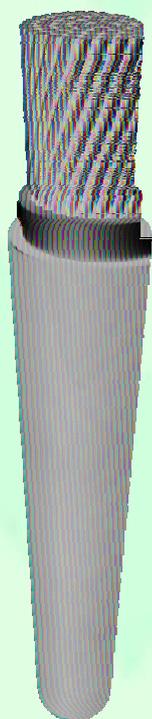
## DESCRIPCION

- > El grupo Prysmian, desde siempre a la vanguardia en el sector civil e industrial, gracias a su elevado know-how, tanto a nivel tecnológico como en el desarrollo continuo de nuevos materiales, ha desarrollado una serie de productos incluidos en este catalogo.
- > El continuo mejoramiento de los productos, estudiando con el Cliente las soluciones más idóneas a sus necesidades, permite proyectar y realizar, cables adaptados a las necesidades de cada ambiente, con la máxima confiabilidad.

# Baja Tensión

450 / 750 V

## N07M-K



NORMAS DE REFERENCIA

DESCRIPCION

CARACTERÍSTICAS

# Bajísima emisión de humos y gases tóxicos

## AFUMEX 750

### IRAM 62267

#### > CONDUCTOR

**Metal:** Cobre electrolítico recocido.

**Flexibilidad:** clase 5; según IRAM NM-280 e IEC 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 70° C en servicio continuo, 160° C en cortocircuito.

#### > AISLANTE

Material termoplástico con características LSOH, de formulación Prysmian.

#### > Colores de aislación:

negro - blanco - celeste - rojo - marrón y verde / Amarillo.

#### > Marcación:

**PRYSMIAN AFUMEX 750 - IND. ARG.— Sección (mm<sup>2</sup>) 450/750V - IRAM 62267 RIN 288391/8.**

#### > Normativas

IRAM 62267 u otras bajo pedido (ICEA, NBR, etc.).

#### > Ensayos de fuego:

No propagación de la llama: IRAM NM IEC 60332-1.

No propagación del incendio: IRAM NM IEC 60332-3-23; NBR 6812 Cat. BWF; IEEE 383.

Otros: IEC 60754-2 (corrosividad), IEC 61034 (emisión de humos opacos), CEI 20-37/7 y CEI 20-38 (toxicidad).

#### > Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la UCIEE

> Los cables AFUMEX 750 son especialmente aptos para instalaciones en lugares con alta concentración de personas y/o difícil evacuación (cines, teatros, túneles de subterráneos, shoppings, supermercados, aeropuertos, hospitales, sanatorios, etc.), y en general en toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable, como las canalizaciones verticales en edificios, colocados en cañerías o en tableros.



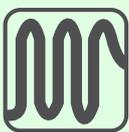
Norma de Fabrica-



Tensión nominal



Temperatura de servicio



Cuerdas flexibles



No propagación del incendio



Reducida emisión de gases tóxicos



Nula emisión de gases corrosivos



Baja emisión de humos opacos



Mezclas ecológicas



Sello IRAM



Sello de Seguridad Eléctrica

### CONDICIONES DE EMPLEO



Cañería embutida



Cañería a la vista



Cableado de tableros

▶ Los cables AFUMEX 750 son especialmente aptos para instalaciones en lugares con alta concentración de personas y/o difícil evacuación (cines, teatros, túneles de subterráneos, shoppings, supermercados, aeropuertos, hospitales, sanatorios, etc.), y en general en toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable, como las canalizaciones verticales en edificios, colocados en cañerías o en tableros, tipo N07M-K

▶ 450 / 750 V

▶ IRAM 62267

### Características técnicas (IRAM)

Sección nominal	Diám. Máx. de alambres del conductor	Espesor de aislación nominal	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Intensidad de corriente admisible en cañerías (1) y (2)		Intensidad de corriente admisible al aire libre (3)	Caída de tensión (4)	Resist. Eléctrica a 20°C y c.c.
					 A	 A			
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	Kg/km	A	A	A	V/A km	Ohm/km
1,5	0,26	0,7	2,9	20	15	13	15,5	26	13,3
2,5	0,26	0,8	3,6	32	21	18	21	15	7,98
4	0,31	0,8	4,1	46	28	25	28	10	4,95
6	0,31	0,8	4,6	64	36	32	36	6,5	3,3
10	0,41	1,0	6,1	110	50	44	50	3,8	1,91
16	0,41	1,0	7,1	170	66	59	68	2,4	1,21
25	0,41	1,2	8,7	270	88	77	89	1,54	0,78
35	0,41	1,2	10,9	364	109	96	111	1,20	0,554
50	0,41	1,4	12,9	515	131	117	134	0,83	0,386
70	0,51	1,4	15,0	700	167	149	171	0,61	0,272
95	0,51	1,6	17,0	905	202	180	207	0,48	0,206
120	0,51	1,6	20,0	1180	234	208	239	0,39	0,161

(1) 2 conductores cargados + PE en cañerías embutidas en mampostería, temperatura ambiente 40° C.

(2) 3 conductores cargados + PE en cañerías embutidas en mampostería, temperatura ambiente 40° C.

(3) Método no contemplado en el Reglamento de Instalaciones en Inmuebles de la AEA

(4) Cables en contacto en corriente alterna monofásica 50 Hz.,  $\cos \phi = 0,8$ .

Coefficientes de corrección de la corriente admisible:

- Para dos circuitos en una misma cañería multiplicar por 0,80
- Para tres circuitos en una misma cañería multiplicar por 0,70
- Para temperatura ambiente de 30 ° C multiplicar por 1.15
- Para temperatura ambiente de 20 ° C multiplicar por 1.29

### Acondicionamientos:



Rollos de  
100 metros



Rollos de  
100 metros



Bobinas de  
long. variable

# Baja Tensión

## 0,6 / 1 kV

### RZ1-R

# Bajísima emisión de humos y gases tóxicos

## AFUMEX 1000



NORMAS DE REFERENCIA



IRAM 62266

DESCRIPCION



#### CONDUCTOR

**Metal:** Cobre electrolítico recocido.

**Flexibilidad:** conductores clase 5 hasta 6 mm<sup>2</sup> y clase 2 para secciones mayores; según IRAM NM-280 e IEC 60228, según corresponda; según corresponda.

**Temperatura máxima en el conductor:** 90° C en servicio continuo, 250° C en cortocircuito.

#### AISLANTE

Polietileno reticulado silanizado (xlpe).

#### Identificación de los conductores:

Unipolares: Marrón

Bipolares: Marrón / Negro

Tripolares: Marrón / Negro / Rojo

Tetrapolares; Marrón / Negro / Rojo / Celeste.

#### RELLENO

De material extruído no higroscópico tipo AFUMEX (formulación PRYSMIAN), colocado sobre las fases reunidas y cableadas.

**Protecciones y blindajes (eventuales):** como protección mecánica se emplea una armadura metálica de cintas de acero cincado para los cables multipolares o bien cintas de aluminio para los unipolares; como protección electromagnética se aplican blindajes de alambres o cintas de Cu.

#### ENVOLTURA

Mezcla termoplástica tipo AFUMEX (formulación Prysmian).

Marcación: **PRYSMIAN AFUMEX 1000 - IND. ARG.— 1kV. IRAM 62266. Nro. de conductores \* Sección**



Norma de Fabricación	Tensión nominal	Temperatura de servicio	Cuerdas flexibles o rígidas	No propagación de la llama	No propagación del incendio	Reducida emisión de gases tóxicos	Nula emisión de gases corrosivos	Baja emisión de humos opacos	Compuestos ecológicos
----------------------	-----------------	-------------------------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	------------------------------	-----------------------

#### CONDICIONES DE EMPLEO



Cañería embutida



Cañería a la vista

## CARACTERÍSTICAS



### Normativas

IRAM 62266 u otras bajo.

### Ensayos de fuego:

No propagación de la llama: IRAM NM IEC 60332-1; NFC 32070-C2.

No propagación del incendio: IRAM NM IEC 60332-3-24; IEEE 383; NFC 32070-C1.

Libre de halógenos: IEC 60754-1.

Reducida emisión de gases tóxicos: CEI 20-37 parte 7 y CEI 20-38.

Baja emisión de humos opacos: IEC 61034—1,2.

Nula emisión de gases corrosivos: IEC 60754-2.

### Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la UCIEE



## Acondicionamientos:



Bobinas

- ▶ Para distribución de energía en baja tensión en lugares con alta concentración de personas y/o difícil evacuación (cines, teatros, túneles de subterráneos, shoppings, supermercados, aeropuertos, hospitales, sanatorios, etc.), y en general en toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable, como ser instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas.

La baja emisión de humos tóxicos y la ausencia de halógenos, en caso de incendio aumenta la posibilidad de supervivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Los cables Afumex 1000 son exigidos de forma obligatoria en el RIEI de la AEA para aplicaciones especiales.

- ▶ 0,6/1 kV
- ▶ IRAM 62266

### Características Técnicas

Sección nominal	Diámetro conductor	Espesor aislante nominal	Espesor de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máxima a 90°C y 50Hz	Reactancia a 50 Hz (1)
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
Unipolares (almas de color marrón)							
10	3,8	0,7	1,4	8,9	160	2,34	0,171
16	4,7	0,7	1,4	10,0	220	1,47	0,164
25	5,9	0,9	1,4	11,5	325	0,926	0,159
35	7,0	0,9	1,4	12,5	420	0,668	0,154
50	8,1	1,0	1,4	14,0	550	0,493	0,151
70	9,7	1,1	1,4	16,0	740	0,341	0,148
95	11,4	1,1	1,5	18,0	1000	0,246	0,145
120	12,8	1,2	1,5	19,0	1250	0,195	0,143
150	14,3	1,4	1,6	22,0	1550	0,158	0,143
185	16,0	1,6	1,6	24,0	1900	0,126	0,142
240	18,4	1,7	1,7	27,0	2500	0,0961	0,140
300	20,7	1,8	1,8	30,0	3100	0,0802	0,139

### Bipolares (almas de color marrón y negro)

1,5	1,5	0,7	1,8	10,0	240	15,4	0,1030
2,5	2,0	0,7	1,8	11,0	280	9,44	0,0957
4	2,5	0,7	1,8	12,0	340	5,87	0,0894
6	3,0	0,7	1,8	13,0	410	3,92	0,085
10	3,8	0,7	1,8	18,0	540	2,34	0,080
16	4,7	0,7	1,8	20,0	710	1,47	0,075

(1) (solo para los cables unipolares): Los valores calculados corresponden a tres cables unipolares en plano con una separación libre entre los mismos de un diámetro.

## Características Técnicas

Sección nominal	Diámetro Conductor	Espesor aislante nominal	Espesor de envoltura nominal	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máxima a 90°C y	Reactancia a 50 Hz
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km

Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)

1,5	1,6	0,7	1,8	10,5	260	15,4	0,103
2,5	2	0,7	1,8	11,5	310	9,44	0,0957
4	2,5	0,7	1,8	12,5	390	5,87	0,0894
6	3	0,7	1,8	14,0	480	3,92	0,085
10	3,8	0,7	1,8	18,5	640	2,34	0,080
16	4,7	0,7	1,8	21,0	860	1,47	0,075
25	5,9	0,9	1,8	24,0	1250	0,926	0,075
35	7,0	0,9	1,8	27,0	1680	0,668	0,075
50	8,1	1	1,8	30,0	2150	0,493	0,074

Tetrapolares (almas de color marrón, negro, rojo y azul claro)

1,5	1,6	0,7	1,8	11,5	290	15,4	0,103
2,5	2	0,7	1,8	12,5	360	9,44	0,0957
4	2,5	0,7	1,8	13,5	450	5,87	0,0894
6	3	0,7	1,8	15,0	560	3,92	0,085
10	3,8	0,7	1,8	20,0	760	2,34	0,080
16	4,7	0,7	1,8	22,0	1040	1,47	0,075
25/16	5,9/4,7	0,9/0,7	1,8	25,0	1415	0,926	0,075
35/16	7,0/4,7	0,9/0,7	1,8	28,0	1825	0,668	0,075
50/25	8,1/5,9	1,0/0,9	1,8	32,0	2390	0,493	0,074
70/35	9,7/7,0	1,1/0,9	1,9	37,0	3320	0,341	0,073
95/50	11,4/8,1	1,1/1,0	2,1	41,0	4385	0,246	0,071
120/70	12,8/9,7	1,2/1,1	2,2	45,0	5480	0,195	0,071
150/70	14,3/9,7	1,4/1,1	2,3	49,0	6530	0,158	0,071
185/95	16,0/11,4	1,6/1,1	2,5	55,0	8150	0,126	0,071
240/120	18,4/12,8	1,7/1,1	2,7	62,0	10620	0,0961	0,071

### Datos Eléctricos

Intensidad admisible en amperes para cables con conductores de cobre.

Sección nominal  mm <sup>2</sup>	Método B1 y B2 caño embutido en pared		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	20	17,7	22	20	24	21
2,5	27	24	30	27	33	29
4	36	32	41	36	45	38
6	46	40	53	47	57	49
10	63	55	73	65	78	68
16	83	73	97	87	105	91
25	-	95	125	108	135	115
35	-	116	155	134	168	144
50	-	140	190	163	205	175
70	-	-	245	208	263	224
95	-	-	298	253	320	271
120	-	-	347	293	373	315
150	-	-	401	337	430	363
185	-	-	460	385	493	415
240	-	-	545	455	583	489
300	-	-	630	524	674	565

(1) Un cable bipolar.

(2) Un cable tripolar o tetrapolar

(3) Un cable bipolar o dos cables unipolares

(4) Un cable tripolar o tetrapolar o tres cables unipolares

(5) Un cable bipolar

(6) Un cable tripolar o tetrapolar

## Datos Eléctricos

Intensidad admisible en ampere para cables con conductores de cobre.

Sección nominal	Método F			Método G	
	Bandeja perforada Cables unipolares en contacto	Bandeja tipo escalera		Bandeja perforada	Bandeja tipo escalera
mm <sup>2</sup>	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
4 (12)	46	36	38	51	44
6 (12)	59	48	50	66	57
10 (12)	82	67	70	92	80
16 (12)	110	92	96	125	109
25	147	123	128	166	147
35	182	154	160	206	183
50	220	188	197	250	224
70	282	244	254	321	289
95	343	298	311	391	354
120	398	349	364	455	413
150	459	404	422	525	480
185	523	464	485	602	551
240	618	552	577	711	654
300	713	640	670	821	758
400	855	749	790	987	917

- (7) Dos cables unipolares en contacto
- (8) Tres cables unipolares en tresbolillo
- (9) Tres cables unipolares en contacto
- (10) Tres cables unipolares en horizontal
- (11) Tres cables unipolares en vertical
- (12) No contemplados en el RIEI de la AEA por cuanto el pandeo de la bandeja puede dañar el cable

# Compact NSX 100 a 630 A

Interruptores automáticos en caja moldeada

Interruptores-seccionadores

Medición y comunicación



# Compact NSX

## reaviva la energía



**Compact NSX constituye la última generación de una gama de productos que establece un nuevo estándar de mercado que incluye funciones de medición y comunicación. Compact NSX es mucho más que un interruptor automático.**

Compact NS se lanzó al mercado en 1994 y rápidamente se convirtió en el estándar de interruptores automáticos de caja moldeada. Como sinónimo de alto rendimiento e innovación, se imitó en muchas ocasiones, pero nunca llegó a igualarse. Los instaladores y los fabricantes de tableros eléctricos valoraban su pequeño tamaño y su fácil instalación. Y los usuarios se beneficiaban de una protección superior, así como de funciones electrónicas con una sencillez de funcionamiento sin precedentes.

Compact NS simplemente se encontraba “un paso adelante”. Actualmente, han surgido nuevas necesidades. La fiabilidad de la alimentación es fundamental y los costos energéticos deben optimizarse constantemente. Las instalaciones eléctricas deben superar los estándares para ofrecer nuevas funciones de análisis, medición y comunicación, además de una protección sin restricciones.

La nueva gama de interruptores automáticos de última generación Compact NSX está lista para responder a las actuales y futuras demandas del mercado. De nuevo, se destaca del resto, con todas las funciones de medición integradas en el mismo interruptor automático.

Además de la protección probada, Compact NSX ofrece funciones electrónicas inteligentes. Con nuevas funciones de medición y análisis y un acceso directo a la información detallada y a redes a través de protocolos abiertos, Compact NSX permite a los usuarios optimizar la gestión de sus instalaciones eléctricas.

Compact NSX es mucho más que un interruptor automático, es también una herramienta de medición y comunicación preparada para responder a las necesidades de los clientes mediante los siguientes aspectos:

- optimización del consumo energético.
- aumento de la disponibilidad energética.
- mejora en la gestión de las instalaciones eléctricas.

Por todo ello, Compact NSX lleva el nombre de Schneider Electric.



## La mejora de la continuidad del servicio: una mayor preocupación

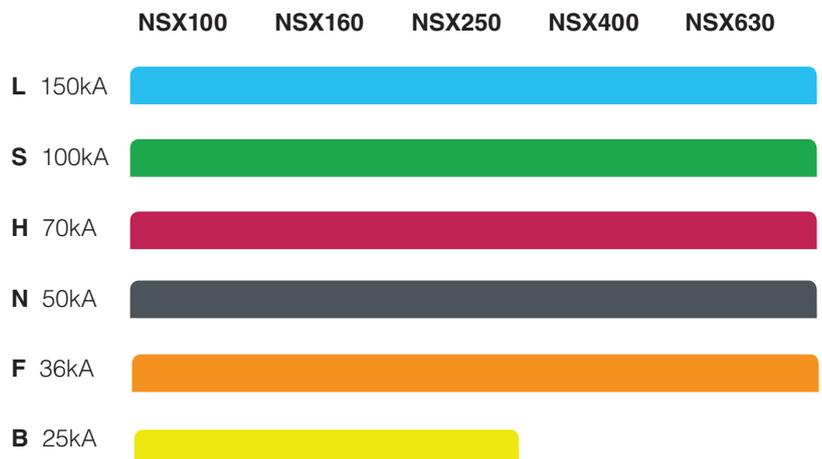
Para reducir los esfuerzos en el sistema y evitar el sobredimensionamiento de los cables, los interruptores automáticos Compact NSX ofrecen una gran limitación de la energía de defecto que se produce por un cortocircuito. Cuando se utilizan varios interruptores automáticos en serie, la selectividad garantiza la continuidad de servicio al disparar el interruptor automático aguas arriba lo más cerca posible del defecto y al desconectar únicamente el circuito correspondiente. De esta forma, no afecta al interruptor automático aguas arriba y permite que los demás circuitos permanezcan operativos.

Schneider Electric emplea sus 30 años de experiencia y sus conocimientos tecnológicos para mejorar en todo momento la continuidad del servicio.

# Compact NSX

- **25 kA:**
  - aplicaciones normales: sector servicios, locales comerciales.
- **36-50 kA:**
  - aplicaciones estándar: plantas industriales, edificios, shoppings.
- **70-100 kA:**
  - altas prestaciones: (hospitales, aeropuertos).
- **150 kA:**
  - aplicaciones exigentes, marina, industria pesada.

### Poderes de corte a 415 V



# Introducción

## Características generales de la gama Compact NSX

### Funciones y características

U <sub>e</sub> (V)	I <sub>cs</sub> (kA)	I <sub>cu</sub> (kA)
220/240	100	100
380/415	70	70
440	65	65
500	50	50
525	35	35
660/690	10	10

Características normalizadas indicadas en la placa de especificaciones:

- 1 Tipo de aparato: calibre y clase de poder de corte.
- 2 U<sub>i</sub>: tensión asignada de aislación.
- 3 U<sub>imp</sub>: tensión asignada soportada al impulso.
- 4 I<sub>cs</sub>: poder de corte de servicio asignado en cortocircuito.
- 5 I<sub>cu</sub>: poder de corte último en cortocircuito según la tensión de empleo U<sub>e</sub>.
- 6 U<sub>e</sub>: tensión de funcionamiento.
- 7 Etiqueta de color que indica el tipo de poder de corte.
- 8 Símbolo de interruptor seccionador.
- 9 Norma de referencia.
- 10 Principales normas que cumple el aparato.

**Nota:** si el interruptor automático dispone de mando rotativo prolongado, la puerta debe abrirse para acceder a la placa de características.

### Conformidad con las normas

Los interruptores automáticos Compact NSX y los auxiliares cumplen las siguientes normas:

- recomendaciones internacionales:
    - IEC 60947-1: normas generales
    - IEC 60947-2: interruptores automáticos
    - IEC 60947-3: interruptores seccionadores
    - IEC 60947-4: contactores y arrancadores
    - IEC 60947-5.1 y siguientes: aparatos de circuitos de control y elementos de conmutación; componentes de control automático
  - Normas europeas (EN 60947-1 y EN 60947-2) y las normas nacionales correspondientes:
    - Francia NF
    - Alemania VDE
    - Reino Unido BS
    - Australia AS
    - Italia CEI
  - las especificaciones de las empresas de clasificación marina (Veritas, Lloyd's Register of Shipping, Det Norske Veritas, etc.), norma NF C 79-130 y las recomendaciones realizadas por la organización CNOMO para la protección de las máquinas-herramientas.
- Para conocer las normas UL de Estados Unidos, CSA de Canadá, NOM de México y JIS de Japón, consultarnos.

### Grado de polución

Los interruptores automáticos Compact NSX cuentan con la certificación para su funcionamiento en entornos de grado de contaminación III, tal y como definen las normas IEC 60947-1 y 60664-1 (entornos industriales).

### Tropicalización

Los interruptores automáticos Compact NSX han superado con éxito las pruebas definidas por las siguientes normas sobre condiciones atmosféricas extremas:

- IEC 60068-2-1: frío seco (-55°C)
- IEC 60068-2-2: calor seco (+85°C)
- IEC 60068-2-30: calor húmedo (humedad relativa del 95% a 55°C)
- IEC 60068-2-52 nivel de gravedad 2: bruma salina.

### Medio ambiente

Compact NSX respeta la directiva medioambiental europea EC/2002/95 relativa a la restricción de sustancias peligrosas (RoHS).

Se han preparado perfiles medioambientales de los productos (PEP), que describen el impacto medioambiental de cada producto a lo largo de su ciclo de vida, desde la fase de producción hasta el fin de la vida útil.

Todos los centros de producción de Compact NSX han establecido un sistema de gestión medioambiental que cuenta con la certificación ISO 14001.

Cada fábrica supervisa el impacto de sus procesos de producción. Se realizan todos los esfuerzos posibles para evitar la contaminación y reducir el consumo de recursos naturales.

### Temperatura ambiente

- Los interruptores automáticos Compact NSX se pueden utilizar entre -25°C y +70°C. A temperaturas superiores a 40°C (65°C para los interruptores destinados a la protección de salidas de motor), es necesario tener en cuenta las desclasificaciones por temperatura contempladas en las tablas (pág. 2/9).
- Los interruptores eléctricos deberán ponerse en servicio en condiciones normales de temperatura ambiente de funcionamiento. De forma excepcional, el interruptor automático puede ponerse en servicio cuando la temperatura ambiente se encuentre entre -35°C y -25°C.
- El rango de temperatura de almacenamiento permisible para los interruptores automáticos Compact NSX en su embalaje original es de -50°C (1) y +85°C.

(1) -40°C en el caso de las unidades de control Micrologic con pantalla LCD.

# Protección de los sistemas de distribución

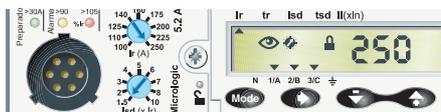
## Unidades de control Micrologic 5 / 6 A o E

### Funciones y características

Las unidades de control Micrologic 5 / 6 A (amperímetro) o E (energía) se pueden utilizar en interruptores automáticos NSX100 a 630 con niveles de poder de corte B/F/H/N/S/L. Todos disponen de pantalla de visualización.

Ofrecen protección básica LSI (Micrologic 5) o LSI y protección de defecto a tierra G (Micrologic 6).

También ofrecen funciones de medición, alarma y comunicación.



Menús de la unidad de control.



Visualización de la corriente interrumpida.



Bloque de relé de señalización remota SDx con su bornera.

**Nota:** todas las unidades de control tienen una tapa transparente precintable que protege el acceso a los selectores de regulación.

### Protección .....

Las regulaciones se pueden configurar de dos formas, usando los selectores  o el teclado . El teclado se puede utilizar para realizar regulaciones finas en intervalos de 1 A por debajo del valor máximo definido por la regulación del selector. El acceso a las modificaciones de las regulaciones a través del teclado está protegido mediante una función de bloqueo  que aparece en la pantalla y que se controla con un micro-contacto . El bloqueo se activa automáticamente si el teclado no se utiliza durante 5 minutos. El acceso al micro-contacto está protegido mediante una tapa transparente precintable. Con la tapa cerrada, sigue siendo posible mostrar las distintas regulaciones y medidas con el teclado.

#### Sobrecargas: Protección de largo retardo (Ir)

Protección inversa contra las sobrecargas con umbral regulable **Ir** usando un selector o el teclado para regulaciones finas. La temporización **tr** se ajusta con el teclado.

#### Cortocircuitos: Protección de corto retardo (Isd)

Protección contra los cortocircuitos con umbral regulable **Isd** y temporización regulable **tsd**, con posibilidad de incluir parte de curva a tiempo inverso (I2t On).

#### Cortocircuitos: Protección instantánea (Ii)

Protección instantánea con umbral regulable **Ii**.

#### Protección adicional de defecto a tierra (Ig) en Micrologic 6

Protección residual de defecto a tierra con umbral regulable **Ig** (con posición Off) y temporización regulable **tg**. Posibilidad de incluir parte de curva a tiempo inverso (I2t On).

#### Protección de neutro (4º polo)

- En interruptores automáticos de 4 polos, esta protección se puede ajustar a través del teclado:
- Off: neutro no protegido
- 0,5: neutro protegido a la mitad del valor de fase, es decir,  $0,5 \times I_r$
- 1,0: neutro pleno protegido a  $I_r$
- OSN: neutro protegido sobredimensionado a 1,6 veces el valor de fase. Se utiliza cuando existe un alto nivel de armónicos de rango 3 (o múltiplos de 3) que se acumulan en el neutro y crean una corriente elevada.

En este caso, el aparato se debe limitar a  $I_r = 0,63 \times I_n$  para la regulación máxima de neutro protegido de  $1,6 \times I_r$ .

- Con interruptores automáticos de 3 polos, el neutro se puede proteger instalando un sensor de neutro externo con la salida (T1, T2) conectada a la unidad de control.

#### Selectividad lógica (ZSI)

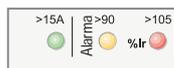
Se puede utilizar una bornera ZSI para interconectar varias unidades de control Micrologic a fin de ofrecer selectividad lógica para la protección de corto retardo (Isd) y de defecto a tierra (Ig), sin temporización. Para los Compact NSX 100 a 250, la función ZSI se encuentra disponible únicamente en relación con el interruptor automático aguas arriba (ZSI de salida).

### Visualización del tipo de defecto .....

En disparo por defecto, se muestran el tipo de defecto (Ir, Isd, Ii, Ig), la fase en cuestión y la corriente interrumpida. Se necesita una fuente de alimentación externa.

### Señalizaciones .....

#### Señalizaciones frontales



- LED verde "Ready": parpadea lentamente cuando el interruptor automático está listo para disparar en caso de defecto.
- LED naranja de prealarma de sobrecarga: se ilumina (fijo) cuando  $I > 90\% I_r$
- LED rojo de sobrecarga: fijo cuando  $I > 105\% I_r$

#### Señalizaciones remotas

Se puede utilizar un módulo SDx instalado dentro del interruptor automático para utilizar de forma remota la siguiente información:

- control por sobrecarga
- prealarma de sobrecarga (Micrologic 5) o control por defecto a tierra (Micrologic 6).

Este módulo recibe la señal de la unidad de control Micrologic a través de un enlace óptico para que esté disponible en la bornera. La señal se elimina cuando se vuelve a cerrar el interruptor automático.

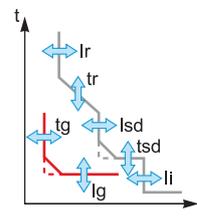
Estas salidas se pueden volver a programar para asignarse a otros tipos de controles o alarmas. Este módulo se describe detalladamente en la sección que trata de los accesorios.

# Protección de los sistemas de distribución

## Unidades de control Micrologic 5 / 6 A o E (continuación)

### Funciones y características

Protección		Unidades de control Micrologic 5 / 6 A o E									
Especificaciones (A)	$I_n$ a 40°C (1)	40	100	160	250	400	630				
Interrupor automático	Compact NSX100	●	●	-	-	-	-				
	Compact NSX160	●	●	●	-	-	-				
	Compact NSX250	●	●	●	●	-	-				
	Compact NSX400	-	-	-	-	●	-				
	Compact NSX630	-	-	-	-	●	●				
<b>L Largo retardo</b>											
Umbral de disparo (A) $I_r = \dots$ disparo entre 1,05 y 1,20 $I_r$	regulación de selector	el valor depende del calibre de la unidad de control ( $I_n$ ) y la regulación en el selector									
	$I_n = 40$ A $I_o =$	18	18	20	23	25	28	32	36	40	
	$I_n = 100$ A $I_o =$	40	45	50	55	63	70	80	90	100	
	$I_n = 160$ A $I_o =$	63	70	80	90	100	110	125	150	160	
	$I_n = 250$ A $I_o =$	100	110	125	140	150	175	200	225	250	
	$I_n = 400$ A $I_o =$	160	180	200	230	250	280	320	360	400	
	$I_n = 630$ A $I_o =$	250	280	320	350	400	450	500	570	630	
	configuración de teclado	Ajuste fino en pasos de 1 A por debajo del valor máximo ajustado en el selector									
Temporización (s) $t_r = \dots$ precisión de 0 a -20 %	configuración de teclado	0.5	1	2	4	8	16				
	$1.5 \times I_r$	15	25	50	100	200	400				
	$6 \times I_r$	0.5	1	2	4	8	16				
	$7.2 \times I_r$	0.35	0.7	1.4	2.8	5.5	11				
Memoria térmica		20 minutos antes y después del control									
<b>S Protección de corto retardo con temporización regulable</b>											
Umbral de disparo (A) $I_{sd} =$ precisión $\pm 10$ %	$I_r \times \dots$	ajuste de selector	1.5	2	3	4	5	6	7	8	10
			Ajuste fino en pasos de $0,5 \times I_r$ usando el teclado								
Temporización (s) $t_{sd} = \dots$	configuración de teclado	$I_{Off}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4				
		$I_{On}$	-	0.1	0.2	0.3	0.4				
		Tiempo máximo de sobreintensidad (ms)	20	80	140	230	350				
		Duración total de corte (ms)	80	140	200	320	500				
<b>I Protección instantánea</b>											
Umbral de disparo (A) $I_i = I_n \times$ precisión $\pm 15$ %		configuración de teclado	Ajuste en pasos de $0,5 \times I_n$ en el rango de $1,5 \times I_n$ a: $15 \times I_n$ (NSX100/160), $12 \times I_n$ (NSX250/400) ó $11 \times I_n$ (NSX630)								
		Tiempo máximo de sobreintensidad	10 ms								
		Duración total de corte	50 ms para $I > I_i$								
<b>G Protección de defecto a tierra - para Micrologic 6 A o E</b>											
Umbral de disparo (A) $I_g = I_n \times$ precisión $\pm 10$ %		ajuste de selector									
	$I_n = 40$ A		0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Apagado
	$I_n > 40$ A		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	Apagado
			Ajuste fino en pasos de 0,05 A usando el teclado								
Temporización (s) $t_g = \dots$	configuración de teclado	$I_{2Off}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4				
		$I_{2On}$	-	0.1	0.2	0.3	0.4				
		Tiempo máximo de sobreintensidad (ms)	20	80	140	230	350				
		Duración total de corte (ms)	80	140	200	320	500				
Prueba	Función $I_g$		integrado								



(1) Si las unidades de control se utilizan en entornos de alta temperatura, la configuración de Micrologic debe tener en cuenta los límites térmicos del interruptor automático. Consulte la tabla de desclasificación de temperatura.

# Curvas de disparo

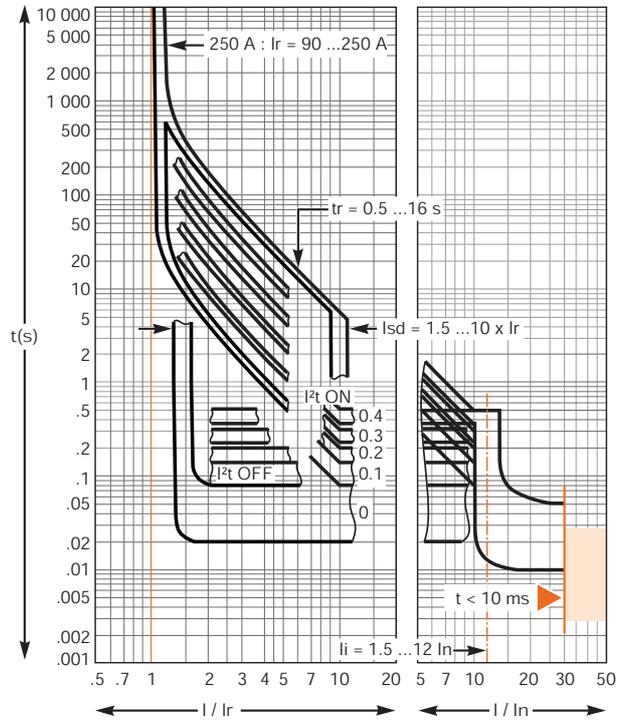
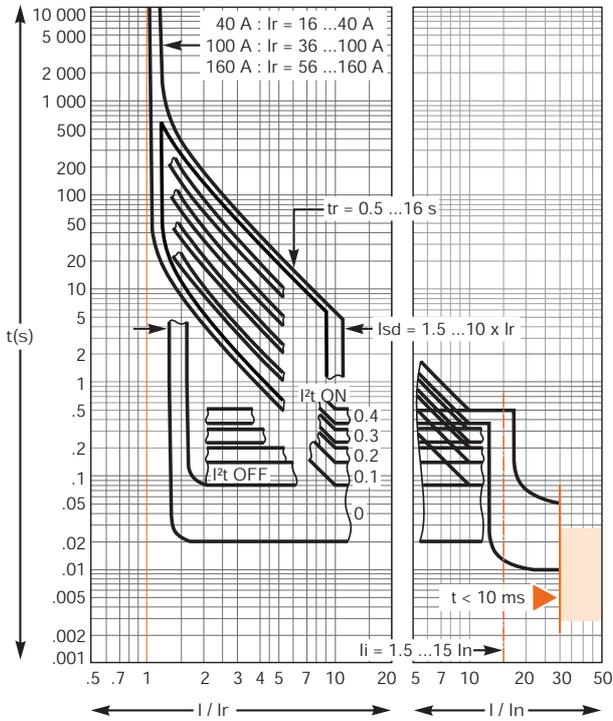
## Compact NSX100 a 250. Protección de los sistemas de distribución (continuación)

### Características técnicas

#### Unidades de control electrónicas Micrologic 5.2 y 6.2 A o E

Micrologic 5.2 y 6.2 A o E - 40... 160 A

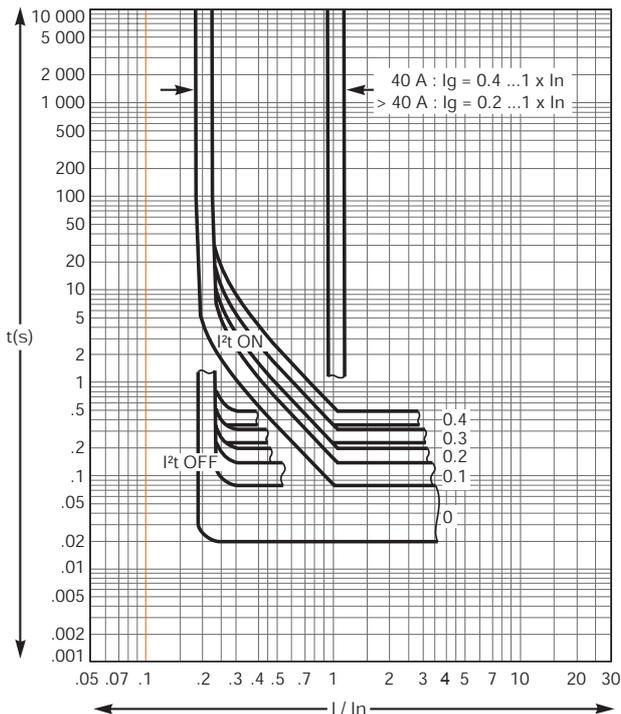
Micrologic 5.2 y 6.2 A o E - 250 A



Disparo reflejo.

5

#### Micrologic 6.2 A o E (protección de defecto a tierra)



La curva de disparo es idéntica a la de Micrologic 5.  
La protección de defecto a tierra se muestra por separado.

# Curvas de limitación de energía e intensidad

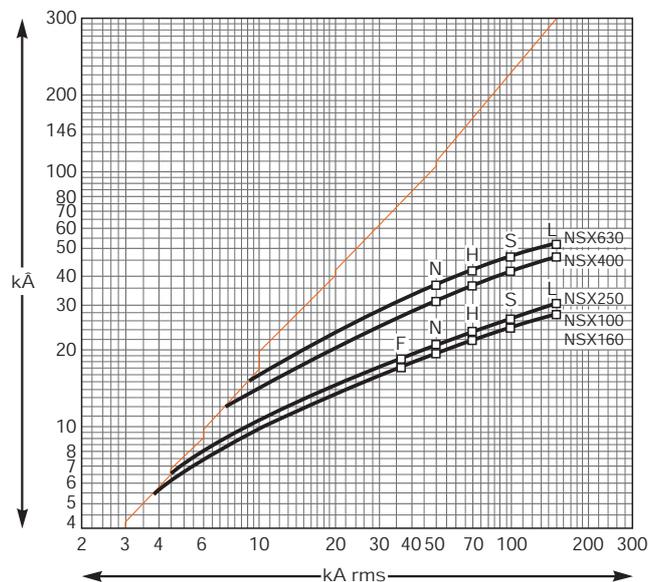
(continuación)

## Características técnicas

### Curvas de limitación de intensidad

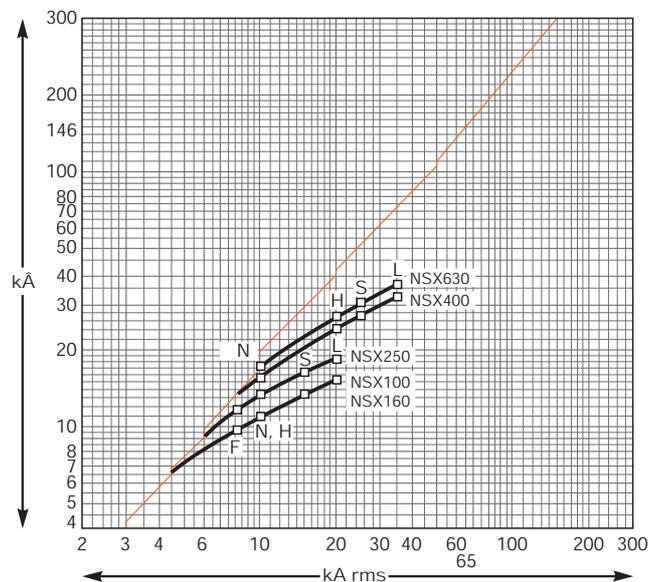
Tensión 400/440 Vca

Intensidad de cortocircuito limitada (kÅ máxima)



Tensión 660/690 Vca

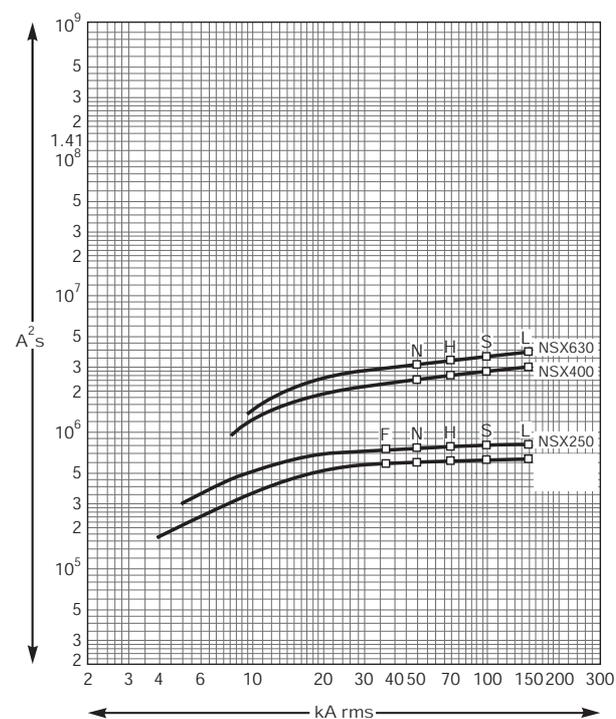
Intensidad de cortocircuito limitada (kÅ máxima)



### Curvas de limitación de energía

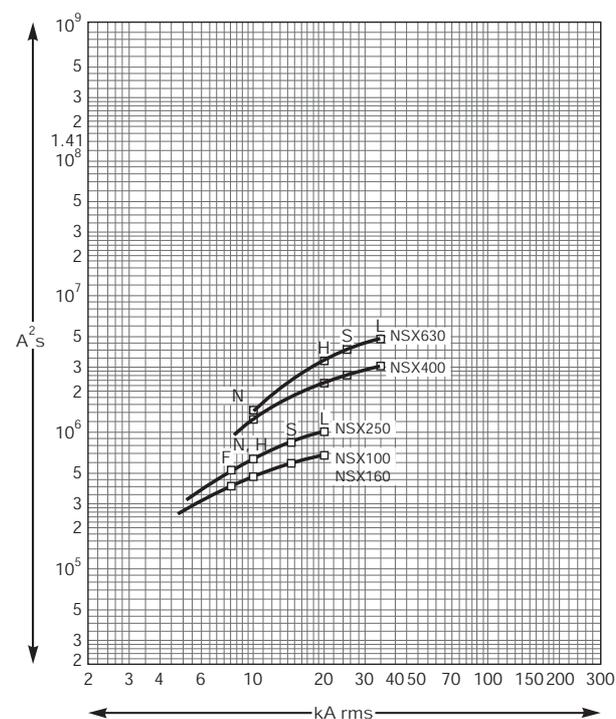
Tensión 400/440 Vca

Energía limitada



Tensión 660/690 Vca

Energía limitada



5

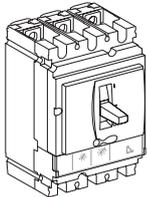
# NSX100/160/250B

## Compact NSX100/160/250B (25 kA 380/415 V)

### Referencias

#### Compact NSX100/160/250B

Con unidad de control termomagnética TM-D



##### Compact NSX100B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 2D	3P 3D	4P 3D	4P 4D
TM16D	LV429547	LV429557	LV429567	LV429577
TM25D	LV429546	LV429556	LV429566	LV429576
TM32D	LV429545	LV429555	LV429565	LV429575
TM40D	LV429544	LV429554	LV429564	LV429574
TM50D	LV429543	LV429553	LV429563	LV429573
TM63D	LV429542	LV429552	LV429562	LV429572
TM80D	LV429541	LV429551	LV429561	LV429571
TM100D	LV429540	LV429550	LV429560	LV429570

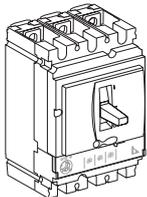
##### Compact NSX160B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 2D	3P 3D	4P 3D	4P 4D
TM80D	LV430303	LV430313	LV430323	LV430333
TM100D	LV430302	LV430312	LV430322	LV430332
TM125D	LV430301	LV430311	LV430321	LV430331
TM160D	LV430300	LV430310	LV430320	LV430330

##### Compact NSX250B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 2D	3P 3D	4P 3D	4P 4D
TM125D	LV431103	LV431113	LV431123	LV431133
TM160D	LV431102	LV431112	LV431122	LV431132
TM200D	LV431101	LV431111	LV431121	LV431131
TM250D	LV431100	LV431110	LV431120	LV431130

Con unidad de control electrónica Micrologic 2.2 (protección LS<sub>0</sub>I)



##### Compact NSX100B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 3D	4P 3D, 4D, 3D + N/2
40	LV429777	LV429787
100	LV429775	LV429785

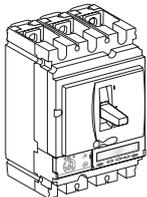
##### Compact NSX160B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 3D	4P 3D, 4D, 3D + N/2
100	LV430746	LV430751
160	LV430745	LV430750

##### Compact NSX250B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 3D	4P 3D, 4D, 3D + N/2
100	LV431142	LV431152
160	LV431141	LV431151
250	LV431140	LV431150

Con unidad de control electrónica Micrologic 5.2 A (protección LSI, amperímetro)



##### Compact NSX100B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 3D	4P 3D, 4D, 3D + N/2, 3D + OSN
40	LV429872	LV429877
100	LV429870	LV429875

##### Compact NSX160B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 3D	4P 3D, 4D, 3D + N/2, 3D + OSN
100	LV430871	LV430876
160	LV430870	LV430875

##### Compact NSX250B (25 kA a 380/415 V)

Calibre	3P 3D	4P 3D, 4D, 3D + N/2, 3D + OSN
100	LV431147	LV431157
160	LV431146	LV431156
250	LV431145	LV431155

Con unidad de control electrónica Micrologic 5.2 E (protección LSIG, amperímetro)

Debe solicitarse con 2 referencias: 1 unidad de corte + 1 unidad de control

Con unidad de control electrónica Micrologic 6.2 A (protección LSIG, medición de energía)

Debe solicitarse con 2 referencias: 1 unidad de corte + 1 unidad de control

Con unidad de control electrónica Micrologic 6.2 E (protección LSIG, medición de energía)

Debe solicitarse con 2 referencias: 1 unidad de corte + 1 unidad de control

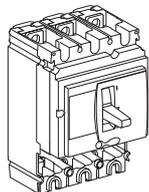
# NSX100/160/250B/F/N/H/S/L:

## componentes por separado

### Compact y Vigicompact

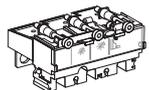
#### Referencias

#### Unidad de corte

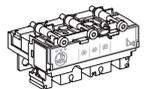


Compact NSX100	3P	4P
<b>NSX100B (25 kA 380/415 V)</b>	<b>LV429014</b>	<b>LV429015</b>
NSX100F (36 kA 380/415 V)	LV429003	LV429008
NSX100N (50 kA 380/415 V)	LV429006	LV429011
NSX100H (70 kA 380/415 V)	LV429004	LV429009
NSX100S (100 kA 380/415 V)	LV429018	LV429019
NSX100L (150 kA 380/415 V)	LV429005	LV429010
Compact NSX160		
NSX160B (25 kA 380/415 V)	LV430390	LV430395
NSX160F (36 kA 380/415 V)	LV430403	LV430408
NSX160N (50 kA 380/415 V)	LV430406	LV430411
NSX160H (70 kA 380/415 V)	LV430404	LV430409
NSX160S (100 kA 380/415 V)	LV430391	LV430396
NSX160L (150 kA 380/415 V)	LV430405	LV430410
Compact NSX250		
NSX250B (25kA 380/415 V)	LV431390	LV431395
NSX250F (36 kA 380/415 V)	LV431403	LV431408
NSX250N (50 kA 380/415 V)	LV431406	LV431411
NSX250H (70 kA 380/415 V)	LV431404	LV431409
NSX250S (100 kA 380/415 V)	LV431391	LV431396
NSX250L (150 kA 380/415 V)	LV431405	LV431410

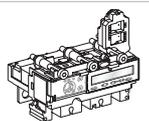
#### Unidad de control



Termomagnética TM-D	3P 3R	4P 3R	4P 4R
Calibre			
TM16D	LV429037	LV429047	LV429057
TM25D	LV429036	LV429046	LV429056
TM32D	LV429035	LV429045	LV429055
TM40D	LV429034	LV429044	LV429054
TM50D	LV429033	LV429043	LV429053
TM63D	LV429032	LV429042	LV429052
TM80D	LV429031	LV429041	LV429051
TM100D	LV429030	LV429040	LV429050
TM125D	LV430431	LV430441	LV430451
TM160D	LV430430	LV430440	LV430450
TM200D	LV431431	LV431441	LV431451
TM250D	LV431430	LV431440	LV431450



Micrologic 2.2 (protección LS <sub>0</sub> I)	3P 3R	4P 3R, 4R, 3R + N/2
Calibre		
Micrologic 2.2 40 A	LV429072	LV429082
Micrologic 2.2 100 A	LV429070	LV429080
Micrologic 2.2 160 A	LV430470	LV430480
Micrologic 2.2 250 A	LV431470	LV431480



Micrologic 5.2 A (protección LSI, amperímetro)	3P 3R	4P 3R, 4R, 3R + N/2, 3R + OSN
Calibre		
Micrologic 5.2 A 40 A	LV429091	LV429101
<b>Micrologic 5.2 A 100 A</b>	<b>LV429090</b>	<b>LV429100</b>
Micrologic 5.2 A 160 A	LV430490	LV430495
Micrologic 5.2 A 250 A	LV431490	LV431495

Micrologic 5.2 E (protección LSI, medición de energía)	3P 3R	4P 3R, 4R, 3R + N/2, 3R + OSN
Calibre		
Micrologic 5.2 E 40 A	LV429096	LV429106
Micrologic 5.2 E 100 A	LV429095	LV429105
Micrologic 5.2 E 160 A	LV430491	LV430496
Micrologic 5.2 E 250 A	LV431491	LV431496

Micrologic 6.2 A (protección LSI, amperímetro)	3P 3R	4P 3R, 4R, 3R + N/2, 3R + OSN
Calibre		
Micrologic 6.2 A 40 A	LV429111	LV429136
Micrologic 6.2 A 100 A	LV429110	LV429135
Micrologic 6.2 A 160 A	LV430505	LV430515
Micrologic 6.2 A 250 A	LV431505	LV431515

Micrologic 6.2 E (protección LSI, medición de energía)	3P 3R	4P 3R, 4R, 3R + N/2, 3R + OSN
Calibre		
Micrologic 6.2 E 40 A	LV429116	LV429141
Micrologic 6.2 E 100 A	LV429115	LV429140
Micrologic 6.2 E 160 A	LV430506	LV430516
Micrologic 6.2 E 250 A	LV431506	LV431516

# BETA Protección

## Pequeños interruptores automáticos

# 1

# 1



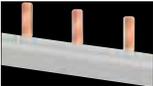
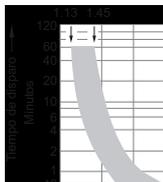
1/2	<b>Sinopsis del producto</b>
	<b>Pequeños interruptores automáticos 5SY y 5SP</b>
1/6	6000 A, 5SY6
1/9	10000 A, 5SY4
1/13	10000 A, alta intensidad,, 5SP4
1/14	10000 A, programa universal AC/DC, 5SY5, 5SP5
1/15	15000 A, 5SY7
1/18	25 kA, 5SY8
1/21	<b>Pequeños interruptores automáticos 5SJ6</b>
1/24	<b>Pequeños interruptores automáticos 5SY6 0.. 1+N en un módulo</b>
1/27	<b>Pequeños interruptores automáticos 5SP9, 92 mm</b>
1/28	<b>Accesorios</b>
1/35	<b>Barras colectoras</b>
1/56	<b>Configuración</b>

# BETA Protección

## Pequeños Interruptores automáticos

### Sinopsis del producto

#### Sinopsis

Dispositivos	Página	Campo de aplicación	Normas	De uso en		
				Edificios no residenciales	Edificios residenciales	Industria
	1/3	Para todo tipo de aplicaciones desde 0,3 hasta 125 A y capacidades de corte de 6000, 10000 y 15000 según la norma UNE-EN 60898. Aplicaciones para todo tipo de tensiones desde 0,3 hasta 63 A y con poderes de corte de hasta 50 kA según la norma EN 60947-2.	EN 60898 EN 60947-2	✓	✓	✓
	1/21	Para la protección de circuitos de tomas de corriente e iluminación tanto en edificios residenciales como no residenciales.	EN 60898	✓	✓	✓
	1/24	Para la protección de circuitos de tomas de corriente e iluminación tanto en edificios residenciales como en el sector terciario. Su diseño compacto favorece su instalación en espacios reducidos.	EN 60898	✓	✓	✓
	1/27	Para la protección de circuitos en terciario e industrial, de 6 hasta 63 A y capacidad de corte de hasta 50 kA, según UNE-EN 60947-2.		✓		✓
	1/28	Contactos auxiliares, contactos de señalización de defecto, bobinas de disparo, disparadores de mínima tensión para el incremento de la disponibilidad de la instalación, bloques diferenciales para la protección contra los contactos indirectos y accionamientos motorizados para la maniobra a distancia.		✓		✓
	1/35	Barras de 10 y 16 mm <sup>2</sup> para la instalación rápida, limpia, reducida y eficaz de las fases en cuadros y armarios.		✓	✓	✓
	1/56	Notas para la ayuda en el diseño y elección del aparato adecuado para cada instalación, con más información técnica.				

# BETA Protección

## Pequeños Interruptores automáticos

Pequeños interruptores automáticos 5SY y 5SP

### Sinopsis

Los pequeños interruptores automáticos (PIAs) son utilizados para la protección de líneas y equipos en plantas industriales y edificios residenciales y no residenciales. Estos dispositivos pueden utilizarse como interruptores de cabecera para el corte y aislamiento de la instalación.

En aplicaciones en los sectores industrial y terciario, estos PIAs pueden completarse con elementos adicionales, como pueden

ser contactos auxiliares, contactos de señalización de defecto, disparadores por emisión de corriente o accionamientos motorizados.

Los dispositivos están aprobados mundialmente mediante las normativas CEI para redes de 250/440 V CA. También están aprobados para redes en corriente continua, alcanzando los 60 V CC por polo.

### Beneficios



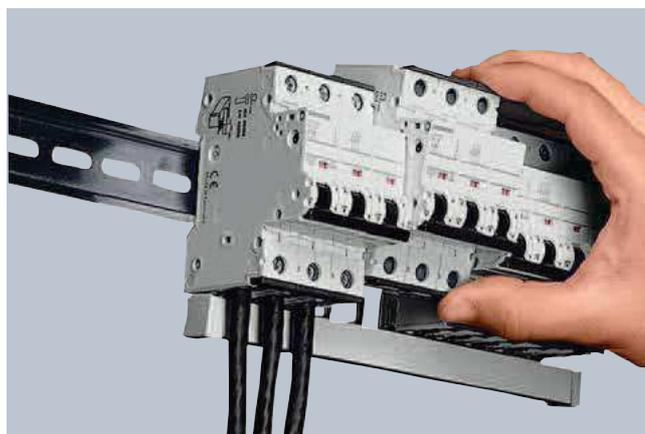
- La alimentación puede hacerse tanto desde las bornas inferiores como superiores, ya que son idénticas.
- La conexión del cableado puede observarse y comprobarse con facilidad ya que están delante de las barras colectoras.
- Un gran espacio en las bornas permite una fácil y sencilla conexión de los cables en estas.



- Sistema de cierre de bornes deslizantes, asegurando el nivel de aislamiento en bornes cuando los tornillos están apretados.
- Los cierres deslizantes evitan los contactos directos con partes activas del circuito, proporcionando más seguridad en el mantenimiento.



- Sistema de fijación y soltado rápido del carril DIN, manualmente y sin herramientas.
- Facilita la rápida sustitución y reconfiguración de los aparatos.



- Los PIAs pueden ser fácilmente soltados del carril sin necesidad de liberar toda la barra colectoras.
- Gracias a esto la sustitución de dispositivos se pueden hacer de forma rápida y sencilla.

# BETA Protección

## Pequeños Interruptores automáticos



### Pequeños interruptores automáticos 5SY y 5SP

#### Especificaciones técnicas

		5SY6	5SY4	5SY5	5SY7	5SY8	5SP4	5SP5	5SP9	5SJ6	
<b>De acuerdo a las normas</b>		EN 60898 EN 60898; UL 1077; CSA C22.2 No.235; UL File No. E 116386	EN 60898; EN 60947-2	--	EN 60898; UL 1077; CSA C22.2 No.235; UL File No. E 116386	--	EN 60898; EN 60947-2	--	EN 60898;	EN 60898 EN 60898; UL 1077; CSA C22.2 No.235; UL File No. E 116386	
<b>Tensión de servicio</b>	Min. V CA/CC	24	24	24	24	24	24	24	12	24	
De acuerdo a la EN 60898 y la EN 609467-2	Max V CC por polo	60 <sup>1)</sup>	60 <sup>1)</sup>	220	60 <sup>1)</sup>	60 <sup>1)</sup>	60 <sup>1)</sup>	220	75 (1P), 110 (2P)	60 <sup>1)</sup>	
	Max V CA	440	440	440	440	440	440	440	690	440	
De acuerdo a la UL 1077 y la CSA C22.2	Max V CA	480	480	--	480	480	480	--	--	480	
	V CC por polo	60	60	--	60	60	60	--	--	60	
<b>Poder de corte asignado</b>											
• $I_{cn}$ de acuerdo a la IEC/EN 60898-1	kA CA	6	10	10	15	--	10	3	25	6	
• $I_{cn}$ de acuerdo a la IEC/EN 60898-2	kA CC	--	--	10	--	--	--	10	--	--	
• $I_{cu}$ de acuerdo a la IEC/EN 60947-2	kA CA	--	--	--	--	25	--	--	50	--	
• De acuerdo a la UL 1077 y la CSA C22.2 N°. 235	kA CA	5	5	--	5	5	5	--	--	5	
<b>Coordinación de aislamiento</b>											
• Tensión de aislamiento asignada	V AC	250/440									
• Grado de ensuciamiento con categoría de sobretensión		3/III									
<b>Protección contra los contactos</b>											
De acuerdo a la norma EN 50274-1		Sí									
<b>Posición final de maneta precintable</b>											
		Sí									
<b>Grado de protección</b>											
De acuerdo a la norma EN 60529		IP 20, con los conductores conectados									
<b>Libre de CFC y silicona</b>											
		Sí									
<b>Montaje</b>											
• Fijación rápida sin necesidad de herramientas		Sí					--		--	--	
• Montaje mediante clips		--					--		--	Sí	
• Montaje mediante clips y atornillado		--					Sí		Sí	--	
<b>Bornes</b>											
• Bornes en tunel inferiores y superiores		--					Sí		Sí	Sí	
• Bornes combinados inferiores y superiores		Sí					--		--	--	
• Bornes rígidos, flexibles o semi-flexibles, con puntera	mm <sup>2</sup>	0.75 ... 25							Hasta 25		0,75...25
• Par de apriete de bornes	Nm	2.5 ... 3					2.5 ... 3.5		2,5...25	2,5...3	
	lb. in	22 ... 26					22 ... 31			22...26	
<b>Sección de los conductores de conexión</b>											
• Rígido	mm <sup>2</sup>	0.75 ... 35					0.75 ... 50		0,75...25	0,75...35	
• Flexible, con puntera	mm <sup>2</sup>	0.75 ... 25					0.75 ... 35		0,75...25	0,75...25	
• Cables AWG	AWG	14 ... 4					14 ... 2			14...4	
<b>Conexión de entrada</b>											
		Cualquiera									
<b>Posición de montaje</b>											
		Cualquiera									
<b>Endurancia</b>											
	Maniobras	20000									
Endurancia con carga asignada	Maniobras	Para 5SY5 de 40, 50 y 63 A 10000									
<b>Temperatura ambiente</b>											
	°C	-25...+45, temporalmente +55, humedad máx. 95 %, temperatura de almacenaje: -40...+75									
<b>Resistencia climática</b>											
De acuerdo a la norma CEI 60068-2-30		6 ciclos									
<b>Resistencia a las vibraciones</b>											
De acuerdo a la norma CEI 60068-2-6	m/s <sup>2</sup>	60 a 10 Hz ... 150 Hz									

<sup>1)</sup> La tensión asignada de 60 V CC por polo corresponde a una batería con una tensión de pico de 72 V



### Pequeños interruptores automáticos 5SY y 5SP

6 000 3	$I_n$	Módulos	Curva C Tipo	Curva D Tipo	Emba- laje Piezas	Peso por pieza kg
<b>PIAs 6000 A</b>						
1P, 230/400 V AC						
	0.3	1	5SY6 114-7	5SY6 114-8	1	0.165
	0.5		5SY6 105-7	5SY6 105-8	1	0.165
	1		5SY6 101-7	5SY6 101-8	1	0.165
	1.6		5SY6 115-7	5SY6 115-8	1	0.147
	2		5SY6 102-7	5SY6 102-8	1/12	0.165
	3		5SY6 103-7	5SY6 103-8	1	0.165
	4		5SY6 104-7	5SY6 104-8	1	0.165
	6		5SY6 106-7	5SY6 106-8	1/12	0.165
	8		5SY6 108-7	5SY6 108-8	1	0.165
	10		5SY6 110-7	5SY6 110-8	1	0.165
	13		5SY6 113-7	5SY6 113-8	1	0.165
	16		5SY6 116-7	5SY6 116-8	1	0.165
	20		5SY6 120-7	5SY6 120-8	1	0.165
	25		5SY6 125-7	5SY6 125-8	1	0.165
	32		5SY6 132-7	5SY6 132-8	1	0.165
40		5SY6 140-7	5SY6 140-8	1	0.165	
50		5SY6 150-7	5SY6 150-8	1	0.165	
63		5SY6 163-7	5SY6 163-8	1	0.165	
1P+N, 230 V AC						
	0.3	2	5SY6 514-7	5SY6 514-8	1	0.330
	0.5		5SY6 505-7	5SY6 505-8	1	0.330
	1		5SY6 501-7	5SY6 501-8	1	0.330
	1.6		5SY6 515-7	5SY6 515-8	1	0.330
	2		5SY6 502-7	5SY6 502-8	1	0.330
	3		5SY6 503-7	5SY6 503-8	1	0.330
	4		5SY6 504-7	5SY6 504-8	1	0.330
	6		5SY6 506-7	5SY6 506-8	1	0.330
	8		5SY6 508-7	5SY6 508-8	1	0.330
	10		5SY6 510-7	5SY6 510-8	1	0.330
	13		5SY6 513-7	5SY6 513-8	1	0.330
	16		5SY6 516-7	5SY6 516-8	1	0.330
	20		5SY6 520-7	5SY6 520-8	1	0.330
	25		5SY6 525-7	5SY6 525-8	1	0.330
	32		5SY6 532-7	5SY6 532-8	1	0.330
40		5SY6 540-7	5SY6 540-8	1	0.330	
50		5SY6 550-7	5SY6 550-8	1	0.330	
63		5SY6 563-7	5SY6 563-8	1	0.330	
2P, 400 V AC						
	0.3	2	5SY6 214-7	5SY6 214-8	1	0.330
	0.5		5SY6 205-7	5SY6 205-8	1	0.330
	1		5SY6 201-7	5SY6 201-8	1	0.330
	1.6		5SY6 215-7	5SY6 215-8	1	0.330
	2		5SY6 202-7	5SY6 202-8	1/6	0.330
	3		5SY6 203-7	5SY6 203-8	1	0.330
	4		5SY6 204-7	5SY6 204-8	1/6	0.330
	6		5SY6 206-7	5SY6 206-8	1/6	0.330
	8		5SY6 208-7	5SY6 208-8	1	0.330
	10		5SY6 210-7	5SY6 210-8	1/6	0.330
	13		5SY6 213-7	5SY6 213-8	1	0.330
	16		5SY6 216-7	5SY6 216-8	1	0.330
	20		5SY6 220-7	5SY6 220-8	1	0.330
	25		5SY6 225-7	5SY6 225-8	1	0.330
	32		5SY6 232-7	5SY6 232-8	1	0.330
40		5SY6 240-7	5SY6 240-8	1	0.330	
50		5SY6 250-7	5SY6 250-8	1	0.330	
63		5SY6 263-7	5SY6 263-8	1	0.330	

# BETA Protección

## Pequeños Interruptores automáticos



### Pequeños interruptores automáticos 5SY y 5SP

6 000 3	$I_n$	Módulos	Curva C Tipo	Curva D Tipo	Emba- laje Piezas	Peso por pieza kg
<b>A</b>						
<b>PIAs 6000 A</b>						
	3P, 400 V AC					
	0.3	3	5SY6 314-7	5SY6 314-8	1	0.495
	0.5		5SY6 305-7	5SY6 305-8	1	0.495
	1		5SY6 301-7	5SY6 301-8	1	0.495
	1.6		5SY6 315-7	5SY6 315-8	1	0.495
	2		5SY6 302-7	5SY6 302-8	1	0.495
	3		5SY6 303-7	5SY6 303-8	1	0.495
	4		5SY6 304-7	5SY6 304-8	1	0.495
	6		5SY6 306-7	5SY6 306-8	1	0.495
	8		5SY6 308-7	5SY6 308-8	1	0.495
	10		5SY6 310-7	5SY6 310-8	1	0.495
	13		5SY6 313-7	5SY6 313-8	1	0.495
	16		5SY6 316-7	5SY6 316-8	1	0.495
	20		5SY6 320-7	5SY6 320-8	1	0.495
	25		5SY6 325-7	5SY6 325-8	1	0.495
32		5SY6 332-7	5SY6 332-8	1	0.495	
40		5SY6 340-7	5SY6 340-8	1	0.495	
50		5SY6 350-7	5SY6 350-8	1	0.495	
63		5SY6 363-7	5SY6 363-8	1	0.495	
	3P+N, 400 V AC					
	0.3	4	5SY6 614-7	5SY6 614-8	1	0.660
	0.5		5SY6 605-7	5SY6 605-8	1	0.660
	1		5SY6 601-7	5SY6 601-8	1	0.660
	1.6		5SY6 615-7	5SY6 615-8	1	0.660
	2		5SY6 602-7	5SY6 602-8	1	0.660
	3		5SY6 603-7	5SY6 603-8	1	0.660
	4		5SY6 604-7	5SY6 604-8	1	0.660
	6		5SY6 606-7	5SY6 606-8	1	0.660
	8		5SY6 608-7	5SY6 608-8	1	0.660
	10		5SY6 610-7	5SY6 610-8	1	0.660
	13		5SY6 613-7	5SY6 613-8	1	0.660
	16		5SY6 616-7	5SY6 616-8	1	0.660
	20		5SY6 620-7	5SY6 620-8	1	0.660
	25		5SY6 625-7	5SY6 625-8	1	0.660
32		5SY6 632-7	5SY6 632-8	1	0.660	
40		5SY6 640-7	5SY6 640-8	1	0.660	
50		5SY6 650-7	5SY6 650-8	1	0.660	
63		5SY6 663-7	5SY6 663-8	1	0.660	
	4P, 400 V AC					
	0.3	4	5SY6 414-7	5SY6 414-8	1	0.660
	0.5		5SY6 405-7	5SY6 405-8	1	0.660
	1		5SY6 401-7	5SY6 401-8	1	0.660
	1.6		5SY6 415-7	5SY6 415-8	1	0.660
	2		5SY6 402-7	5SY6 402-8	1	0.660
	3		5SY6 403-7	5SY6 403-8	1	0.660
	4		5SY6 404-7	5SY6 404-8	1	0.660
	6		5SY6 406-7	5SY6 406-8	1	0.660
	8		5SY6 408-7	5SY6 408-8	1	0.660
	10		5SY6 410-7	5SY6 410-8	1	0.660
	13		5SY6 413-7	5SY6 413-8	1	0.660
	16		5SY6 416-7	5SY6 416-8	1	0.660
	20		5SY6 420-7	5SY6 420-8	1	0.660
	25		5SY6 425-7	5SY6 425-8	1	0.660
32		5SY6 432-7	5SY6 432-8	1	0.660	
40		5SY6 440-7	5SY6 440-8	1	0.660	
50		5SY6 450-7	5SY6 450-8	1	0.660	
63		5SY6 463-7	5SY6 463-8	1	0.660	

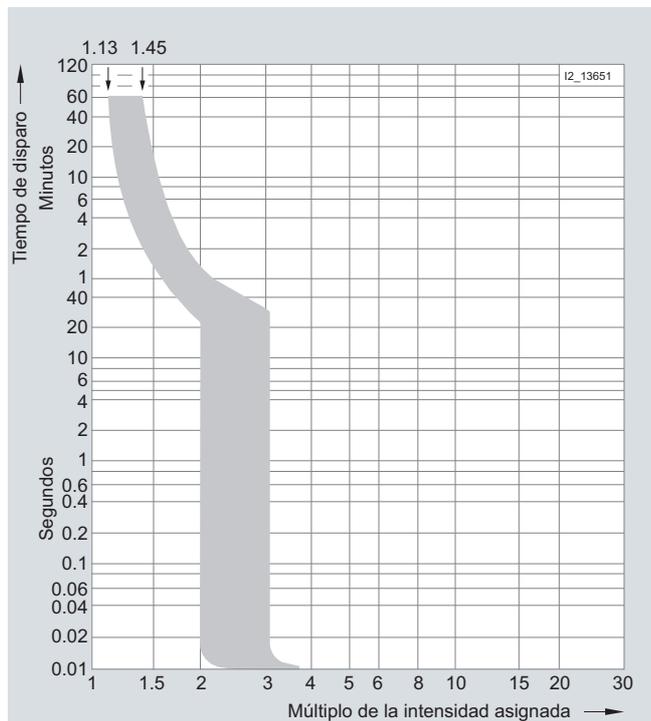
# BETA Protección

## Pequeños Interruptores automáticos

### Configuración

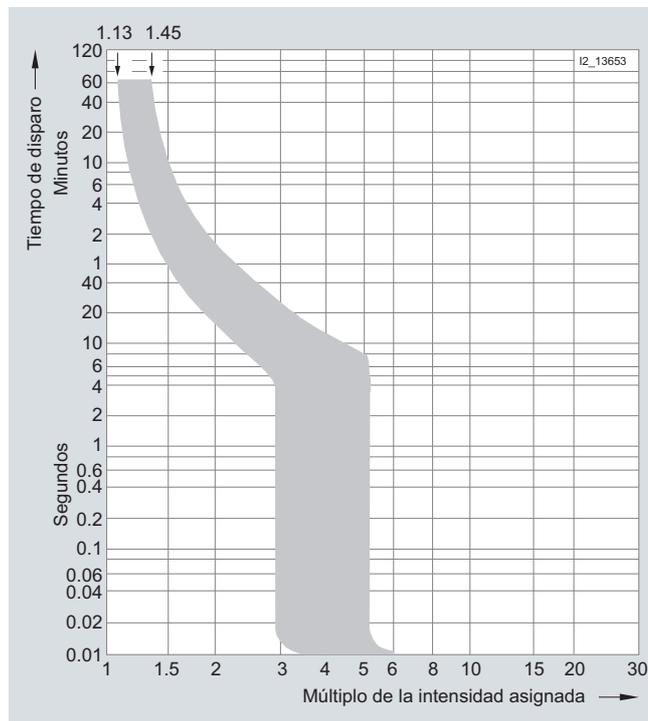
#### Curvas características

Curvas de disparo características de acuerdo a la norma CEI/EN 60898, DIN VDE 0641-11



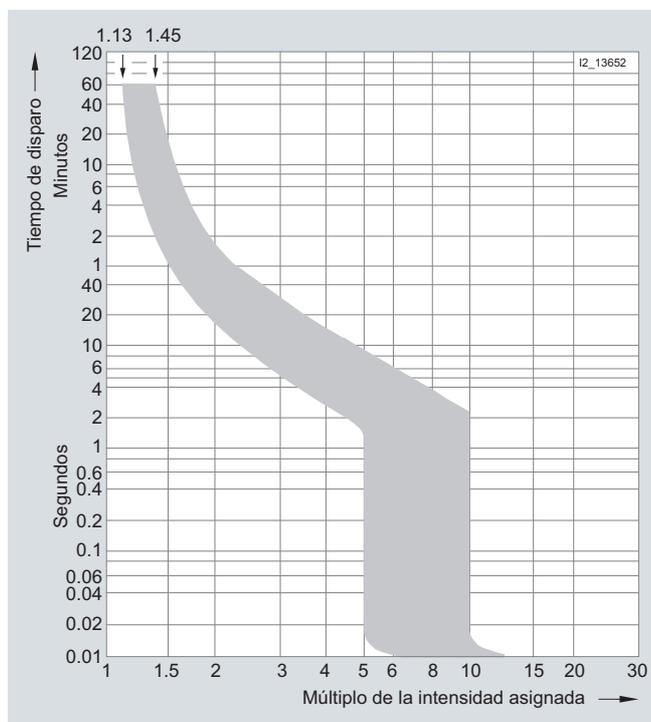
**Curva característica A**

Para la protección de circuitos donde es necesaria una rápida intervención limitando el incremento de la corriente de cortocircuito, como en circuitos de semiconductores o de medida con transformadores. Cumple con la desconexión en 0,4 s para circuitos con largas líneas de cableado según la norma DIN VDE 0100-410.



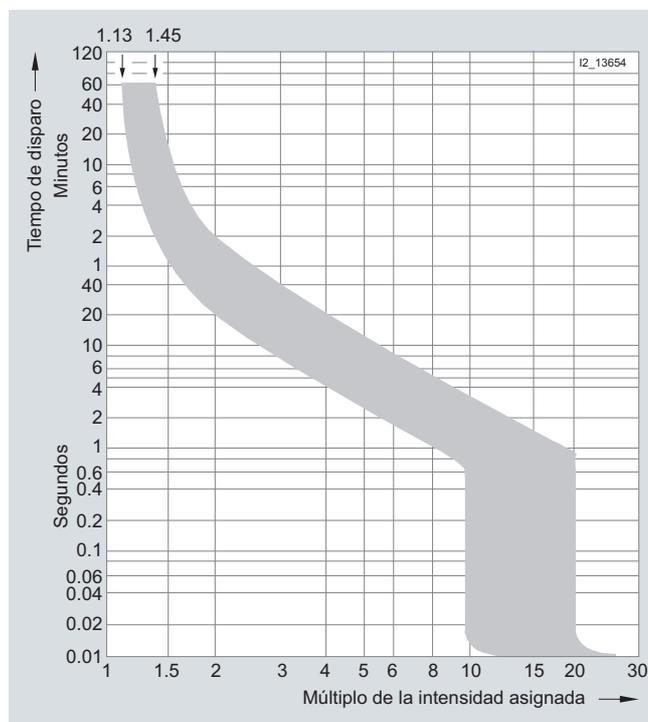
**Curva característica B**

De uso universal en la protección de circuitos de iluminación y tomas de corriente. No es necesaria la advertencia sobre protección de personas (DIN VDE 0100-410) en tomas de corriente.



**Curva característica C**

Perfecta para la protección de circuitos destinados a iluminación o a motores con fuertes transitorios de conexión.



**Curva característica D**

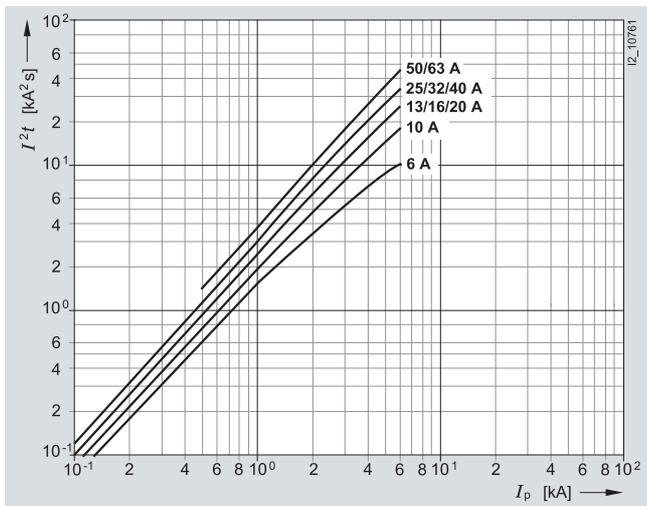
Para la protección de circuitos con fuertes corrientes de impulso, como transformadores o baterías de condensadores.

Para corrientes continuas, los valores máximos de disparo de las curvas se incrementan por un factor de 1.2.

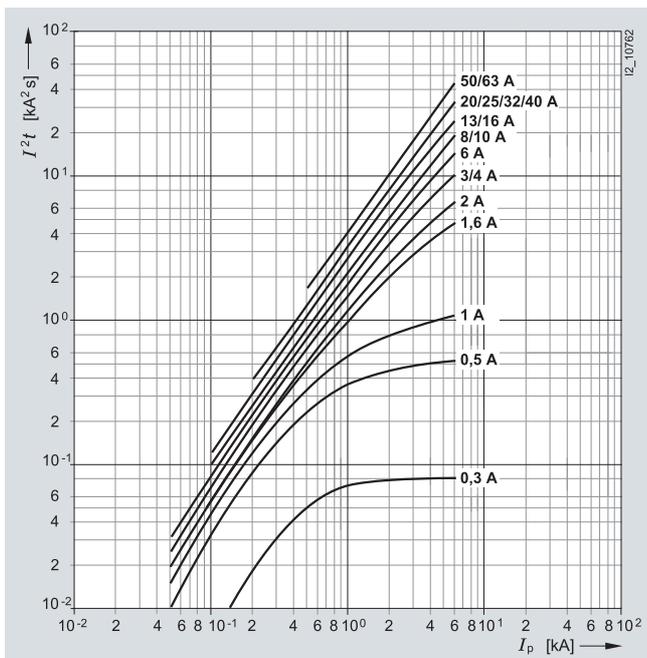
### Curvas características 5SY6

Valores de paso de  $I^2t$

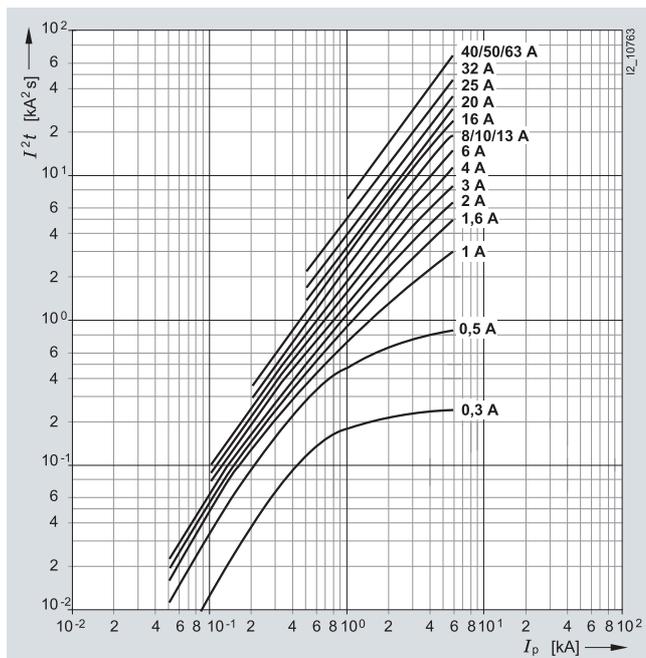
Curva característica B

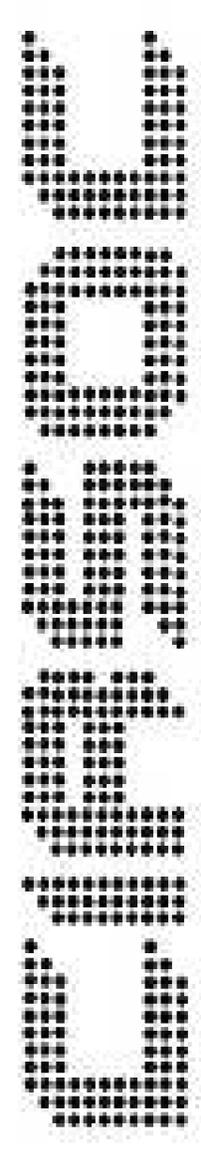
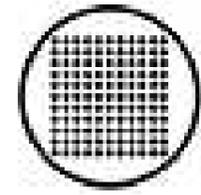


Curva característica C



Curva característica D





***TABLAS***

***PERFILES LAMINADOS***

***Y***

***TUBOS ESTRUCTURALES***

***PARA APLICACIÓN DE LOS REGLAMENTOS***

***CIRSOC 301/2005 Y CIRSOC 302/2005***

**Septiembre 2005**



## HIERRO Y POLIURETANO SERIE HI-TECH

### Ruedas Solas

Aro de poliuretano. Núcleo de fundición de hierro. Eje liso o rulemanes.

Diámetro	Ancho	Diámetro interior	Carga Kgs.	Eje	Cod.
100	50	17mm	500	Rulemanes	5100
125	50	20mm	600	Rulemanes	5101
150	50	20mm	700	Rulemanes	5102
150	65	25mm	1000	Rulemanes	5103
200	50	20mm	900	Rulemanes	5105
200	70	25mm	1200	Rulemanes	5106
250	50	20mm	1000	Rulemanes	5108
250	70	25mm	1300	Rulemanes	5109
300	70	25mm	1400	Rulemanes	5111
400	70	25mm	1500	Rulemanes	5113



5105

### Serie TV

Soporte de acero estampado. Alas de 4mm de espesor. Plato de 6mm de espesor. Acabado zincado. Soporte giratorio de doble hilera de bolas. Protector anti-polvo. Opcional freno total sobre soporte y rueda.

Diámetro	Ancho	Carga Kgs.	Eje	Altura total	Plato mm.	Entre centros	Giratoria c/base	Giratoria c/base y freno	Fija
125	50	350	Rulemanes	165	135x100	105x80	5065	5069	5073
150	50	400	Rulemanes	195	135x100	105x80	5066	5070	5074
200	50	500	Rulemanes	240	135x100	105x80	5067	5071	5075
250	50	600	Rulemanes	295	135x100	105x80	5068	5072	5076



5066



5070



5074

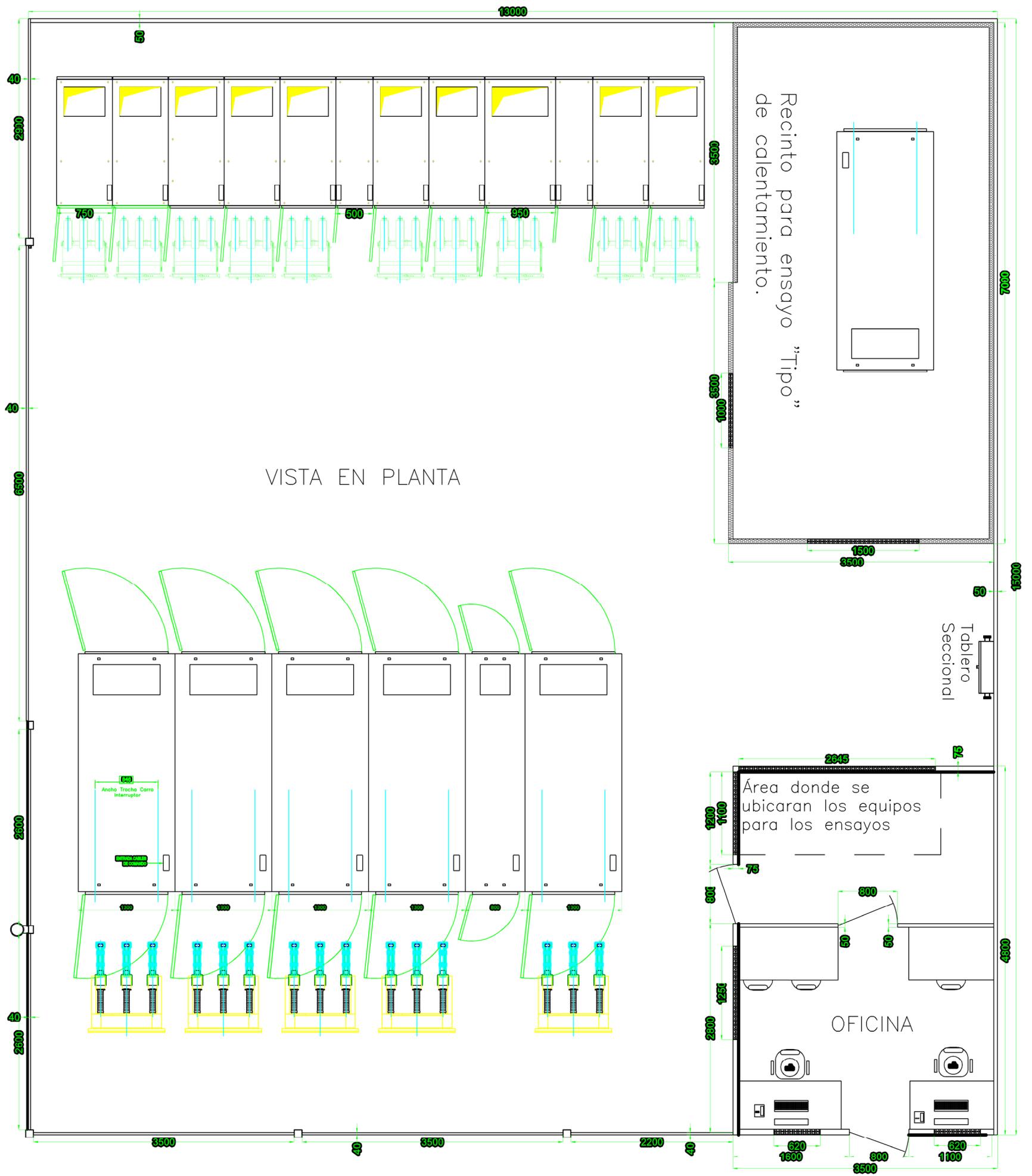
### Serie PX

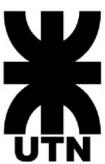
Soportes para grandes cargas. Alas fuertemente soldadas. Giro axial en base a un rodamiento cónico a rodillos. Giro radial sobre una crapodina. Sistema de fijación: base para 4 tornillos. Consultar por freno.

Diámetro	Ancho	Carga Kgs.	Eje	Altura total	Plato mm.	Entre centros	Giratoria	Fija
100	50	500	Rulemanes	155	140x130	115x105	5120	5134
125	50	600	Rulemanes	183	140x130	115x105	5121	5135
150	50	700	Rulemanes	205	140x130	115x105	5122	5136
200	50	900	Rulemanes	251	140x130	115x105	5123	5137
250	50	1000	Rulemanes	306	140x130	115x105	5124	5138
150	65	1000	Rulemanes	215	200x152	160x115	5125	5139
200	70	1200	Rulemanes	260	200x152	160x115	5126	5140
250	70	1300	Rulemanes	315	200x152	160x115	5127	5141
300	70	1400	Rulemanes	370	200x152	160x115	5128	5142
400	70	1600	Rulemanes	470	200x152	160x115	5133	5147

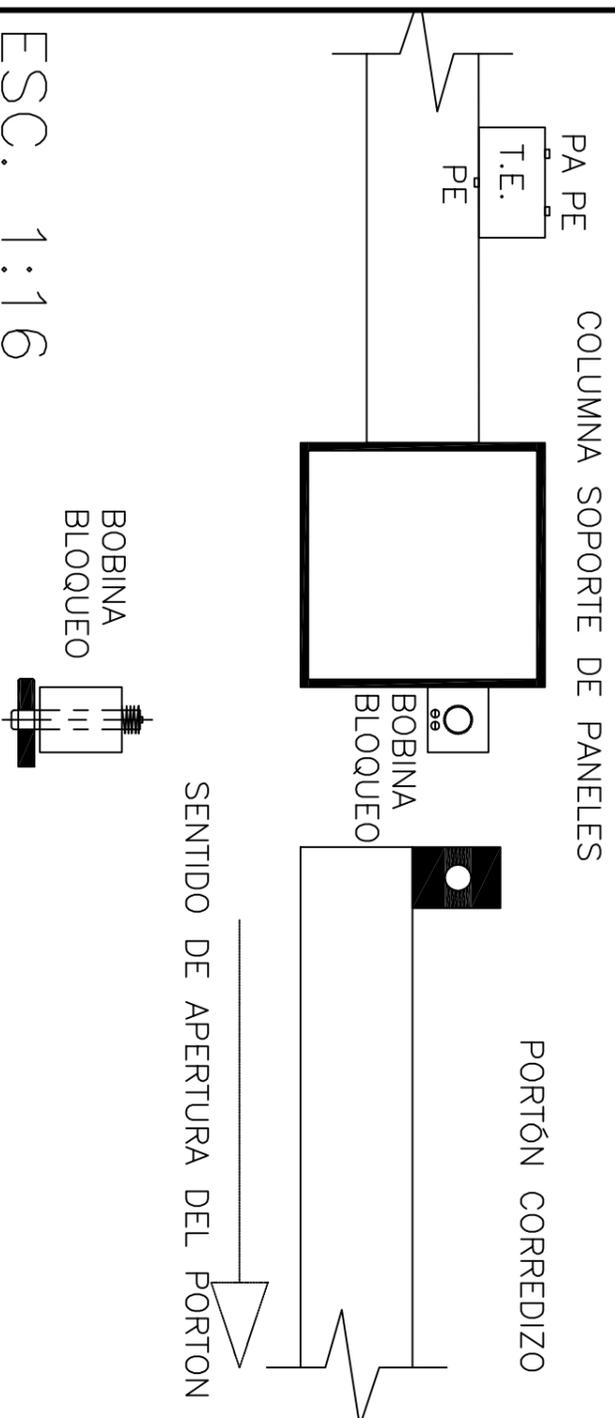
# ANEXO III



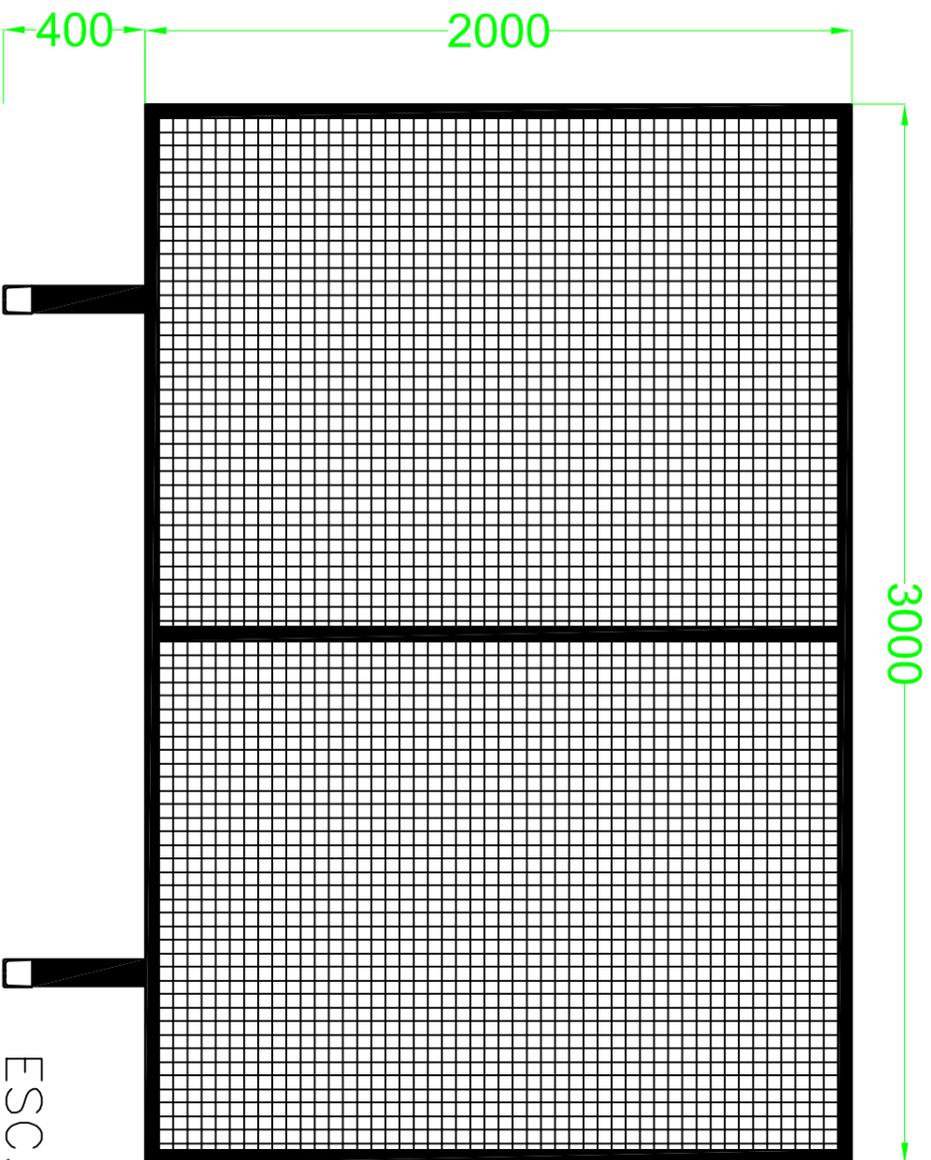


	Dibujo	Fecha	Nombre	U.T.N - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de M.T.
	Reviso	05-2017	Sosa Sergio		
	Aprobó		Ing. E. Antón		
	MED. mm		Ing. E. Antón		
	ESC: 1:40	Vista en planta del Laboratorio de ensayos M.T.			Calificación:
Tol.					Plano Nº: 2
Rug.					

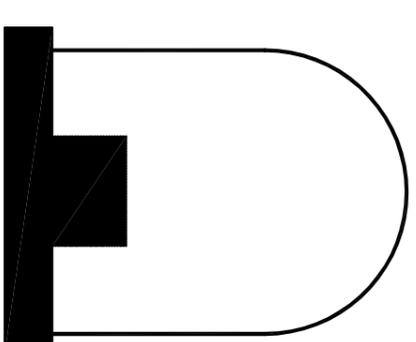
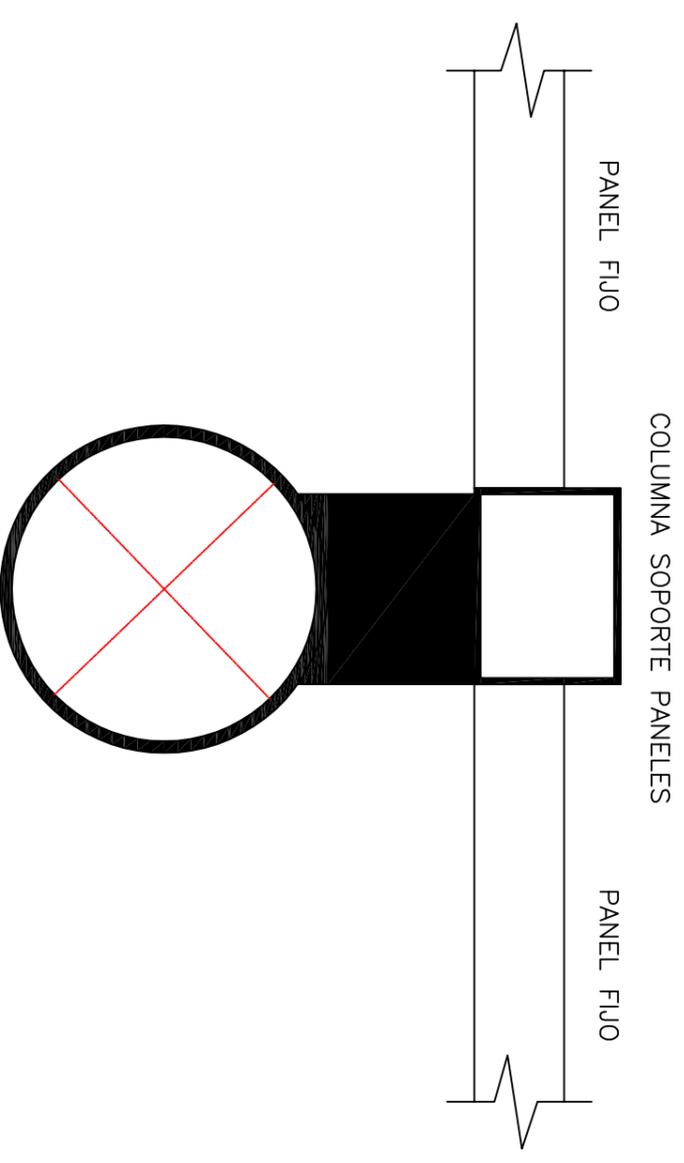
## DETALLE N°1 Enclavamiento electromecánico



Panel de caño estructural 40 x 40 mm y  
malla cima de 40 x 40 mm



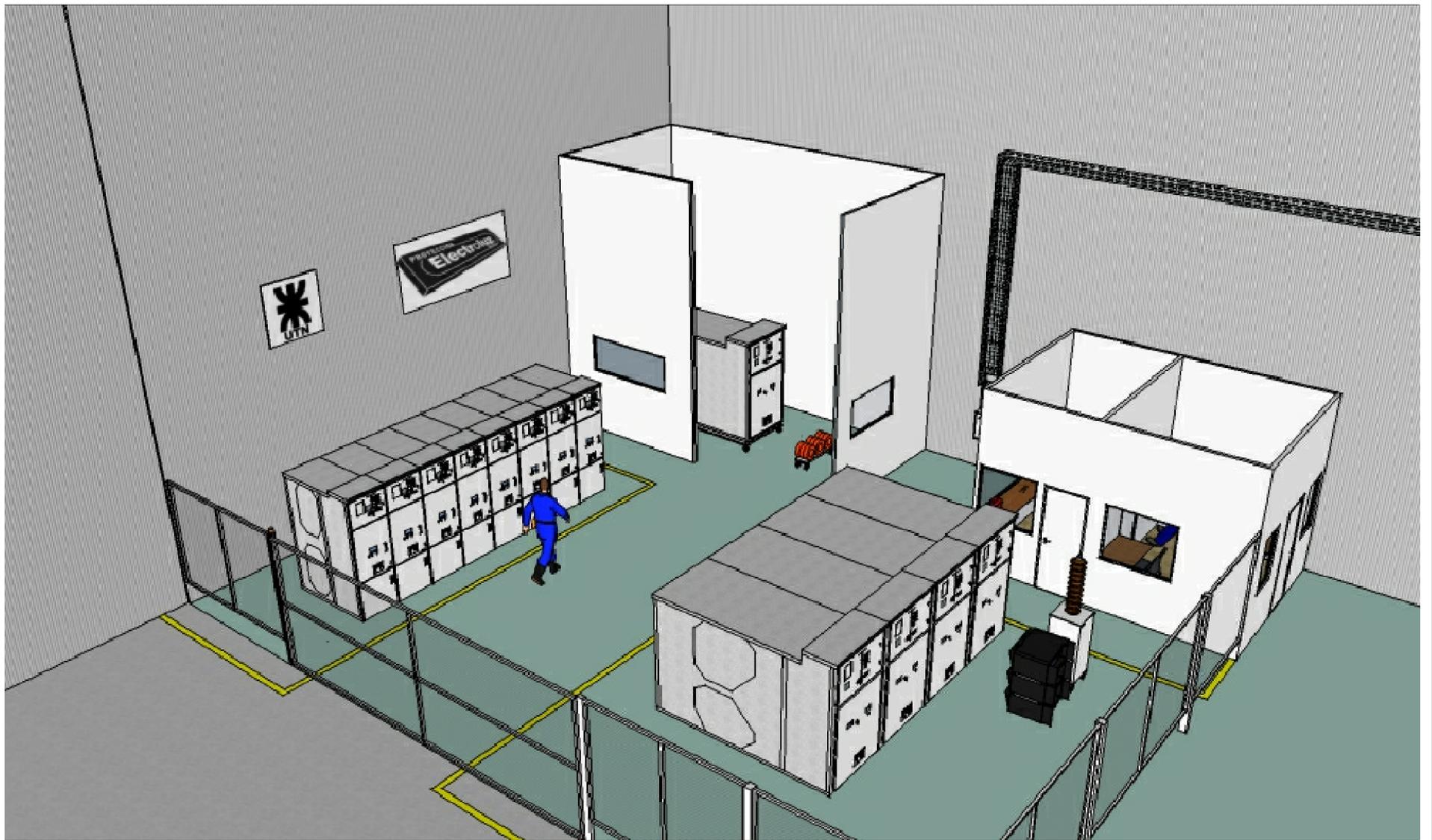
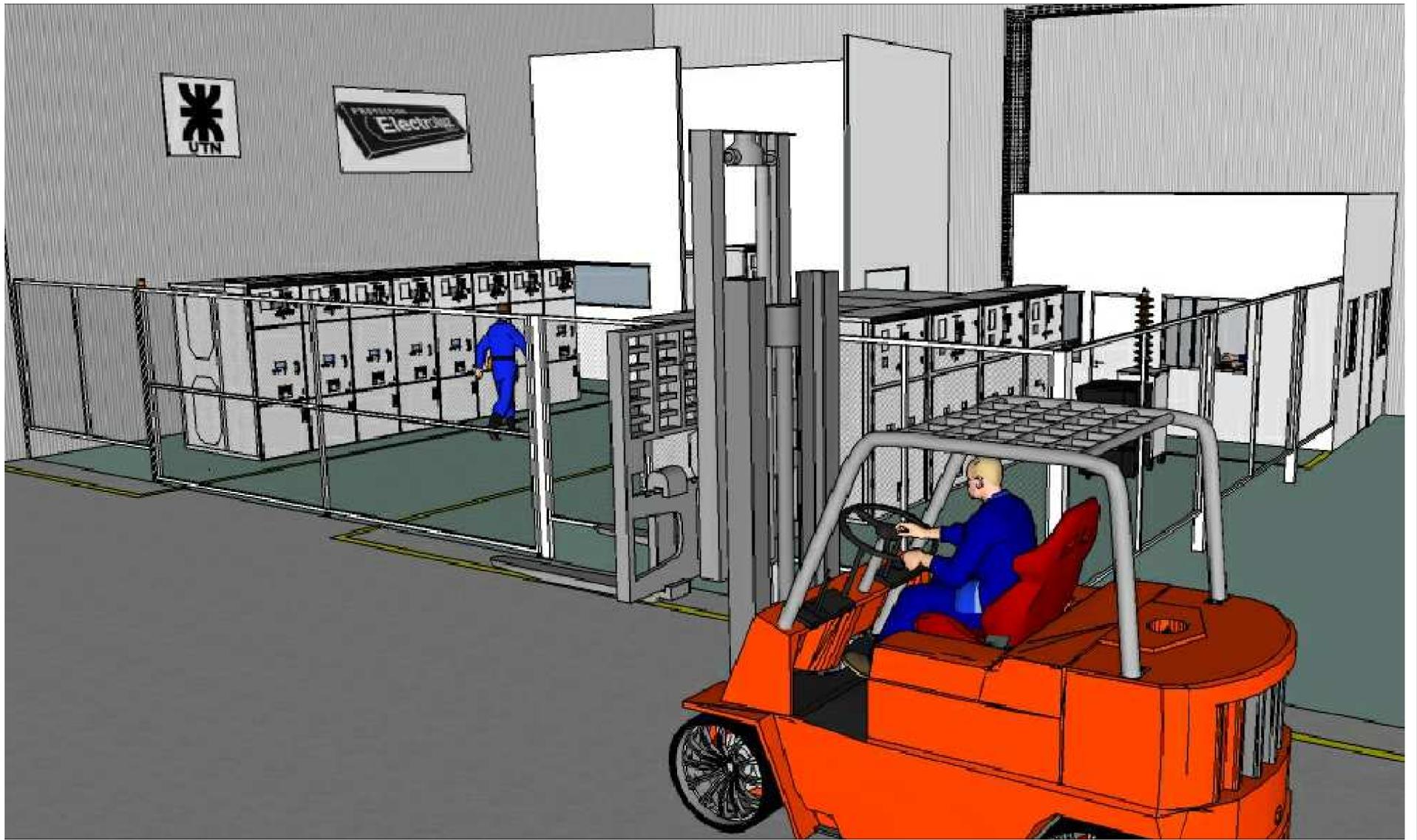
## DETALLE N°2 Sirena lumínica y sonora

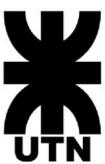


ESC. 1:30

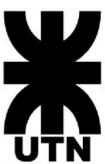
		Fecha	Nombre	U.T.N. - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de M.T.
		Dibujo	Sosa Sergio		
Revisó	Ing. E. Antón	MED. mm		Detalles Constructivos	Calificación: Plano N°: 3
Aprobó	Ing. E. Antón	ESC:			
Tol.	Rug.				



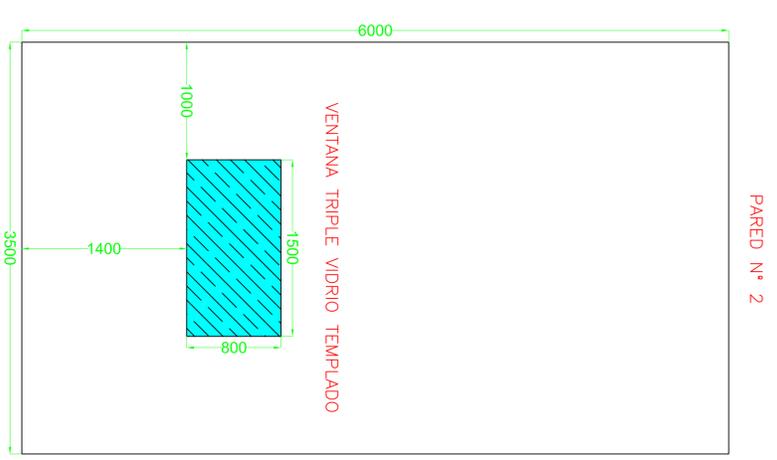
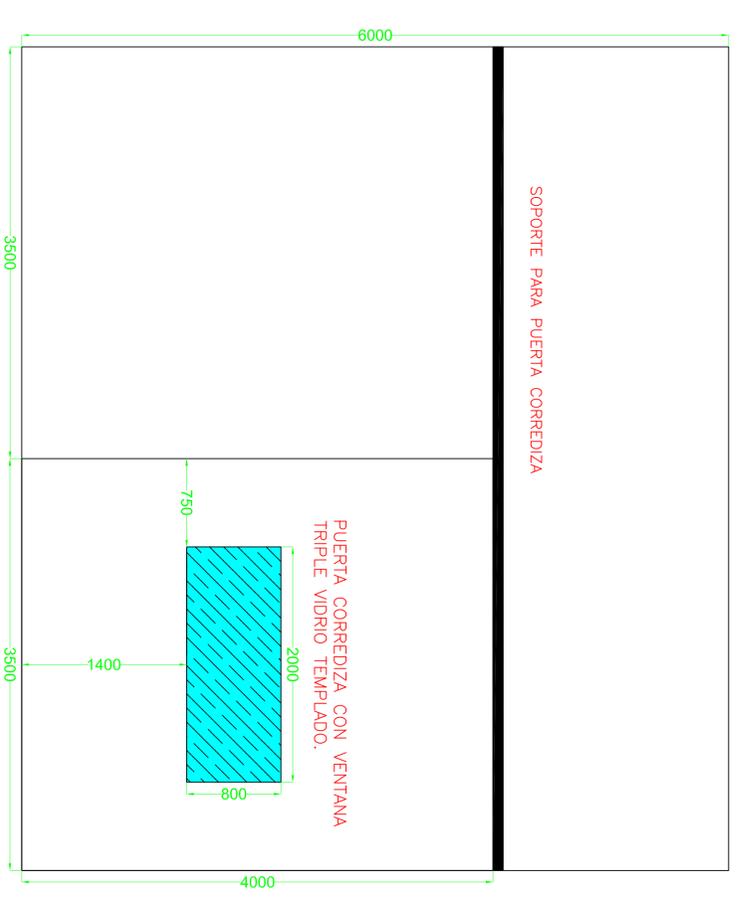
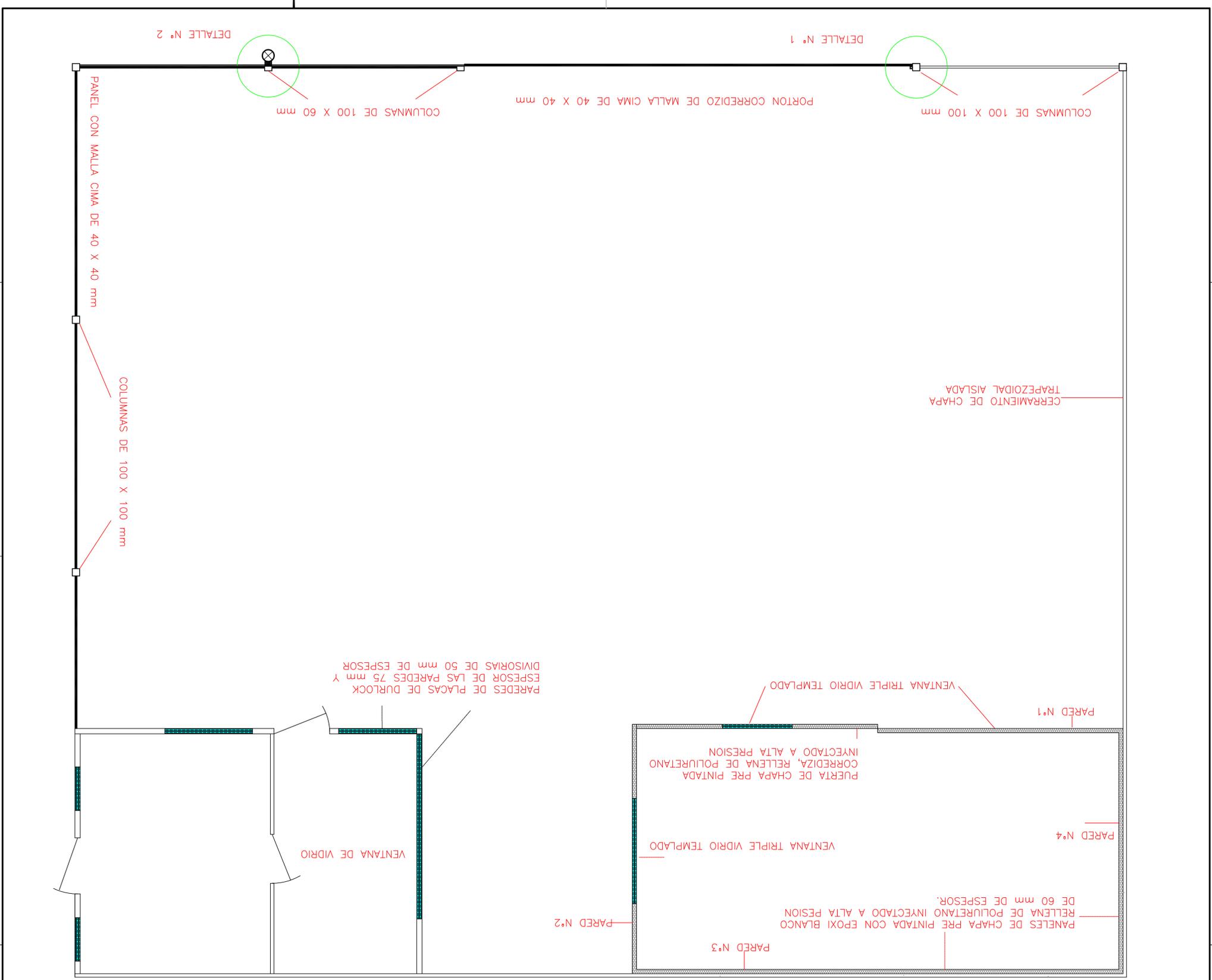


	Dibujo	Fecha	Nombre	U.T.N - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de M.T.
	Revisó	05-2017	Sosa Sergio		
	Aprobó		Ing. E. Antón		
	MED. mm		Ing. E. Antón		
	ESC: 1: 80				
	Layout del Laboratorio en 3D				Calificación:
Tol.					Plano Nº: 5
Rug.					



 UTN	Dibujo	Fecha	Nombre	U.T.N - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de M.T.
	Reviso	05-2017	Sosa Sergio		
	Aprobó		Ing. E. Antón		
	MED. mm				Calificación:
	ESC: 1: 110				Plano Nº: 6
Tol.					
Rug.					

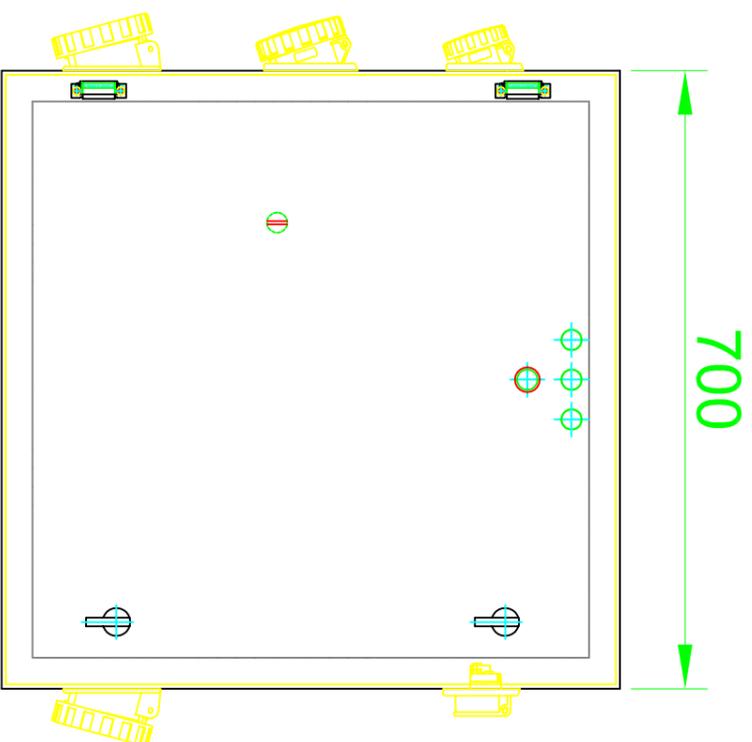
Layout del  
Laboratorio en 3D



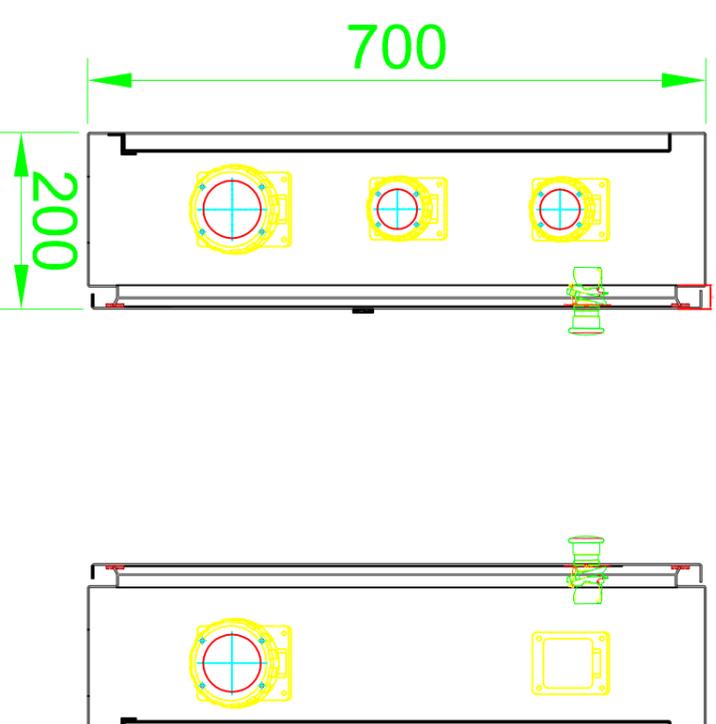
	Fecha:	Nombre:	Laboratorio para Ensayos de "Fuerza" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de H.T.
	Dibujó:	Soporte:	
	Revisó:	Ing. E. Antón	
	Aprobó:	Proyecto final	
MED. mm	esc. 1:30	Detalles de paneles para recinto de ensayo de calentamiento	
Tol.		Calificación:	
Rtg.		Plano N°: 7	

PARED N° 1

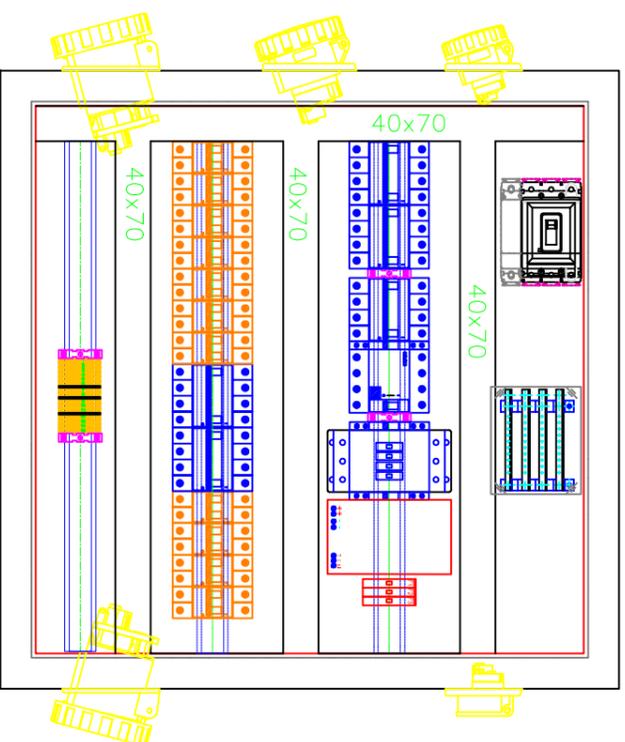
VISTA FRENTE



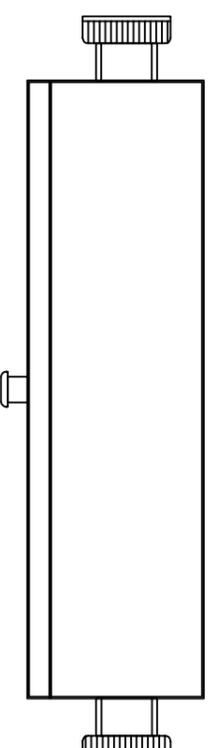
VISTA LATERAL



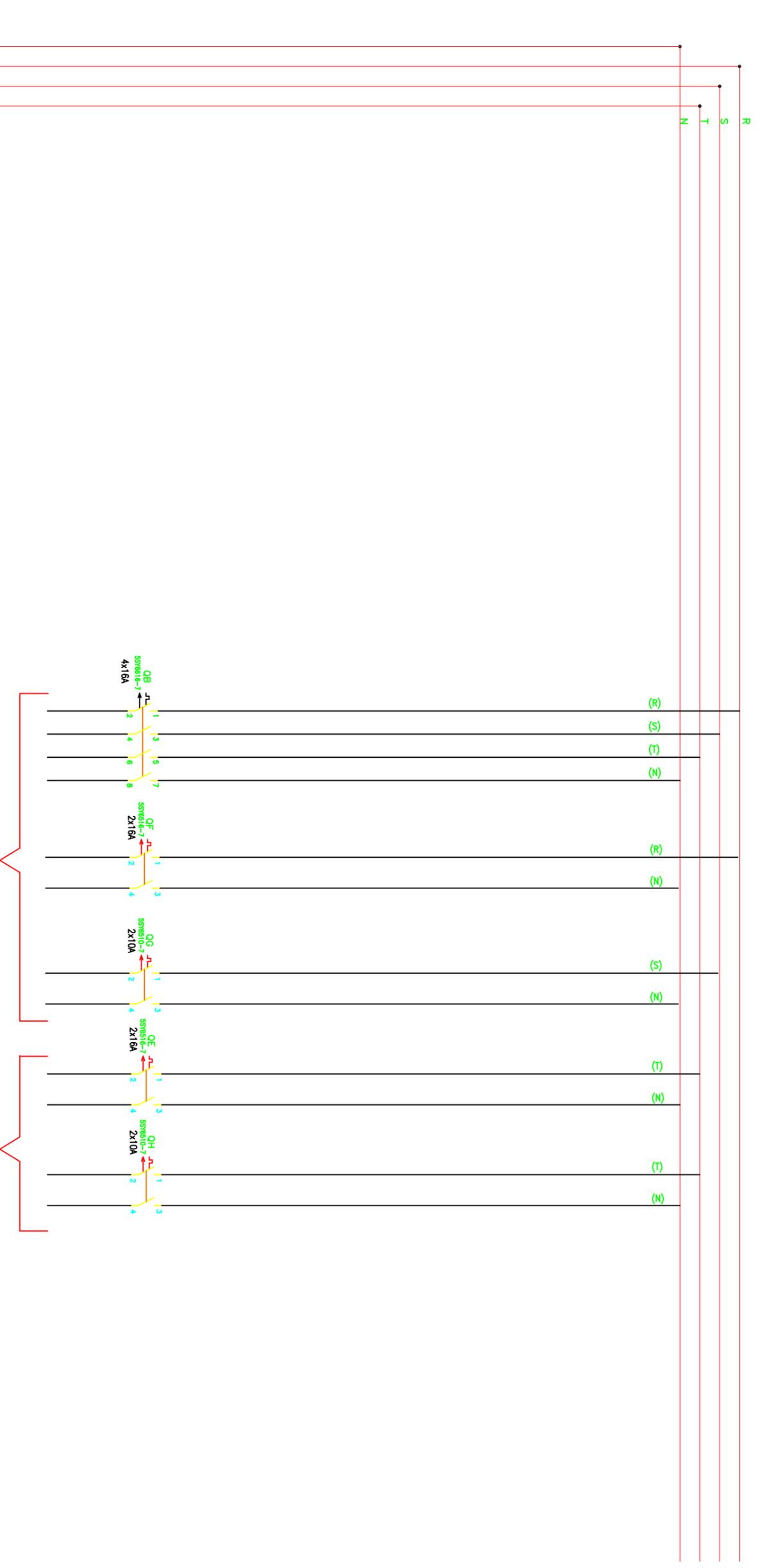
VISTA CONTRATAPA



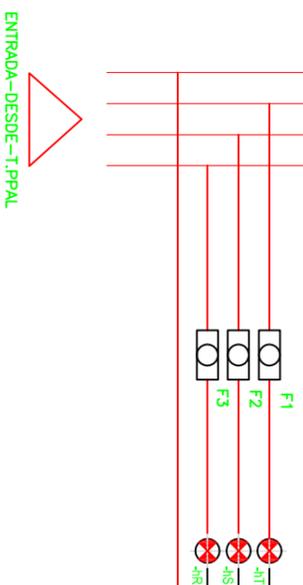
VISTA SUPERIOR



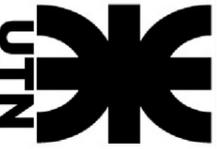
				
Dibujo	Fecha	Nombre	U.T.N. - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de M.T.
Revisó	05-2017	Sosa Sergio Ing. E. Antón		
Aprobó		Ing. E. Antón		
MED. mm ESC: 1:8				
Topográfico del Tablero Seccional				Calificación:
Tol.				Plano No: 8
Rug.				

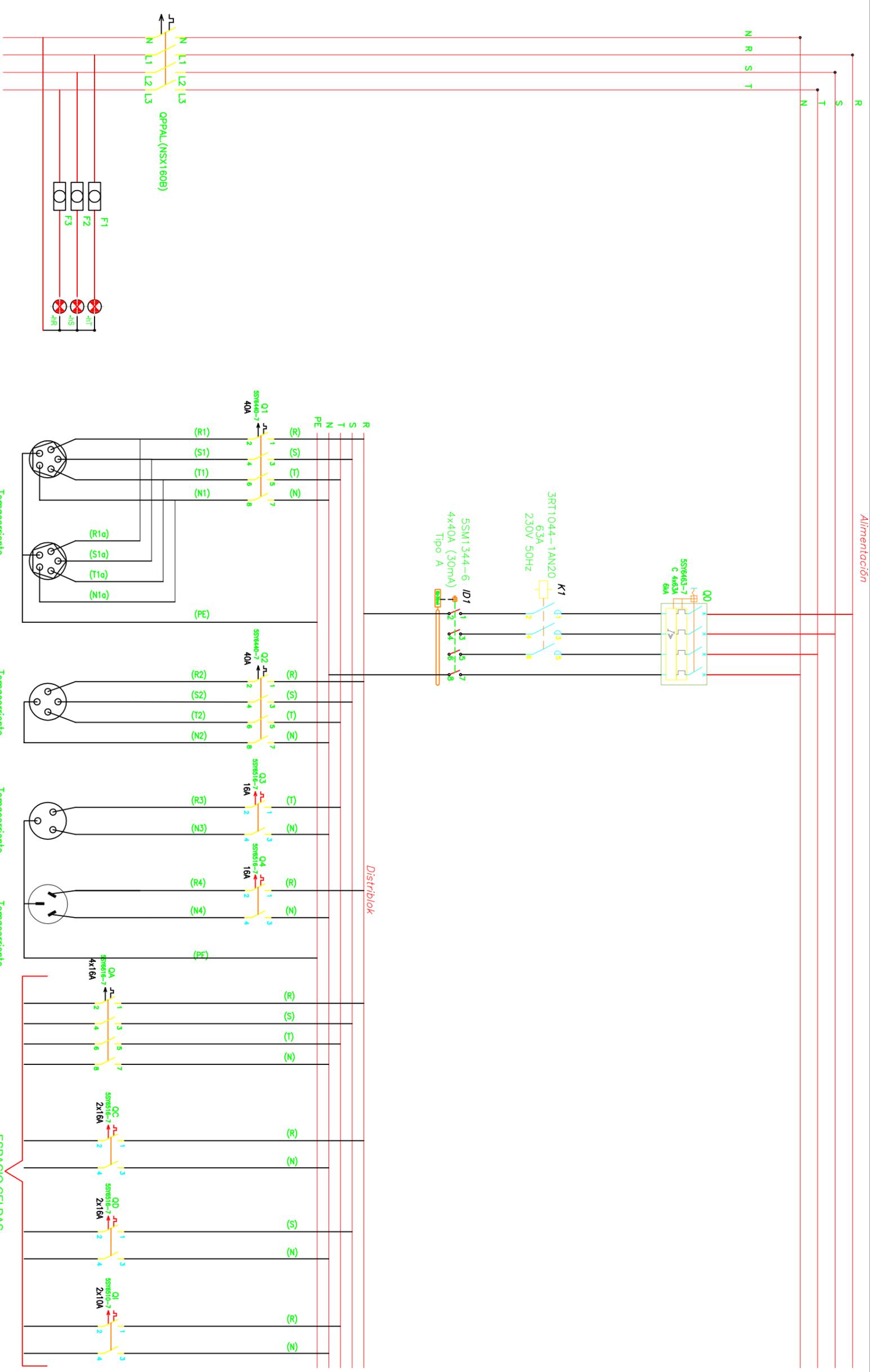


RECINTO OFICINA



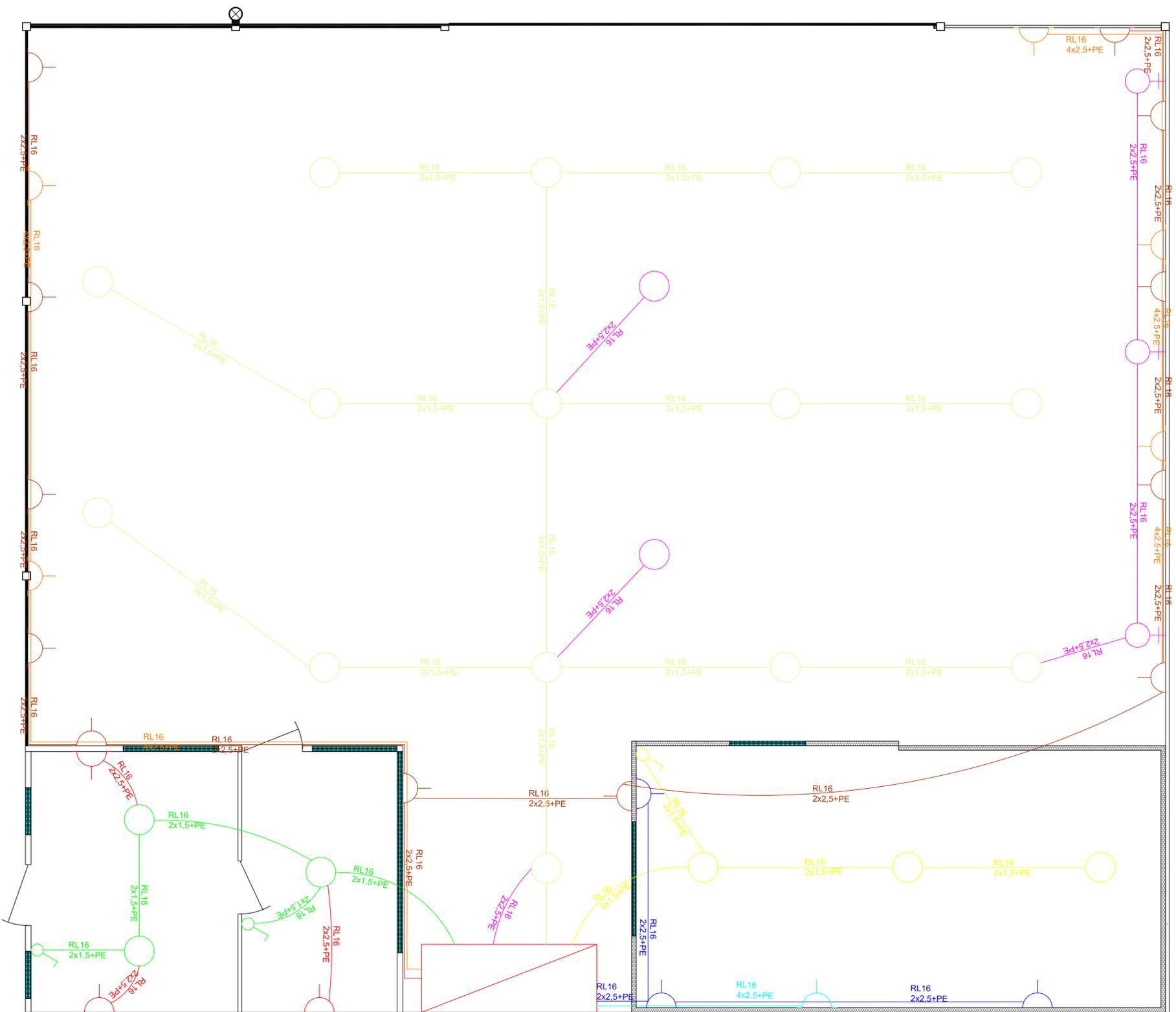
ENTRADA-DESDE-T.PPAL

		Fecha	Nombre	U.T.N - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento de celdas de M.T.
		Dibujo	Sosa Sergio		
MED. mm		Revisó	Ing. E. Antón	Unifilar del Tablero Seccional	Calificación:
ESC: 1:1		Aprobó	Ing. E. Antón		
Rug.		Tol.			Plano No: 9



ENTRADA-DESDE-T.PPAL

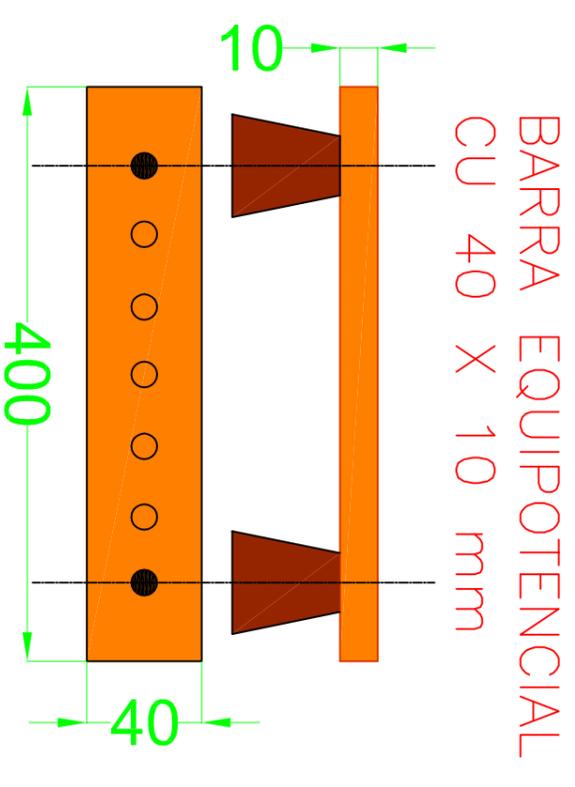
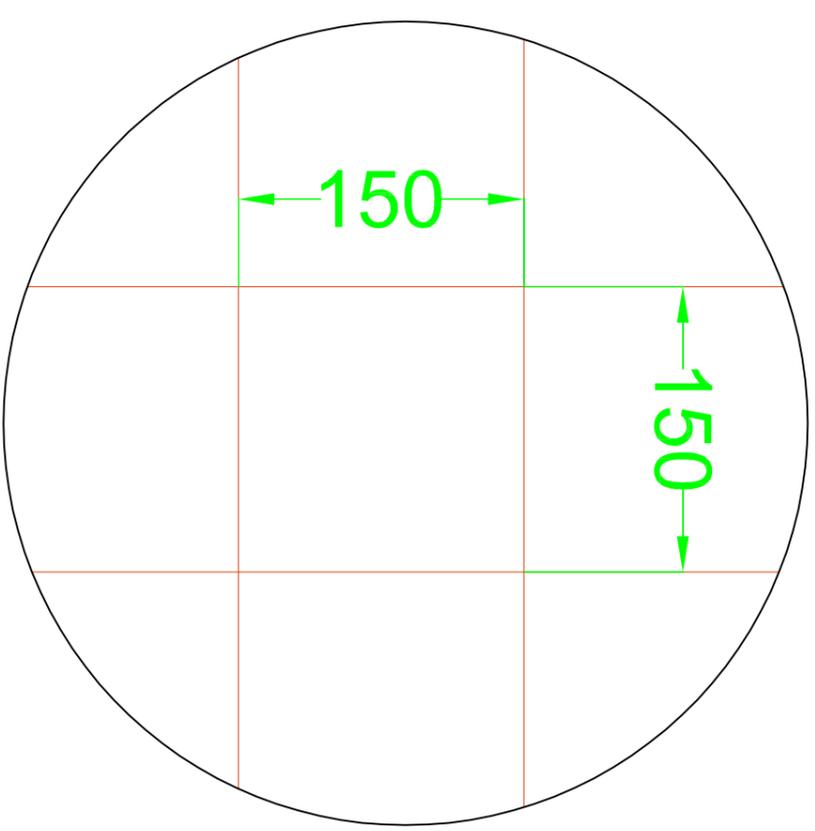
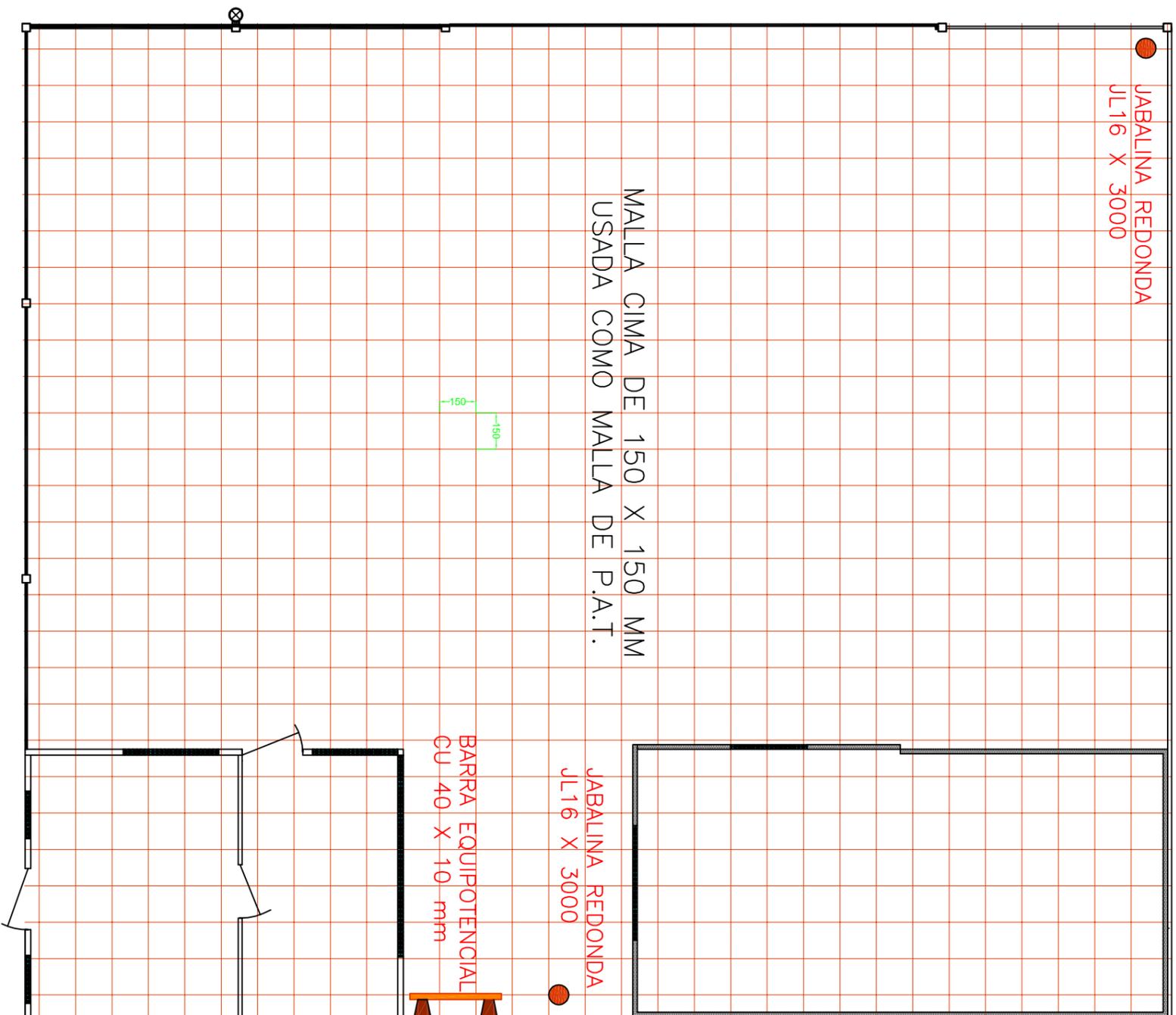
		Fecha	Nombre	U.T.N - F.R.Rqta Proyecto Final	Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de M.T.
		Dibujo	Sosa Sergio		
Funcional del Tablero Seccional.		Revisó	Ing. E. Antón	Calificación:	Plano No. 10
		Aprobó	Ing. E. Antón		
MED. mm		ESC: 1:1			
Rug.					

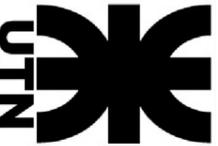


REFERENCIAS

OFICINA		TOMACORRIENTES
IUG		BOCA DE TECHO
TUG		LLAVE DE PUNTO
RECINTO		BOCA DE PARED
IUG		
TUG		
TUE		
ESPACIO CELDAS		TABLERO SECCIONAL
IUG		TABLERO PRINCIPAL
TUG		
TUE		
IUE		

		Fecha: 30/2011		Nombre: U.T.N. - F.R. Riquelme		Laboratorio para Ensayos de "Rulina" y de "Tipo" de calentamiento en celdas de H.T.	
Dibujante: [ ]		Revisado: [ ]		Ing. E. Anton		Proyecto final	
MED. mm		ESCALA: 1:30		Escalera: [ ]		Calificación:	
Tol. [ ]		Rug. [ ]		Electrificación del Laboratorio		Plano No. 11	



			
Dibujo	Fecha	Nombre	U.T.N. - F.R.Rqta Proyecto Final
Revisó	05-2017	Sosa Sergio	
Aprobó		Ing. E. Antón	
MED. mm			Laboratorio para Ensayos de "Rutina" y de "Tipo" de calentamiento de celdas de M.T.
ESC: 1:8			Calificación:
Tol.	MALLA P.A.T. DEL LABORATORIO		Plano N°: 12
Rug.			