



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

Pamplona, 26-06-2014





# 1. MEMORIA:

## ÍNDICE:

<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	4
1.1.2 SITUACIÓN.....	4
1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA Y SUPERFICIE.....	4
1.1.4 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD .....	5
1.1.5 NORMATIVA.....	5
<b>1.2 RIESGO ELÉCTRICO</b> .....	<b>6</b>
1.2.1 ¿QUÉ ES EL RIESGO ELÉCTRICO?.....	6
1.2.2 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO .....	6
1.2.3 SUPRESIÓN DE LA TENSIÓN.....	8
1.2.4 REPOSICIÓN DE LA TENSIÓN .....	11
1.2.5 EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	11
<b>1.3 VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL MATERIAL DE SEGURIDAD</b> .....	<b>13</b>
1.3.1 IMPORTANCIA DEL ESTADO DEL MATERIAL DE SEGURIDAD ..	13
1.3.2 CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS EQUIPOS .....	13
1.3.3 IMPORTANCIA ENSAYOS NORMATIVAS FABRICANTES .....	13
1.3.4 IMPORTANCIA ENSAYOS NOORMAS UNE.....	17
1.3.4.1 DETECTORES DE TENSIÓN .....	17
1.3.4.2 GUANTES DE MATERIAL AISLANTE .....	18
1.3.4.3 PÉRTIGAS AISLANTES .....	18
1.3.4.4 BANQUETAS AISLANTES .....	18
1.3.4.5 ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES .....	19
<b>1.4 CARACTERÍSTICAS ENSAYOS</b> .....	<b>20</b>
1.4.1 DETECTORES DE TENSIÓN – ENSAYO TENSIÓN UMBRAL .....	20
1.4.1.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	20
1.4.1.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO .....	20
1.4.1.2.1 Interpretación de los resultados.....	21
1.4.1.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO .....	22
1.4.1.4 MÁXIMA TENSIÓN ENSAYO .....	22
1.4.2 GUANTES DE MATERIAL AISLANTE – ENSAYO DIELÉCTRICO..	23
1.4.2.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	23
1.4.2.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO .....	24
1.4.2.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	25
1.4.2.4 MÁXIMA TENSIÓN ENSAYO .....	27
1.4.3 BANQUETAS AISLANTES – ENSAYO DIELÉCTRICO.....	27
1.4.3.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	27
1.4.3.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO .....	27
1.4.3.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	28
1.4.3.4 MÁXIMA TENSIÓN ENSAYO .....	28



<b>1.4.4 ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES – ENSAYO DIELÉCTRICO</b> .....	28
1.4.4.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	28
1.4.4.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO.....	29
1.4.4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	29
1.4.4.4 MÁXIMA TENSIÓN ENSAYO.....	29
<b>1.4.5 PÉRTIGAS AISLANTES DE MANIOBRA PARA ALTA TENSIÓN – ENSAYO CORRIENTE DE FUGA Y ENSAYO ELÉCTRICOS PARA PÉRTIGAS HUECAS Y RELLENAS</b> .....	29
1.4.5.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	29
1.4.5.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO.....	30
1.4.5.2.1 Ensayo corriente de fuga.....	30
1.4.5.2.2 Ensayo eléctrico pértigas huecas y rellenas.....	30
1.4.5.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	
1.4.5.3.1 Ensayo corriente de fuga.....	30
1.4.5.3.2 Ensayo eléctrico pértigas huecas y rellenas.....	30
<b>1.5 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS ENSAYOS</b> .....	31
<b>1.6 EQUIPOS ALTA TENSIÓN</b> .....	32
1.6.1 FABRICANTES.....	32
1.6.1.1 MARTIN BAUR.....	32
1.6.1.2 OCEAN WINDS (PHENIX TECHNOLOGIES).....	35
1.6.1.3 DRILCO (HIPOTRONICS).....	37
1.6.1.4 SAFER INSTRUMENTACIÓN (HIGH VOLT INC).....	38
1.6.2 PRECIOS.....	39
1.6.3 COMPATIBILIDAD EQUIPOS ENSAYOS.....	39
1.6.4 ELECCIÓN EQUIPOS ENSAYO.....	40
<b>1.7 DISEÑO UTILLAJES</b> .....	41
1.7.1 UTILLAJES PREPARADOS PARA LA VENTA.....	41
1.7.1.1 CÁMARA PARA ENSAYO DE GUANTES.....	41
1.7.1.2 BASTIDOR PORTÁTIL PARA ENSAYO DE PÉRTIGAS.....	42
1.7.2 MONTAJE DE UTILLAJES.....	44
1.7.2.1 DETECTORES DE TENSIÓN.....	44
1.7.2.2 GUANTES DE MATERIL AISLANTE.....	48
1.7.2.3 BANQUETAS AISLANTES.....	51
1.7.2.4 ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES.....	53
1.7.2.5 PÉRTIGAS AISLANTES.....	54
1.7.2.5.1 Corriente de fuga.....	54
1.7.2.5.2 Ensayo eléctrico.....	55
1.7.3 MATERIALES UTILLAJES.....	57



<b>1.8 LABORATORIO ALTA TENSIÓN.....</b>	<b>58</b>
1.8.1 LABORATORIOS ACREDITADOS .....	58
1.8.1.1 ENTIDADES ACREDITADAS EN EUROPA.....	58
1.8.1.2 ENTIDADES ACREDITADAS EN ESPAÑA.....	59
1.8.2 MONTAJE LABORATORIO .....	59
1.8.2.1 INTRODUCCIÓN .....	59
1.8.2.2 TIPOS DE INSTALACIONES DE ENSAYO .....	59
1.8.3 MONTAJE INSTALACIÓN DE ENSAYO .....	60
1.8.3.1 GENERALIDADES .....	60
1.8.3.1.1. Montaje de Ensayo .....	60
1.8.3.1.2 Barrera de Ensayo .....	60
1.8.3.1.3 Dimensiones Laboratorio .....	61
1.8.3.1.3.1 Cálculo Dimensiones Laboratorio .....	63
1.8.3.1.4 Indicadores Luminosos, Señales y Señales Luminosas .....	64
1.8.3.1.5 Corte de Emergencia .....	65
1.8.3.1.6 Prevención de Conexión no Autorizada e Involuntaria y contra una Conexión Automática.....	65
1.8.3.1.7 Protección contra las Tensiones Residuales y la Transferencia de Tensión .....	66
1.8.3.1.8 Medios de Protección contra otros Grupos Peligrosos .....	67
<b>1.9 MONTAJE CERRAMIENTO .....</b>	<b>68</b>
<b>1.10 SEGURIDAD DEL LABORATORIO .....</b>	<b>69</b>
<b>1.11 DESCARGA DE LAS 2TENSIONES RESIDUALES” .....</b>	<b>70</b>
<b>1.12 ACREDITACIÓN ENAC .....</b>	<b>71</b>



## 1.1 INTRODUCCIÓN:

Actualmente a la hora de la realización de las inspecciones periódicas de los equipos de maniobra como son detectores de tensión, guantes de material aislante, pértigas, banquetas y alfombras, solo se realizan las revisiones de inspección visual. Esto se debe a que se carece del equipamiento necesario para poder realizar la totalidad de los ensayos de mantenimiento que exige el fabricante como las propias normas UNE. Teniendo que enviar a laboratorios especificados los equipos para que realicen los ensayos correspondientes.

### 1.1.1 OBJETO DEL PROYECTO:

El objeto de este proyecto es el diseño, cálculo y descripción del montaje de los equipos, componentes y materiales necesarios para la construcción de un laboratorio de ensayo en la propia nave de Tesicnor.

Por último se procederá a realizar un estudio detallado que reúna las condiciones y garantías mínimas exigidas por la entidad nacional de acreditación (ENAC), con el fin de obtener la autorización administrativa del uso de la marca de ENAC.

### 1.1.2 SITUACIÓN:

El laboratorio en un principio se construirá en el interior de la propia nave de TESICNOR en la planta baja. La nave se encuentra en el Polígono Mocholí, C/rio Elorz, nave 13 E.

### 1.1.3 DESCRIPCION DE LA PARCELA Y SUPERFICIE:

La parcela donde está situada la Nave industrial de TESICNOR dispone de una superficie útil alrededor de unos  $768m^2$  de los cuales  $375m^2$  son destinados a la superficie útil de la Nave Industrial.

La zona donde se construirá el laboratorio de Alta Tensión será en la planta baja dentro del área de ingeniería, esta está formada por:

- Almacén =  $144.74m^2$
- Formación =  $143.38m^2$
- Servicios =  $5.2m^2$
- Oficinas =  $54.37m^2$
- Despacho =  $13.92m^2$
- Pasillo =  $10m^2$

El laboratorio se colocará en la zona de Formación.



#### 1.1.4 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:

El objetivo principal es someter los equipos a determinados ensayos para demostrar si ellos son aptos para soportar los requisitos especificados. De esta forma, se tiene una cierta garantía de que los equipamientos podrán operar satisfactoriamente en las condiciones reales del sistema, simuladas durante los ensayos.

#### 1.1.5 NORMATIVA:

La realización del presente proyecto así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:

- R.C.E. Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, e instrucciones técnicas complementarias (Real Decreto 3.275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- NORMATIVA PARTICULAR de cada una de las empresas que fabrican los equipos de maniobra.
- GUÍA TÉCNICA Riesgo Eléctrico, Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio BOE nº148, de 21 de Junio.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales y Real Decreto 1.215/1997, de 18 de julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- IEEE 80
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.



## 1.2 RIESGO ELÉCTRICO:

### 1.2.1 ¿QUÉ ES EL RIESGO ELÉCTRICO?:

Según el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio se entiende como riesgo eléctrico no solo la probabilidad de sufrir una descarga eléctrica (sea por contacto directo o indirecto) que produce el efecto inicial fisiológico debido al paso de la corriente por el cuerpo humano, sino que también se han considerado otro tipo de riesgos/efectos asociados, generalmente considerados por separado y relativamente frecuentes, tales como quemaduras, caídas, incendios, explosiones, intoxicaciones, etc., cuyo origen sea una utilización indebida o accidental de la electricidad.

A los efectos de lo dispuesto, se entenderá como el riesgo originado por la energía eléctrica. Quedan específicamente incluidos los riesgos de:

- a) Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- b) Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- c) Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- d) Incendios o explosiones originados por la electricidad.

### 1.2.2 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO

En España mediante este Real Decreto se establece unas disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico siempre que se realiza cualquier inspección, revisión, obras... en cualquier instalación eléctrica (subestación - centro de transformación). Además forma parte de la normativa de seguridad y salud en el trabajo, enmarcada por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL). Por tanto, las obligaciones específicas establecidas en este Real Decreto para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico deben entenderse e interpretarse a la luz de los preceptos de carácter general contenidos en la citada Ley.

Se aplica a las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo y a las técnicas y procedimientos para trabajar en ellas, o en sus proximidades.

Tiene por objeto la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, aplicándose a todos los lugares donde exista éste, ya sea el derivado de las propias **instalaciones** eléctricas o de los **trabajos** que se realicen en ellas o sus proximidades.

En el caso de las instalaciones, el Real Decreto se limita a establecer unas obligaciones de carácter general y a remitirse, para las prescripciones particulares, a la normativa específica aplicable (básicamente, la reglamentación electrotécnica).





Por el contrario, en el caso de los «trabajos», el Real Decreto es mucho más extenso y concreto; se regulan con cierto detalle las técnicas y procedimientos para:

- Dejar una instalación sin tensión, antes de realizar un trabajo, y reponer la tensión, al finalizarlo.
- Trabajar en instalaciones en tensión.
- Realizar maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones eléctricas.
- Trabajar en proximidad de elementos en tensión (incluidas las líneas eléctricas aéreas o subterráneas).
- Trabajar en emplazamientos con riesgos de incendio o explosión, o en los que pueda producirse una acumulación peligrosa de carga electrostática.

Todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico deberá efectuarse sin tensión, salvo en determinados casos:

- 1) Las operaciones elementales, tales como por ejemplo conectar y desconectar, en instalaciones de baja tensión con material eléctrico concebido para su utilización inmediata y sin riesgos por parte del público en general.
- 2) Los trabajos en instalaciones con tensiones de seguridad.
- 3) Las maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones cuya naturaleza así lo exija.
- 4) Los trabajos en, o en proximidad de instalaciones cuyas condiciones de explotación o de continuidad del suministro así lo requieran.

El principio general conlleva la obligación de que cualquier trabajo que se efectúe en una instalación o en su proximidad se realice sin tensión.

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar el «trabajo sin tensión», y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizarán trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores cualificados.

### 1.2.3 SUPRESIÓN DE LA TENSIÓN

Para llevar a cabo la supresión de la tensión y una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirán unas etapas de manera secuencial.

Este proceso es conocido como **“Reglas de Oro”**. Tiene por objeto proteger a los trabajadores frente al riesgo eléctrico derivado de la aparición inesperada de tensiones peligrosas en la instalación, debidas a posibles maniobras erróneas, contactos accidentales de la instalación con otras líneas en tensión o cualquier otra causa.

1ª Desconectar.

2ª Prevenir cualquier posible realimentación.

3ª Verificar la ausencia de tensión.

4ª Poner a tierra y en cortocircuito.

5ª Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

#### 1. Desconectar.

La parte de la instalación en la que se va a realizar el trabajo debe aislarse de todas las fuentes de alimentación. El aislamiento estará constituido por una distancia en aire, o la interposición de un aislante, suficientes para garantizar eléctricamente dicho aislamiento.

Los condensadores u otros elementos de la instalación que mantengan tensión después de la desconexión deberán descargarse mediante dispositivos adecuados.



#### 2. Prevenir cualquier posible realimentación.

Los dispositivos de maniobra utilizados para desconectar la instalación deben asegurarse contra cualquier posible reconexión, preferentemente por bloqueo del mecanismo de maniobra, y deberá colocarse, cuando sea necesario, una señalización para prohibir la maniobra. En ausencia de bloqueo mecánico, se adoptarán medidas de protección equivalentes. Cuando se utilicen dispositivos teledirigidos deberá impedirse la maniobra errónea de los mismos desde el teledirigido.



### 3. Verificar la ausencia de tensión.

La ausencia de tensión deberá verificarse en todos los elementos activos de la instalación eléctrica en, o lo más cerca posible, de la zona de trabajo. En el caso de alta tensión, el correcto funcionamiento de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión deberá comprobarse antes y después de dicha verificación.

Para verificar la ausencia de tensión en cables o conductores aislados que puedan confundirse con otros existentes en la zona de trabajo, se utilizarán dispositivos que actúen directamente en los conductores (pincha-cables o similares), o se emplearán otros métodos, siguiéndose un procedimiento que asegure, en cualquier caso, la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico.

Los dispositivos teledirigidos utilizados para verificar que una instalación está sin tensión serán de accionamiento seguro y su posición en el teledirigido deberá estar claramente indicada.





#### 4. Poner a tierra y en cortocircuito.

Las partes de la instalación donde se vaya a trabajar deben ponerse a tierra y en cortocircuito:

- a) En las instalaciones de alta tensión.
- b) En las instalaciones de baja tensión que, por inducción o por otras razones, puedan ponerse accidentalmente en tensión.

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra y deben ser visibles desde la zona de trabajo. Si esto último no fuera posible, las conexiones de puesta a tierra deben colocarse tan cerca de la zona de trabajo como se pueda.

Si en el curso del trabajo los conductores deben cortarse o conectarse y existe el peligro de que aparezcan diferencias de potencial en la instalación, deberán tomarse medidas de protección, tales como efectuar puentes o puestas a tierra en la zona de trabajo, antes de proceder al corte o conexión de estos conductores.

Los conductores utilizados para efectuar la puesta a tierra, el cortocircuito y, en su caso, el puente, deberán ser adecuados y tener la sección suficiente para la corriente de cortocircuito de la instalación en la que se colocan.

Se tomarán precauciones para asegurar que las puestas a tierra permanezcan correctamente conectadas durante el tiempo en que se realiza el trabajo. Cuando tengan que desconectarse para realizar mediciones o ensayos, se adoptarán medidas preventivas apropiadas adicionales.

Los dispositivos telemandados utilizados para la puesta a tierra y en cortocircuito de una instalación serán de accionamiento seguro y su posición en el telemando estará claramente indicada.



5. Proteger frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Si hay elementos de una instalación, próximos a la zona de trabajo que tengan que permanecer en tensión, deberán adoptarse medidas de protección adicionales, que se aplicarán antes de iniciar el trabajo.



#### 1.2.4 REPOSICIÓN DE LA TENSIÓN

La reposición de la tensión sólo comenzará, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona de trabajo las herramientas y equipos utilizados.

El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

- 1º La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
- 2º La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.
- 3º El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
- 4º El cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

#### 1.2.5 EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Las maniobras locales y las mediciones, ensayos y verificaciones sólo podrán ser realizados por trabajadores autorizados. En el caso de las mediciones, ensayos y verificaciones en instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores cualificados, pudiendo ser auxiliados por trabajadores autorizados, bajo su supervisión y control.



Para llevar a cabo el proceso el método de trabajo empleado y los equipos y materiales de trabajo y de protección utilizados deberán proteger al trabajador frente al riesgo de contacto eléctrico, arco eléctrico, explosión o proyección de materiales.

Entre los equipos y materiales de protección citados se encuentran:

- a) Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
- b) Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- c) Las pértigas aislantes.
- d) Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
- e) Los equipos de protección individual. (pantallas, guantes, gafas, cascos, etc.).

Cuando el trabajador tenga que realizar una maniobra en alta tensión de forma directa sobre el seccionador o interruptor, se deberán emplear los equipos o medidas adecuadas a las características de la instalación en que se maniobra y con la certificación correspondiente, si procede.

Los equipos y materiales de trabajo o de protección empleados para la realización de estas operaciones se elegirán de entre los concebidos para tal fin, teniendo en cuenta las características del trabajo y, en particular, la tensión de servicio, y **se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante.**

En cualquier caso, los equipos y materiales para la realización de estas operaciones **se ajustarán a la normativa específica que les sea de aplicación.**

**Para comprobar que el estado de los equipos es óptimo y que los trabajadores no corren ningún riesgo a la hora de utilizarlos, se les aplicará una serie de ensayos para verificar su correcto funcionamiento.** Entre ellos destacamos los que en un principio serían los que se querrían para revisar en el laboratorio de ensayo:

- Detectores
- Guantes aislantes
- Pértigas
- Banquetas
- Alfombras aislantes



## 1.3 VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL MATERIAL DE SEGURIDAD

### 1.3.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Con el paso del tiempo, la integridad del material de seguridad puede verse afectado por diferentes agentes, y su integridad puede verse comprometida para el uso. Los materiales aislantes, suelen ser materiales delicados, que pueden quebrarse, como la fibra de vidrio, o que pueden doblarse, como los materiales plásticos. Los elementos de seguridad, son lo que separa un trabajador de un accidente que puede modificar por completo su vida o incluso acabar con ella. Con todo ello se puede prescindir de muchas cosas **excepto de la seguridad**.

### 1.3.2 CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS EQUIPOS

Son varias las causas que provocan el desgaste de los equipos, pero elementos tales como:

- El incorrecto almacenamiento, puede producir grietas o roturas.
  - Al apilar mal los materiales, sin querer se pueden quebrar y provocar fisuras en una pértiga.
  - En las pértigas huecas, puede crearse en su interior condensación de agua, solo hace falta una gota para romper la efectividad de la pértiga
- La suciedad y la mala conservación del material de seguridad.
  - La suciedad, como el polvo o el barro, tienen muchas partículas de hierro.
  - La mala conservación crea porosidades por culpa de los golpes o de las rendijas que puedan haberse creado en las que pueden haberse incrustado partículas de hierro transportadas por el polvo o barro.
- El paso del tiempo.
  - El paso del tiempo, no es un problema en sí, puesto que los materiales de seguridad son de larga duración.

### 1.3.3 ENSAYOS NORMATIVAS FABRICANTES

A la hora de realizar los correspondientes ensayos para comprobar el estado en el que se encuentran los equipos hay que seguir las recomendaciones del propio fabricante. Estas recomendaciones suelen ser las que aparecen en las normativas de cada equipo, en caso de que no se informe de que ensayos se ha de realizar para su mantenimiento, se realizarán los de las propias normativas (UNES).



Tenemos varios ejemplos de fabricantes en los que indican el mantenimiento que hay que llevar a cabo en detectores de tensión, guantes aislantes, pértigas, banquetas y alfombras:

- PRESEL



Los que determina la norma en todas las ocasiones excepto en los guantes, a los que se les añade un lavado del guante para eliminar grasas, aceites y bacterias que puedan perjudicar la estructura del guante o la salud del trabajador que deba usarlos.

- Banqueta aislante:
  - Ensayo tensión de prueba (mediante corriente de fuga) conforme UNE204001 apartado 5.4.2
  - Ensayo tensión soportada conforme UNE-204001 apartado 5.4.3
- Detectores de tensión resistivo:
  - Medida de tensión umbral conforme UNE-EN 61243-2 apartado 6.2.1
  - Medida de tensión umbral conforme UNE-EN 61243-1 apartado 6.2.1

- Pértigas

Huecas:

- Ensayo eléctrico (100kV cada 30cm durante 1min.) conforme UNE-EN 61235 apartado 12
- Medida de corriente de fuga conforme UNE- 204003 apartado 8.2.3

Rellenas:

- Ensayo eléctrico (100kV cada 30cm durante 1min.) conforme UNE-EN 61235 apartado 12
- Medida de corriente de fuga conforme UNE- 204003 apartado 8.2.3





- CATU



- Detectores: Conforme norma UNE-EN 61243-1.

#### Control y verificación de ausencia de tensión

- Recepción, registro e inspección visual del detector
  - Comprobación del buen estado de los bornes de la pila
  - Verificación de la tensión Umbral conforme Norma UNE 61243-1 apartado 6.2.1.
- Pértigas fijas y enlazables: Conforme UNE 204003 (Medida corriente de fuga) y UNE 62135 o 60855 (Tensión soportada 100 kV/30cm).

#### Control y verificación de pértigas

Recepción, registro e inspección visual de la pértiga. Limpieza y secado de toda la superficie. La verificación incluye dos ensayos:

- Ensayo de medida de la corriente de fuga, al aplicar la tensión de prueba conforme a la norma UNE 204003 apartado 8.2.3.
  - Ensayo de tensión soportada (100 kV/30cm) conforme a la norma UNE 61235 apartado 12 (tubo hueco) o la UNE 60855 apartado 11 (tubo relleno).
- Pértigas telescópicas hasta 4 metros. Ensayo tensión soportada (100 kV/30cm).

#### Control y verificación de pértigas telescópicas

Recepción, registro e inspección visual de la pértiga. Limpieza y secado de toda la superficie.

Verificación mediante el ensayo de tensión soportada (100 kV/30cm) conforme a la norma CEI 62193 apartado 6.4.2.

- Alfombras: no verifican
- Banquetas: Conforme a la UNE-204001.



### Control y verificación de Banquetas aislantes

Inspección visual de la banqueta y limpieza y secado de toda la superficie.  
La verificación incluye dos ensayos:

- Ensayo de medida de la corriente de fuga al aplicar la tensión de prueba conforme a la UNE-204001 apartado 5.4.2
- Ensayo de tensión soportada conforme a la UNE-204001 apartado 5.4.3

- SOFAMEL



- Banquetas aislantes según UNE 204001:1999  
Inspección visual según anexo C cada 1 año
- Alfombras aislantes según UNE-EN 61111  
Inspección visual, ensayo dieléctrico individual según anexo G cada 1 año

- TRANLUZ



- Alfombras aislantes: Se recomienda una inspección visual anual observando el marcado correcto, que no exista contaminación química, que no aparezcan roturas ni cortes, quemaduras y que el espesor de la misma sea el correcto.
- Banquetas aislantes: Se recomienda una inspección visual anual observando el marcado correcto, que no exista contaminación química y que no aparezcan roturas.



### 1.3.4 ENSAYOS NORMAS UNE

Según las normas UNE cada equipo de maniobra debe haber sido comprobado dentro de un periodo de tiempo, ya que el mantenimiento de los equipos de trabajos en tensión utilizados está reconocido como un elemento básico para garantizar su buen funcionamiento y la seguridad del usuario.

Estos ensayos se definen para comprobar que las características de los equipos se mantienen dentro de los límites especificados.

Se recomienda que los ensayos de mantenimiento periódico se realicen por el fabricante o por un servicio de asistencia técnica reconocido y cualificado.

Hay que recordar que las recomendaciones del mantenimiento en servicio de las distintas UNES son de carácter informativo, teniendo que realizar en primer lugar los ensayos especificados por el fabricante.

En el caso de que el cliente desee realizar otros ensayos también habrá que realizarlos.

Por último, en el supuesto de que no aparezca ninguna especificación se tendrá que realizar los ensayos característicos que vienen definidos en las UNES de cada material para su adecuado mantenimiento en servicio.

#### 1.3.4.1 DETECTORES DE TENSIÓN

Ensayo de tensión umbral: UNE-EN 61243-1

Siempre que vaya a utilizarse un detector de tensión debería realizarse una inspección visual. Si existen dudas razonables de que el aparato no está en buen estado debería ser retirado de los ensayos y posteriormente enviado al fabricante para su reparación o eliminación.

Para ello habrá que seguir con un listado de ensayos que se deberá seguir en orden cronológico para verificar que la integridad física, el funcionamiento del detector y sus características de aislamiento.

Orden cronológico	Designación
1	Inspección visual
2	Verificación del dispositivo de ensayo
3	Corriente de fuga en seco
4	Protección contra contoneo para detectores de tensión de tipo interior/exterior
5	Resistencia a las descargas
6	Medida de la tensión umbral
7	Influencia de un campo perturbador en fase



8	Percepción segura de una señal visual
9	Percepción segura de una señal acústica

La revisión de los detectores tiene un periodo máximo de **seis años**.

#### 1.3.4.2 GUANTES DE MATERIAL AISLANTE

Ensayo dieléctrico: UNE-EN 60903

A la hora de utilizar guantes, hay que comprobar que han sido revisados en un periodo máximo de **seis meses**.

Las verificaciones consisten:

- En hincharlos de aire para comprobar si hay fugas de aire
- Realizar un ensayo dieléctrico

Para los guantes de clase 00 y 0 no es necesario realizar un ensayo dieléctrico.

#### 1.3.4.3 PÉRTIGAS AISLANTES

Ensayo de corriente de fuga: UNE 204003.

Ensayo eléctrico (100kV cada 30cm durante 1 minuto): UNE-EN 61235 y UNE-EN 60855.

No se deben utilizar pértigas que no hayan sido revidas dentro de un periodo máximo de **seis años**.

Para ello se llevarán a cabo estos ensayos para verificar el correcto funcionamiento:

- Inspección visual
- Corriente de fuga de mantenimiento
- Limpieza y siliconado

#### 1.3.4.4 BANQUETAS AISLANTES

Ensayo dieléctrico: UNE 204001

Se recomienda que las banquetas hayan sido revisadas mediante una inspección visual por personal experto en 1 año.



### 1.3.4.5 ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES

Ensayo dieléctrico: UNE-EN 61111.

La inspección de las alfombras consiste en una inspección visual, y después un ensayo dieléctrico sin acondicionamiento húmedo excepto para las de clase 0 que solo necesitan una inspección visual.

No se deberán usar alfombras que no hayan sido inspeccionadas en un periodo máximo de **12 meses**.



## 1.4 CARACTERÍSTICAS ENSAYOS

### 1.4.1 DETECTORES DE TENSIÓN – ENSAYO TENSIÓN UMBRAL

#### 1.4.1.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Las condiciones atmosféricas deben ser las indicadas en la Norma IEC 60068-1.

Salvo requisitos particulares:

- Los ensayos se realizan en las siguientes condiciones atmosféricas normales:
  - 1) temperatura ambiente: 15 °C a 35 °C;
  - 2) humedad relativa: 25% a 75%;
  - 3) presión atmosférica: 86 kPa a 106 kPa;
- Las tolerancias para dimensiones inferiores a 3 150 mm deben satisfacer el nivel Js18 según las Normas ISO 286-1 e ISO 286-2. En el caso de dimensiones mayores la tolerancia debe ser de  $\pm 1\%$ .

El detector de tensión debe permanecer en estas condiciones atmosféricas **un mínimo de 4 h** antes de someterse a la batería de ensayos.

#### 1.4.1.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO

El detector de tensión debe indicar sin ambigüedad la presencia y/o ausencia de la tensión de servicio de la instalación en función de la tensión nominal o gama de tensiones nominales del detector de tensión y su frecuencia nominal o frecuencias nominales.

La indicación “presencia de tensión” debe aparecer si la tensión a tierra de la parte que se ensaya es superior al 45% de la tensión nominal.

El 45% de la tensión nominal corresponde a  $0,78 U_n / \sqrt{3}$ .

La indicación “presencia de tensión” no debe aparecer si la tensión a tierra de la parte que se ensaya es igual o inferior al 10% de la tensión nominal.

El 10% de la tensión nominal corresponde a  $0,17 U_n / \sqrt{3}$  y es el mayor valor de tensión inducida entre fase y tierra que normalmente puede encontrarse en campo.



Para cumplir los requisitos anteriores la tensión umbral  $U_t$  debe cumplir la siguiente relación:

$$0,10 U_n \text{ máx.} < U_t \leq 0,45 U_n \text{ mín.}$$

Para detectores de tensión con una sola tensión nominal,  $U_n \text{ máx.}$  es igual a  $U_n \text{ mín.}$

#### 1.4.1.2.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para poder aplicar la fórmula  $0,10 U_n \text{ máx.} < U_t \leq 0,45 U_n \text{ mín.}$ , existe un límite teórico para la realización entre la tensión máxima y mínima de utilización (denominado K):

$\frac{U_{\text{máx.}}}{U_{\text{mín.}}} \leq 4,5$  dado que fuera de ese límite no es posible cumplir simultáneamente para todas las tensiones de utilización los requisitos exigidos, no todos los detectores cumplen esa relación teórica máxima entre las tensiones de utilización.

Los resultados de las medidas se presentan bajo los siguientes casos:

- ( $K \leq 4,5$ ) Verificadores en los que la relación entre  $U_{\text{máx}}$  y  $U_{\text{mín}}$  de la unidad es menor o igual, lo que permite obtener una indicación segura de la tensión en todo el rango de tensiones de uso. En estos casos los verificadores se presentan como:
  - CORRECTO: la tensión umbral se encuentra entre los límites exigidos;
  - SOBREINDICA: el detector avisa erróneamente de la presencia de tensión con niveles de tensión inferiores al límite mínimo a partir del cual debe indicar presencia de tensión;
  - SUBINDICA: el detector no indica presencia de tensión con niveles de tensión superiores al límite máximo a partir del cual debe indicar presencia de tensión.
- ( $K > 4,5$ ) Verificadores en los que la relación entre  $U_{\text{máx}}$  y  $U_{\text{mín}}$  de la unidad es mayor que 4,5, lo que no permite la obtener una indicación de tensión segura, tal y como la define la norma. En estos casos, dependiendo del resultado, las unidades ensayadas se presentan en la tabla de resultados como:
  - SOBREINDICA HACIA  $U_{\text{máx.}}$ : En estos casos, al utilizarlo en instalaciones de tensiones en el extremo superior de su rango de utilización, el verificador indicará presencia de tensión cuando no debería hacerlo según lo indicado en la norma (por debajo del 10% de la tensión de trabajo).
  - SUBINDICA HACIA  $U_{\text{mín.}}$ : En estos casos, al utilizarlo en instalaciones de tensiones en el extremo inferior de su rango de



utilización, el verificador no indicará presencia de tensión cuando debiera hacerlo según lo indicado en la norma (por encima del 45% de la tensión de trabajo).

Las diferentes situaciones pueden suponer:

- En los casos en los que el VAT indica presencia de tensión cuando no debería hacerlo puede provocar un riesgo si se decide no hacer caso de la indicación del detector en otras instalaciones, atribuyendo la señal de presencia de tensión a un malfuncionamiento del mismo, por lo que estos verificadores no deben utilizarse en las instalaciones cuyas tensiones nominales queden en la parte (superior) del rango de uso del detector.
- Los casos en los que el verificador no indica presencia de tensión cuando debería hacerlo supone un riesgo evidente, por lo que estos VAT no deben utilizarse en las instalaciones cuyas tensiones nominales queden en la parte afectada (inferior) del rango de uso del detector.

#### 1.4.1.3 PROCEDIMIENTO ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en el apartado 6.2.1.2 de la modificación nº 1 (2011) de la Norma UNE – EN 61243-1:2006.

La tensión umbral se mide incrementando lentamente la tensión de ensayo hasta que el estado de la señal cambia de acuerdo con el tipo de indicación del equipo ensayado.

Para la determinación de la tensión umbral, se realizan 3 medidas, siendo el valor medio de las mismas el resultado del ensayo.

#### 1.4.1.4 MÁXIMA TNSIÓN DE ENSAYO

Este punto al igual que en los siguiente apartados se tratar de un ejemplo para demostrar a los futuros clientes sobre que tensiones se rondarán a la hora de realizar los ensayos y para poder determinar el equipo de alta tensión que necesitaremos adquirir.

Mediante un informe realizado por el L.C.O.E. podemos determinar la máxima tensión que se aplicará en el ensayo para detectores de distintas tensiones de uso (Fecha de ensayos: 29/08/2011-2/03/2012);

- 200/400 kV

$$45\% U_n = 90kV$$





10% Un máx. = 40kV

- 132/380 kV

45% Un = 59,4kV

10% Un máx. = 38kV

- 110/220 kV

45% Un = 49,5kV

10% Un máx. = 22Kv

Valor máximo que puede alcanzar la tensión umbral (Ut) es 90kV

Selección de los detectores que mayor tensión umbral (Ut) medida han dado:

Nº	Tensión de uso (Umín. / Umáx.)	Ut medida(Ut) (kV)	Comentario
3	132/380 kV	27,4	Sobreindica
33	132/380 kV	32,7	Sobreindica
40	200/400kV	28,7	Sobreindica
45	110/380kV	33,5	Sobreindica
46	132/380 kV	35,6	Sobreindica
52	66/132kV	39,6	Sobreindica
88	110/380kV	43,8	Correcto
97	110/380kV	41,3	Correcto

Todos ellos cumplen con la relación  $k = \frac{U_{n \text{ máx.}}}{U_{n \text{ mín.}}} \leq 4,5$

De 284 ensayos realizados por L.O.C.O.E. (Laboratorio Central Oficial De Electrotecnia) la mayor tensión umbral (Ut) medida fue de 43,8(kV) por el detector **110/380kV** que no era el detector que poseía mayor tensión de uso.

## 1.4.2 GUANTES DE MATERIAL AISLANTE – ENSAYO DIELECTRICO

### 1.4.2.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Los guantes se deben someter a un acondicionamiento previo **durante 2 h ± 0,5 h** a una temperatura de 23 °C ± 2 °C y una humedad relativa de 50% ± 5% (véase la Norma IEC 60212, atmósfera normal B), salvo los guantes que deban ser sometidos al ensayo de absorción de agua como ensayo tipo o de muestreo.

Los ensayos dieléctricos en tensión alterna o continua se deben realizar a una temperatura de 23 °C ± 5 °C y a una humedad relativa entre 45% y 75% (véase la Norma IEC 60212).

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores



### 1.4.2.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO

Los guantes deben soportar los ensayos de tensión de prueba con los requisitos de corriente alterna de prueba.

Clase de los guantes	Ensayos de corriente alterna					Ensayos de corriente continua		
	Tensión de prueba kV ef	Corriente máxima de prueba mA ef				Tensión soportada kV ef	Tensión de ensayo de prueba kV medio	Tensión soportada
		Longitud del guante mm						
		280	360	410	≥460			
00	2.5	12	14	N/a	N/a	5	4	8
0	5	15	14	16	18	10	10	20
1	10	N/a	16	18	20	20	20	40
2	20	N/a	18	20	22	30	30	60
3	30	N/a	20	22	24	40	40	70
4	40	N/a	N/a	24	26	50	60	90

Cuya corriente de fuga debe tener un valor inferior de 2mA cuando se mida en el ensayo. Este ensayo resultará satisfactorio si:

- La tensión de prueba es alcanzada y mantenida por el tiempo del ensayo
- La corriente de prueba no excede del valor especificado durante el periodo de ensayo. La medida de corriente puede hacerse de forma continua o al final del ensayo.

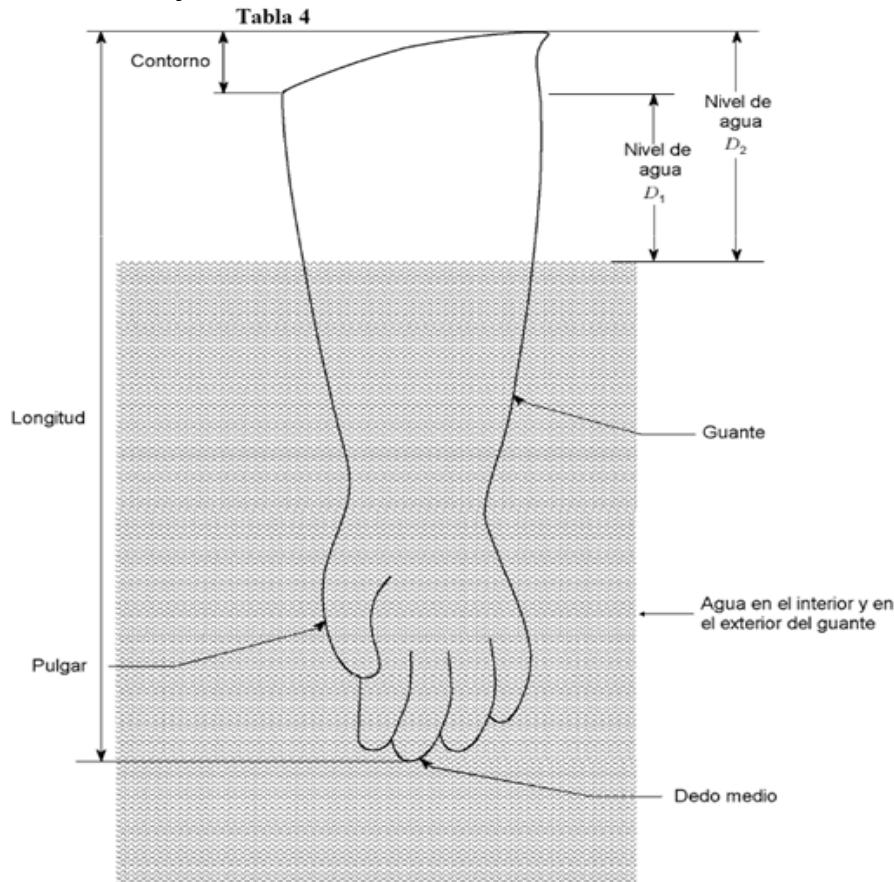


### 1.4.2.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

Para ello deberemos rellenar los guantes de agua corriente con una resistividad específica inferior o igual a 100  $\Omega\text{m}$  y sumergirlos en un recipiente de agua.

Clase de guantes	Distancia en el aire para ensayos D			
	mm			
	Corriente alterna		Corriente continua	
	Ensayo de tensión de prueba	Ensayo de tensión soportada	Ensayo de tensión de prueba	Ensayo de tensión soportada
00	40	40	40	50
0	40	40	40	50
1	40	65	50	100
2	65	75	75	130
3	90	100	100	150
4	130	165	150	180

El nivel de agua durante el ensayo debe ser el mismo en el interior que en el exterior del guante.

Esquema del montaje

NOTA 1 -  $D_1$  corresponde a los guantes contorneados.

NOTA 2 -  $D_2$  corresponde a los guantes no contorneados.

Cada guante debe soportar la tensión de prueba específica según su categoría. Inicialmente se irá aplicando una pequeña tensión y se aumentará progresivamente 1000V/s hasta alcanzar la tensión específica o que se produzca el fallo.

En caso de que se produzca fallo, la tensión máxima observada será considerada la tensión soportada.

Y la medida de la corriente puede hacerse de forma continua o al final del ensayo.



#### 1.4.2.4 MÁXIMA TENSIÓN ENSAYO

La máxima tensión que aplicaremos en este ensayo para revisar el estado de los guantes corresponden con los guantes de categoría 4 ya que estos son los que más tensión soportan. Valores máximos en los ensayos de corriente alterna:

- Tensión de prueba (kVef.) = 40
- Tensión soportada (kVef.) = 50
- Tensión máxima de utilización (kVef.) = 36

Valores máximos en los ensayos de corriente continua:

- Tensión de prueba (kVmedio) = 60
- Tensión soportada (kVmedio) = 90
- Tensión máxima de utilización (kV) = 54

### 1.4.3 BANQUETAS AISLANTES – ENSAYO DIELECTRICO

#### 1.4.3.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Previamente a la realización de estos ensayos las banquetas deben ser acondicionadas por inmersión total en un baño de agua de grifo a una temperatura de  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  **durante 24 h.** Después de este acondicionamiento las banquetas deben ser secadas y sometidas a los ensayos eléctricos.

Los ensayos eléctricos se realizarán en un recinto con unas condiciones ambientales de  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  de temperatura y  $(60 \pm 15) \%$  de humedad relativa (ambiente normal, UNE 21307).

#### 1.4.3.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO

Cuando se realice el ensayo de tensión de prueba no se producirá ni perforación, ni cebado de arco ni contorneamiento alguno, y el valor de la corriente de fuga será inferior en todo momento a 2 mA.



### 1.4.3.3 PROCEDIMIENTO ENSAYO

Se aplicará una tensión alterna de 50Hz inicialmente de un valor bajo que se irá aumentando progresivamente a una velocidad constante de 1000V/s hasta alcanzar la tensión de ensayo especificada para cada categoría de banquetas o hasta que se produzca un fallo en la banqueta.

Clase	Tensión de ensayos Kv eficaces
0	5
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	70

Durante el tiempo de mantenimiento de la tensión de ensayo se medirá la corriente de fuga por medio de un miliamperímetro en serie con la banqueta, y una vez concluido este periodo, se bajará la tensión a la misma velocidad que a la que hemos subido.

### 1.4.3.4 MÁXIMA TENSIÓN ENSAYO

La máxima tensión que aplicaremos en este ensayo para revisar el estado de las banquetas corresponden con las banquetas de categoría 6 ya que estos son los que más tensión soportan.

Valor máximo de la tensión en el ensayo de prueba = 70kV ef

## 1.4.4 ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES – ENSAYO DIELECTRICO

### 1.4.4.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Las condiciones del lugar de ensayo deben estar de acuerdo con la Norma IEC 60068-1:

- temperatura ambiente: 15 °C a 35 °C;
- humedad relativa: 45% a 75%;
- presión atmosférica: 86 kPa a 106 kPa.

Salvo que se indique lo contrario, los márgenes de tolerancia para cualquier valor medido deben ser de  $\pm 5\%$ .



#### 1.4.4.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO

Las alfombras eléctricas aislantes deben ser capaces de soportar las correspondientes tensiones eléctricas de acuerdo con su clase eléctrica.

Clases de alfombras eléctricas aislantes	Tensión KV Valor eficaz	
	Ensayo de prueba	Ensayo de resistencia
0	5	10
1	10	20
2	20	30
3	30	40
4	40	50

#### 1.4.4.3 PROCEDIMIENTO ENSAYO

El ensayo de tensión de prueba: aplicación durante 1 min la tensión de ensayo que corresponda según la el tipo de alfombra (tabla). No se deben producir contorneamiento, descargas disruptivas, perforación eléctrica u otros fallos eléctricos.

#### 1.4.4.4 MÁXIMA TENSION ENSAYO

- Valor máximo tensión en el ensayo de prueba = 40(kV ef.)
- Valor máximo tensión en el ensayo de resistencia = 50(kV ef.)

#### 1.4.5 PÉRTIGAS AISLANTES DE MANIOBRA PARA ALTA TENSION – ENSAYO CORRIENTE DE FUGA Y ENSAYO ELÉCTRICOS PÉRTIGAS HUECAS Y RELLENAS

##### 1.4.5.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Los ensayos y verificaciones deben realizarse en las siguientes condiciones atmosféricas normales:

- Temperatura ambiente: 15 °C a 35 °C
- Humedad relativa: 45% a 75%
- Presión atmosférica: 86 kPa a 106 kPa

La pértiga debe permanecer en estas condiciones un mínimo de 4 h antes de someterse a la batería de ensayos.



## 1.4.5.2 REQUISITOS FUNCIONAMIENTO

### 1.4.5.2.1 ENSAYO CORRIENTE DE FUGA

Tiene por objeto verificar que la corriente de fuga se mantiene, durante la vida útil de la pértiga, dentro de los límites que se indican.

Se recomienda limpiar y siliconar la pértiga antes de la verificación.

### 1.4.5.2.2 ENSAYO ELÉCTRICO PÉRTIGAS HUECAS Y RELLENAS

Este ensayo se considera satisfactorio si cumplen las siguientes condiciones:

- Ningún contorneamiento, descarga disruptivo o perforación
- Ninguna señal de carbonización o erosión de la superficie
- Ninguna elevación perceptible de temperatura

## 1.4.5.3 PROCEDIMIENTO ENSAYO

### 1.4.5.3.1 ENSAYO CORRIENTE DE FUGA

Se colgará la pértiga de un conductor de fase en una instalación cuya tensión nominal sea la máxima a la que se puede utilizar la pértiga. Previamente se habrá colocado una abrazadera de cobre sobre papel de aluminio adyacente al guardamanos y rodeando la parte aislante. A esta abrazadera se conecta un amperímetro calibrado, previamente puesto a tierra. Transcurrido 1 min. de la aplicación de la tensión se mide la corriente de fuga que deberá ser inferior a 0,5 mA.

Debido a que se posee el verificador de pértigas “PR 1800” realizaremos este ensayo con este equipo ya que evalúa la superficie de la pértiga, para comprobar si la superficie esta húmeda, tiene suciedad acumulada por el uso o esta defectuosa.

En conclusión este equipo realiza el mismo ensayo salvo que el “PR 1800” lo realiza con tensión continua.

### 1.4.5.3.2 ENSAYO ELÉCTRICO PÉRTIGAS HUECAS Y RELLENAS

Las pértigas son sometidas a una tensión alterna, a frecuencia industrial, de 100kV valor eficaz, aplicada entre electrodos a 30cm de separación durante 1 min.



## 1.5 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS ENSAYOS

**Tras comprobar las condiciones en las que se deben realizar los diferentes ensayos, los valores en las que deben permanecer los equipos durante la realización de los ensayos no son muy diferentes los máximos y los mínimos:**

- Temperatura 15°C – 35°C
- Humedad relativa 25% - 75%
- Presión atmosférica 86kPa – 106kPa

Estos valores normalmente son los valores que nos vamos a encontrar en condiciones normales, pero comprobaremos antes de realizar los ensayos que las condiciones atmosféricas están entre los valores señalados anteriormente.

Para medir las condiciones utilizaremos el equipo ofertado por PCE Ibérica SL:

- PCE-THB 38



Especificaciones técnicas:

- Temperatura – 0... + 50°C
- Humedad relativa del aire – 10... 95% H.r.
- Presión barométrica – 10... 1100 hPa (mbar)

**Precio: 105,00€**

## 1.6 EQUIPOS ALTA TENSIÓN

### 1.6.1 FABRICANTES

Hay distintas compañías que ofertan equipos con los que podemos llegar a los valores de tensión que se exige en los ensayos para los distintos equipos de maniobra. Las empresas con las que hemos mantenido contacto son:

- MARTIN BAUR (Barcelona).
- OCEAN WINDS (Barcelona): proveedora de la compañía PHENIX TECHNOLOGIES (USA).
- DRILCO (Madrid): proveedora de la compañía HIPOTRONICS (Alemania)
- SAFER Instrumentación (Bilbao): proveedora de la compañía HIGH VOLT INC (USA).

#### 1.6.1.1 MARTIN BAUR





- Modelo PGK 260HB

#### Datos técnicos

Alimentación de red	PGK 260 HB 220 - 240 V 110 - 120 V con autotransformador exterior
Frecuencia de red	45 Hz a 60 Hz
Consumo de potencia	2600 VA
Consumo de potencia cortocircuito	5000 VA
Tensión de salida nominal AC eficaz / DC	190 kV / 260 kV
Corriente de salida cont. AC eficaz / DC	9 mA / 4 mA
Corriente de cortocircuito AC eficaz / DC	20 mA / 20 mA
Humedad relativa	sin condensación
Temperatura ambiente	en trabajo: 0 ... + 45 ° C almacenado: - 20 ... + 60 ° C
Precisión del kV-metro	2,5 %
Precisión del mA-metro	2,5 %
Dimensiones de la caja (a x al x p)	502 x 241 x 290 mm
Dimensiones de la parte de alta tensión (altura / diámetro)	2050 mm / 1270 mm
Peso: Módulo de mando	19 kg
Peso: Módulo de A.T.	280 kg

- Modelo PGK 150HB

#### Datos técnicos

Alimentación de red	PGK 150 HB 220 - 240 V 110 - 120 V con autotransformador exterior
Frecuencia de red	45 Hz a 60 Hz
Consumo de potencia	1380 VA
Consumo de potencia cortocircuito	2650 VA
Tensión de salida nominal AC eficaz / DC	110 kV / 150 kV
Corriente de salida cont. AC eficaz / DC	9 mA / 4 mA
Corriente de cortocircuito AC eficaz / DC	23 mA / 20 mA
Humedad relativa	sin condensación
Temperatura ambiente	en trabajo: 0 ... + 45 ° C almacenado: - 20 ... + 60 ° C
Precisión del kV-metro	2,5 %
Precisión del mA-metro	2,5 %
Dimensiones de la caja (a x al x p)	502 x 241 x 290 mm
Dimensiones de la parte de alta tensión (altura / diámetro)	1450 mm / 455 mm
Peso: Módulo de mando	17 kg
Peso: Módulo de A.T.	83 kg



- Modelo PGK 110HB

#### Datos técnicos

	PGK 110 HB
Alimentación de red	220 - 240 V 110 - 120 V con autotransformador exterior
Frecuencia de red	45 Hz a 60 Hz
Consumo de potencia	1380 VA
Consumo de potencia cortocircuito	2650 VA
Tensión de salida nominal AC eficaz / DC	80 kV / 110 kV
Corriente de salida cont. AC eficaz / DC	14 mA / 5 mA
Corriente de cortocircuito AC eficaz / DC	30 mA / 17 mA
Humedad relativa	sin condensación
Temperatura ambiente	en trabajo: 0 ... + 45 ° C almacenado: - 20 ... + 60 ° C
Precisión del kV-metro	2,5 %
Precisión del mA-metro	2,5 %
Dimensiones de la caja (a x al x p)	502 x 241 x 290 mm
Dimensiones de la parte de alta tensión (altura / diámetro)	1130 mm / 455 mm
Peso: Módulo de mando	17 kg
Peso: Módulo de A.T.	75 kg

- Modelo PGK 70HB

#### Datos técnicos

	PGK 70 HB
Alimentación de red	220 - 230 V 110 - 120 V con autotransformador exterior
Frecuencia de red	45 Hz a 60 Hz
Consumo de potencia	640 VA
Consumo de potencia cortocircuito	1200 VA
Tensión de salida nominal AC eficaz / DC	55 kV / 70 kV
Corriente de salida cont. AC eficaz / DC	7 mA / 3 mA
Corriente de cortocircuito AC eficaz / DC	20 mA / 12 mA
Humedad relativa	sin condensación
Temperatura ambiente	en trabajo: 0 ... + 45 ° C almacenado: - 20 ... + 60 ° C
Precisión del kV-metro	2,5 %
Precisión del mA-metro	2,5 %
Dimensiones de la caja (a x al x p)	502 x 241 x 290 mm
Dimensiones de la parte de alta tensión (altura / diámetro)	810 mm / 385 mm
Peso: Módulo de mando	13,5 kg
Peso: Módulo de A.T.	26 kg

### 1.6.1.2 OCEAN WINDS ( PHENIX TECHNOLOGIES)

- BK-130



Datos técnicos:

		BK-130
ENTRADA	Tensión / Corriente	110-120 V , 30 A 208-240 V , 15 A
	Frecuencia	50 / 60 Hz
SALIDA	Tensión / Corriente	≈ 0-35 kV, 171 mA ≈ 0-130 kV, 50mA
	CICLO DE TRABAJO	1 Hora ON / 1Hora OFF 33.3 mA / 114 mA
El equipo presenta en 2 unidades con las siguientes dimensiones y pesos		
Control / Regulador	Longitud	564 mm
	Ancho	426 mm
	Altura	350 mm
	Peso	20.4 kg
Transformador HV	Longitud	406 mm
	Ancho	406 mm
	Altura	762 mm
	Peso	80.7 kg

- 6CP 120/60-7.5



#### Datos técnicos

		6CP 120/60-7,5
ENTRADA	Tensión / Corriente	110-120 V , 30 A 220-240 V , 15 A
	Frecuencia	50 / 60 Hz
SALIDA	Tensión / Corriente	≈ 0-60 kV, 125 mA ≈ 0-120 kV, 62.5 mA
	CICLO DE TRABAJO	1 Hora ON / 1Hora OFF 7.5 kVA
El equipo presenta en 2 unidades con las siguientes dimensiones y pesos		
Control / Regulador	Longitud	540 mm
	Ancho	426 mm
	Altura	349 mm
	Peso	24 kg
Transformador HV	Longitud	483 mm
	Ancho	483 mm
	Altura	762 mm
	Peso	116 kg

### 1.6.1.3 DRILCO (HIPOTRONICS)

- HVT 100



#### Datos técnicos

GENERAL	100 HVT
Tensión de entrada	120V, 50/60Hz (A) 220V, 50/60Hz (B)
Tensión de salida	0 -50kV o 0-100kV
Corriente de salida	50mA (Toma 100kV) 100mA (Toma 50kV)
Voltímetro	0-25/50/100 kV AC
Amperímetro	0-1/10/100 mA
Precisión de medida	± 2% a fondo de escala
Pesos y dimensiones	441 x 368 x 810mm, Unidad 109 kg Con embalaje 139 kg

100kV ef. Por cada 30cm de la pértiga para el ensayo eléctrico

Una toma de 230V para poder conectar el PR 1800 y poder realizar el ensayo de corriente de fuga.

### 1.6.1.4 SAFER INSTRUMENTACIÓN (HIGH VOLT INC)

- PFT-1003CM



#### Datos técnicos

ENTRADA	Tensión / Corriente	120 V , 15 A 230 V , 8 A
	Frecuencia	50 / 60 Hz
SALIDA	Tensión / Corriente	0-100 kV, 30 mA
CICLO DE TRABAJO	1 Hora ON / 1Hora OFF	3 kVA
El equipo presenta en 2 unidades con las siguientes dimensiones y pesos		
Control / Regulador	Longitud	533 mm
	Ancho	286 mm
	Altura	387 mm
	Peso	16kg
Transformador HV	Longitud	330 mm
	Ancho	330 mm
	Altura	559 mm
	Peso	39 kg





## 1.6.2 PRECIOS

EQUIPOS ENSAYOS				
		PRECIO		
	MODELO	NETO	IVA(21%)	TOTAL
<b>MARTIN BAUR</b>	PGK 70HB	12.600,00 €	2.646,00 €	15.246,00 €
	PGK 110HB	17.200,00 €	3.612,00 €	20.812,00 €
	PGK 150HB	20.600,00 €	4.326,00 €	24.926,00 €
	PGK 260HB	39.000,00 €	8.190,00 €	47.190,00 €
<b>OCEAN WINDS</b>	BK-130	9.905,00 €	2.080,05 €	11.985,05 €
	6CP 120/60-7.5	13.400,00 €	2.814,00 €	16.214,00 €
<b>DRILCO</b>	HVT 100	12.810,00 €	2.690,10 €	15.500,10 €
<b>SAFER</b>	PFT-503-CM	8.760,00 €	1.839,60 €	10.599,60 €
	PFT-1003-CM	11.630,00 €	2.442,30 €	14.072,30 €

## 1.6.3 COMPATIBILIDAD EQUIPOS ENSAYOS

Anteriormente hemos visto las tensiones máximas necesarias para poder realizar los ensayos correspondientes:

- Detectores de tensión → 43,8 kV ef
- Guantes aislantes → 40kV ef
- Alfombras eléctricas aislantes → 70kV ef
- Banquetas aislantes → 70kV ef
- Pértigas de maniobra → 100kV ef

El problema surge con la tensión que debemos aplicar para poder realizar el ensayo de las pértigas ya que es el ensayo que mayor tensión exige, por lo que los equipos que hemos estado analizando se reducen pudiendo solo escoger aquellos que tengan una tensión superior o igual a los 100Kv.



## 1.6.4 ELECCIÓN EQUIPO ENSAYO

Con los equipos que ofertan MARTIN BAUR, OCEAN WINDS (PHENIX TECHNOLOGIES), DRILCO (HIPOTRONICS) y SAFER INSTRUMENTACION (HIGH VOLT INC) siempre va haber un equipo que nos suministre la tensión necesaria que nos permita realizar los diferentes ensayos, ya que todos ellos llegan a la máxima tensión que necesitamos que es 100Kv. Pero a la hora de comparar las características de los distintos equipos:

- PGK 260HB
- PGK 150HB
- BK-130
- 6CP 120/60-7.5
- HVT 100
- PFT-1003CM

Nos decantamos por el BK-130 debido a su bajo coste y a que es el equipo que más tensión de salida nos oferta con 130Kv, pudiendo realizar futuros ensayos que requieran más tensión que la máxima que nosotros aplicaremos.



## 1.7 DISEÑO UTILLAJES

A la hora de realizar los ensayos, las normas que regulan la inspección periódica de los distintos equipos de maniobra también se exige que se deben realizar mediante unos utillajes específicos según el equipo de maniobra.

Estos utillajes hay dos formas de obtenerlos, mediante empresas que te venden el utillaje y fabricarlos uno mismo siguiendo las normas de las UNES correspondientes.

Para el laboratorio que se está diseñando se pretende poder ensayar:

- Detectores de tensión
- Guantes de material aislante
- Banquetas aislantes para trabajos eléctricos
- Alfombras eléctricas aislantes
- Pértigas

(Hay que recordar que el ensayo de las pértigas se realizará mediante el verificador de pértigas PR 1800 de LIAT, por lo que no hace falta realizar ningún tipo de utillaje. Y que el utillaje de las escaleras no se construirá debido a que no hay demanda en la revisión de las escaleras.)

### 1.7.1 UTILLAJES PREPARADOS PARA LA VENTA

Normalmente hay pocas empresas que vendan utillajes debido a que sale más económico fabricarlos uno mismo, pero hemos encontrado un caso de que si vendan el utillaje para realizar los ensayos. Se trata de PHENIX TECHNOLOGYS que vende los utillajes para revisar los guantes y las pértigas.

#### 1.7.1.1 CÁMARA PARA ENSAYOS DE GUANTES

Modelo RGS-1GM

Permite el ensayo de 1 sólo guante de las clases 00 hasta clase 4. Se puede utilizar el generador BK-130.

Extractor para ventilación y eliminación de ozono. Interruptor de seguridad en puerta para interrumpir ensayo en caso de apertura accidental.

Dimensiones: 864 x 813 x 2082 mm; peso 160 kg.



PRECIO = 24.728€

### 1.7.1.2 BASTIDOR PORTÁTIL PARA ENSAYOS DE PÉRTIGAS

Modelo TS-PSSTR

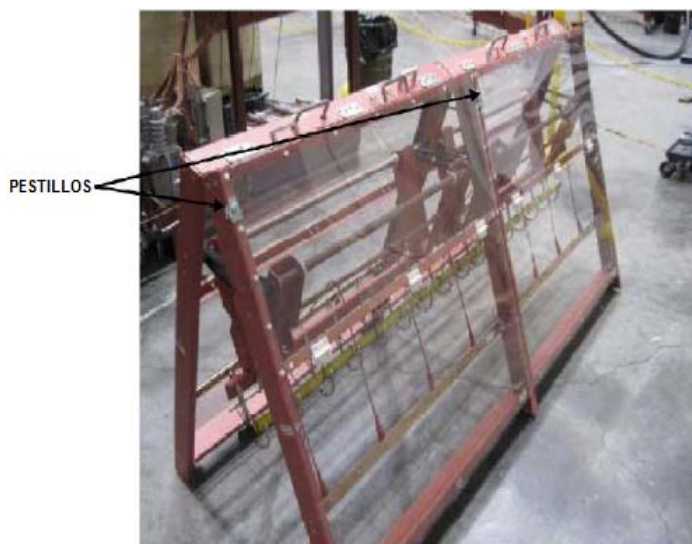
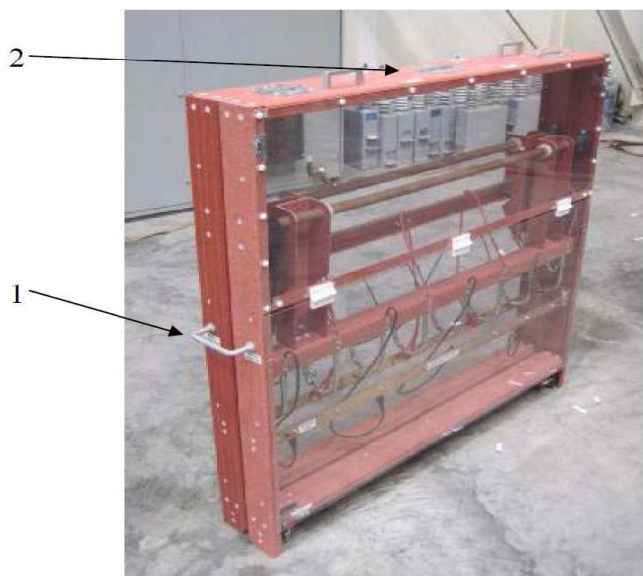
Se compone de 2 bastidores de 122 cm de longitud. Cada bastidor permite probar pértigas o segmentos cortos, o bien unir los módulos para probar pértigas de superior longitud.

Especificaciones:

Voltaje máximo de trabajo: 40 kV ac 50 Hz; 55 kV dc

Dimensiones: cada módulo mide 21 x 132 x 122 cm

Peso: 36 kg/ módulo



PRECIO = 7.755€

Debido a su elevado coste se rechaza la opción de adquirir estos utillajes y se optará por la opción de diseñarlos siguiendo las especificaciones que aparecen en las normas UNE.

## 1.7.2 MONTAJE DE UTILLAJES

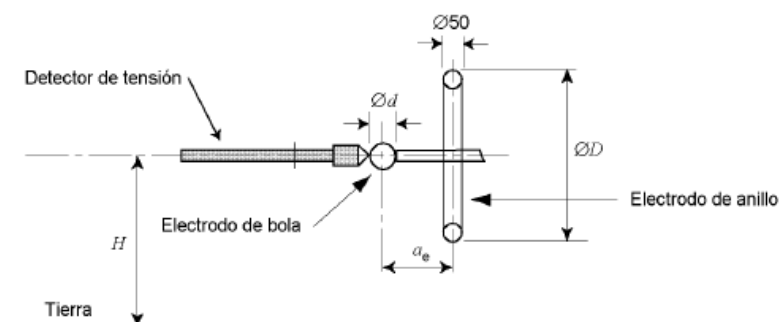
### 1.7.2.1 DETECTORES DE TENSIÓN

El diseño del utillaje de los detectores de tensión para poder realizar el ensayo de tensión umbral hay que realizarlo según las normativas UNE – EN 61243 y UNE – EN 61243:2006/A1.

El montaje de ensayo es del tipo bola y anillo y el montaje de los electrodos se elige de acuerdo a la categoría del detector de tensión:

- S: seco
- L: húmedo

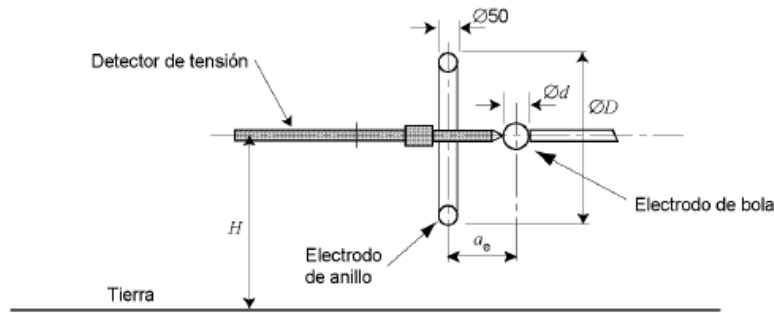
Como solo vamos a realizar ensayos en detectores hasta una tensión de uso de 400kV y la máxima tensión nominal que vamos a aplicar es <45kV, las dimensiones en el utillaje para los detectores de **categoría L** no habrá que modificarlas para ningún tipo de detector como muestra la tabla correspondiente:



Medidas en milímetros

$U_n$ kV	Distancia entre electrodos $a_e$ mm	$H$ mm	$D$ Diámetro del anillo mm	$d$ Diámetro de la bola mm	$W$ (3 veces $D$ ) Distancias a techo y paredes mm
1 <math>\leq U_n \leq 12</math> 12 <math>\leq U_n \leq 24</math> 24 <math>\leq U_n \leq 52</math>	300	1 500	$\phi$ 550	$\phi$ 60	$\approx$ 1 650
52 <math>< U_n \leq 170</math> 170 <math>< U_n \leq 245</math>	1 000	2 500	$\phi$ 1 050	$\phi$ 100	$\geq$ 3 150
245 <math>< U_n \leq 525</math> 525 <math>< U_n \leq 765</math>	1 000 1 000	2 500 3 500	$\phi$ 1 050 $\phi$ 1 600	$\phi$ 100 $\phi$ 150	$\geq$ 3 150 $\geq$ 4 800

En cambio para los detectores de **categoría S**, según la tensión que se aplique para la realización del ensayo habrá que modificar la distancia entre el electrodo de bola y el electrodo de contacto del detector:

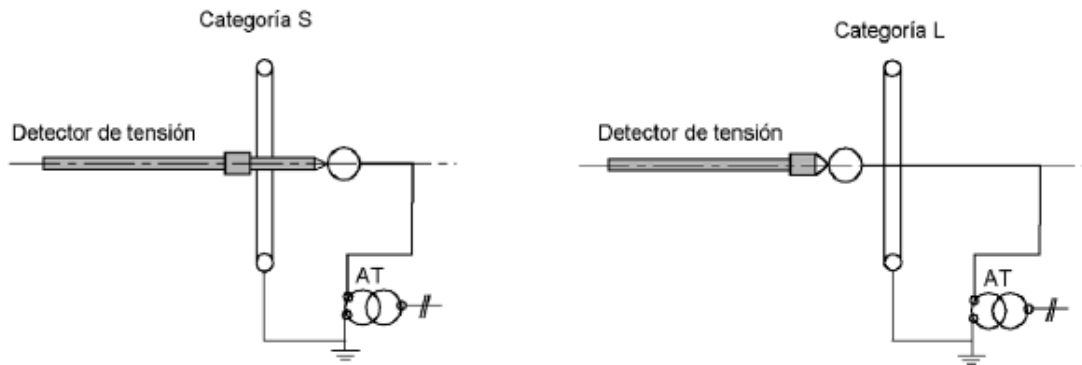


Medidas en milímetros

$U_n$ kV	Distancia entre electrodos $a_e$ mm	$H$ mm	$D$ Diámetro del anillo mm	$d$ Diámetro de la bola mm	$W$ (3 veces $D$ ) Distancias a techo y paredes mm
1 < $U_n \leq 12$ 12 < $U_n \leq 24$ 24 < $U_n \leq 52$	100 270 430	1 500	$\phi$ 550	$\phi$ 60	$\geq$ 1 650
52 < $U_n \leq 170$ 170 < $U_n \leq 245$	650 850	2 500	$\phi$ 1 050	$\phi$ 100	$\geq$ 3 150
245 < $U_n \leq 525$ 525 < $U_n \leq 765$	850 1 200	2 500 3 500	$\phi$ 1 050 $\phi$ 1 600	$\phi$ 100 $\phi$ 150	$\geq$ 3 150 $\geq$ 4 800

También hay que tener en cuenta que según la categoría del detector, el electrodo bola habrá que colocarlo delante o detrás del electrodo anillo ( $a_e$ ):

- Categoría S : electrodo bola delante del electrodo anillo
- Categoría L : electrodo bola detrás del electrodo anillo



Los materiales que deberemos usar para la construcción del utillaje serán materiales conductores para los electrodos y por donde circulará la tensión y materiales aislantes para la sujeción del propio utillaje.

En el caso de los materiales conductores debería ser buenos (acero inoxidable, aluminio...) el que mejor vaya para mecanizarlo, y respecto a los materiales aislantes la mayoría de los plásticos tienen una rigidez alta y no plantean problemas dentro de los mecanizados. También se debería usar un cierto grosor de seguridad en las zonas críticas.



Mientras que el suelo de la sala de ensayos debe ser conductor o estar cubierto con alfombrillas conductoras, y puesto a tierra.

Una vez que se va a realizar el ensayo, al utillaje le debemos acoplar la pértiga junto con el detector. Si el fabricante no la proporciona usaremos el tramo del cabezal de una pértiga de 132kV ya que la máxima tensión que se va a aplicar en el ensayo de tensión umbral será <math><45\text{kV}</math> para detectores de tensión de uso de hasta 400kV.

$$\frac{132}{3} = 44 \text{ Kv cada tramo}$$

Utilizaremos un par de piezas verticales totalmente aislantes para sujetar la pértiga con el detector y que este en contacto con el electrodo bola.

Ejemplos montajes:

- CATU



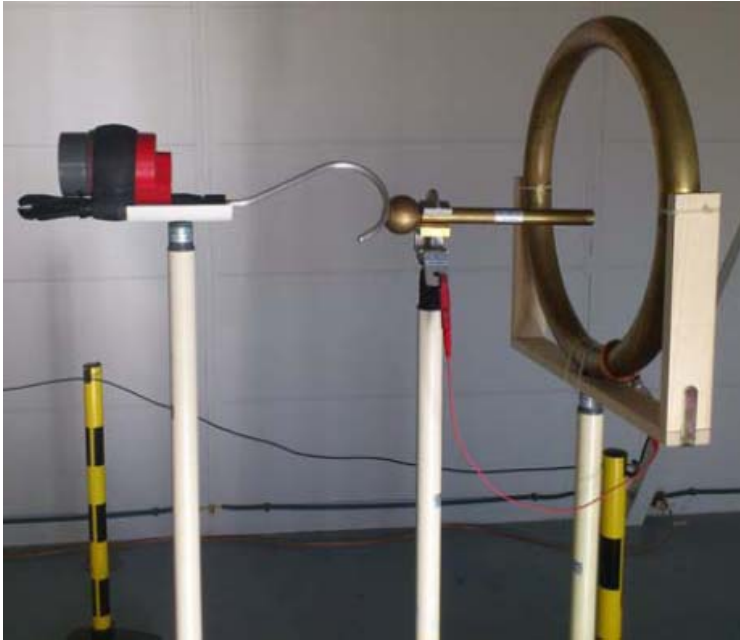




- SEGURINSA



- PRESSEL



Mediante las imágenes de como realizan los ensayos los laboratorios de CATU, SEGURINSA y PRESEL, podemos observar como en principio cumplen con las medidas y formas que se exigen en las normativas a la hora de realizar el ensayo de tensión umbral en los detectores.

Las medidas de este utillaje se encuentran en su plano correspondiente.

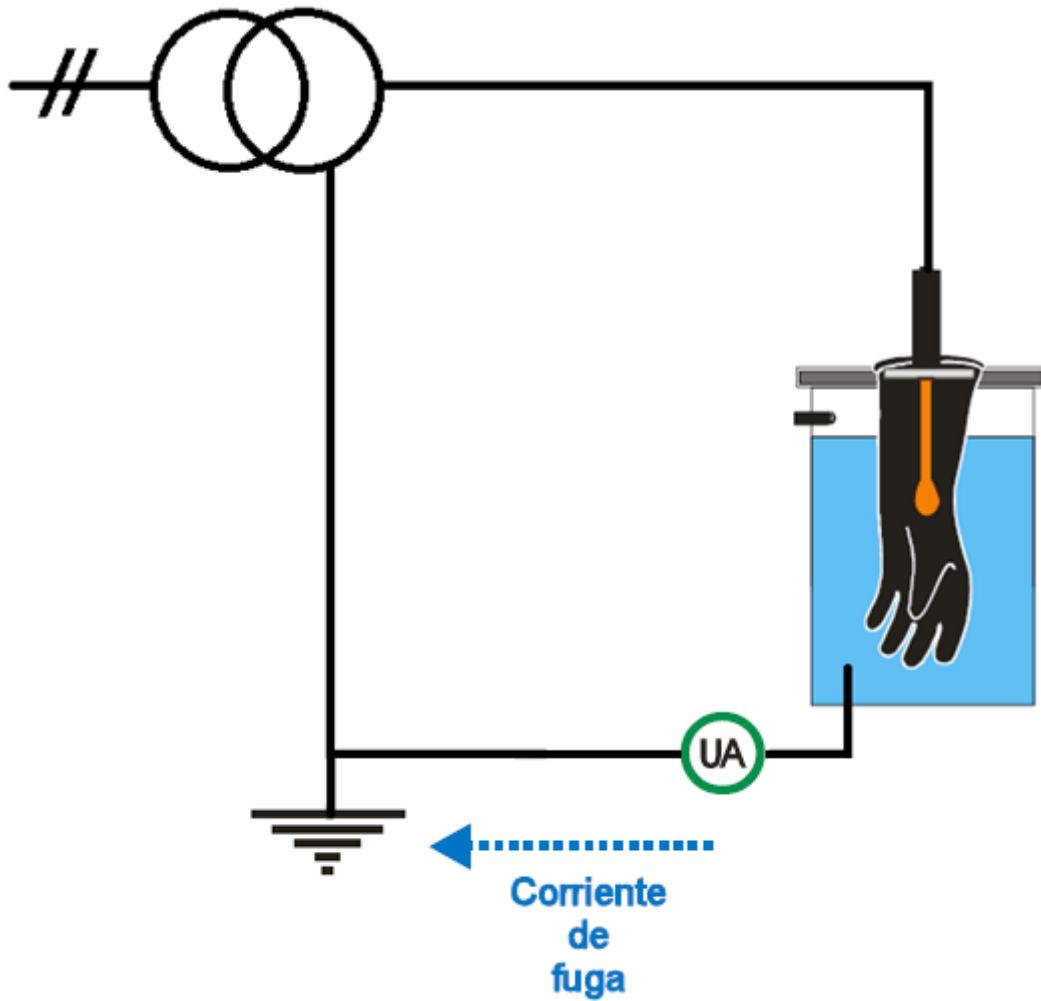
La base del utillaje estará unida mediante tornillos, mientras que las partes conductoras y no conductoras se unirán debido a que encajarán entre ellas y para asegurar la unión mediante presión y pegamento.

### 1.7.2.2 GUANTES DE MATERIAL AISLANTE

El diseño del utillaje de los guantes de material aislante para poder realizar el ensayo dieléctrico hay que realizarlo para que cumpla con las especificaciones de la norma UNE – EN 60903.

El montaje del utillaje se construye para realizar el ensayo dieléctrico de los guantes de uno en uno (no se incluye a los guantes largos compuestos), por lo que el agua del recipiente se conecta a tierra del circuito de alta tensión. El miliamperímetro se conecta al extremo del circuito unido a tierra, mediante un dispositivo de puesta en cortocircuito automático que mantiene el circuito cerrado, a excepción del momento de la lectura, asegurando una puesta a tierra permanente.

Circuito equivalente:



El miliamperímetro que colocaremos para medir la corriente de fuga ( $<2\text{mA}$ ) será una pinza amperimétrica por su fácil colocación.

Ejemplo montaje:

- ITE (Instituto Tecnológico de la Energía)



En la imagen del utillaje del ITE no podemos apreciar la totalidad del circuito, pero como sabemos que este laboratorio está acreditado por ENAC para la revisión de guantes, se puede considerar que cumple con la normativa en el montaje del utillaje y con la realización del ensayo dieléctrico de los guantes.

La norma UNE – EN 60903 lo único que te indica es como hay que montar el circuito del utillaje y como realizar el ensayo. Conforme a los materiales que se han de usar para construir el utillaje, las formas y medidas que se deberían tomar no proporciona ningún dato, por lo que se puede elegir “como diseñarlo”.

Al igual que en el diseño de los detectores de tensión emplearemos materiales que sean buenos conductores eléctricos para las partes por donde circule la tensión y materiales aislantes para las partes no activas.

Lo más importante será el colocar el electrodo de contacto dentro del guante y mantener a este en la profundidad que se exige dentro del recipiente con agua para la realización del ensayo.

Las medidas de este utillaje se encuentran en su plano correspondiente.

La base del utillaje estará unida mediante tornillos, mientras que las partes conductoras y no conductoras se unirán debido a que encajarán entre ellas y para asegurar la unión mediante presión y pegamento.

### 1.7.2.3 BANQUETAS AISLANTES

El diseño del utillaje de las banquetas aislantes para poder realizar el ensayo dieléctrico hay que realizarlo según la normativa UNE 204001.

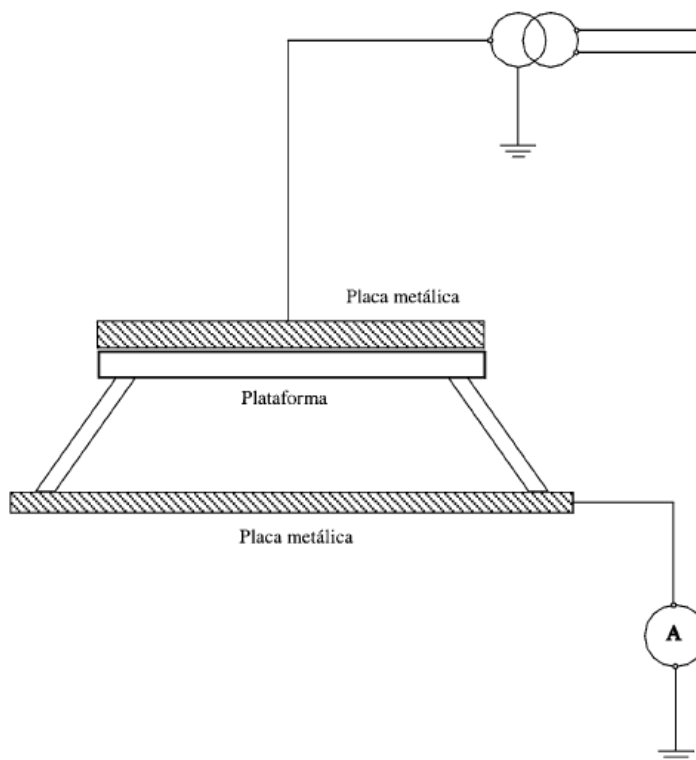
Este tipo de utillaje tiene una cierta problemática ya que a la hora del mantenimiento en servicio la normativa no exige un ensayo eléctrico, sino que con una inspección visual es suficiente.

Por lo que a la hora de realizar el montaje del ensayo habrá que seguir el procedimiento marcado por los ensayos tipo-muestreo.

Consiste en colocar la banqueta sobre una superficie metálica que actuará como electrodo de tierra, de dimensiones suficientes para que las patas puedan apoyarse en ella. Y encima de la banqueta se colocará un electrodo metálico de al menos 10mm de espesor y de la misma superficie que la plataforma, de manera que coincida con esta.

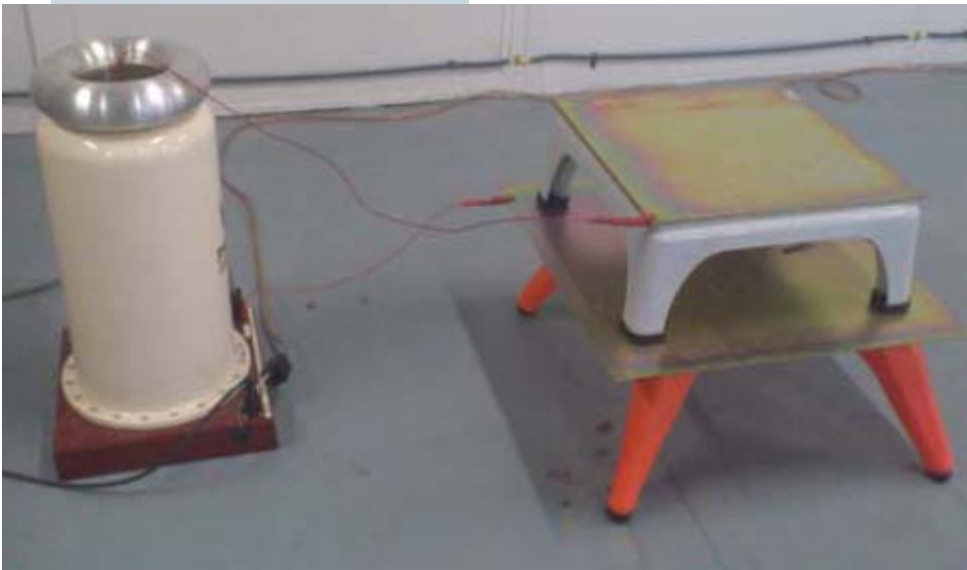
Se colocará una pinza amperimétrica en la toma de tierra para medir la corriente de fuga durante la realización del ensayo ( $< 2\text{mA}$ ).

Circuito equivalente:



Ejemplo montaje:

- SOFAMEL



En las imágenes obtenidas de Sofamel y PRESSEL, se puede observar que cumplen con el procedimiento indicado a la hora de realizar el utillaje para la realización del ensayo dieléctrico.

Las medidas de las banquetas varían según el tipo y la marca, por lo que la superficie metálica que se coloque en la plataforma de la banqueta variara. Mientras que la superficie metálica que se colocará en la superficie puede medir alrededor de los **60 x 60** cm, ya que no hay banquetas tan grandes.

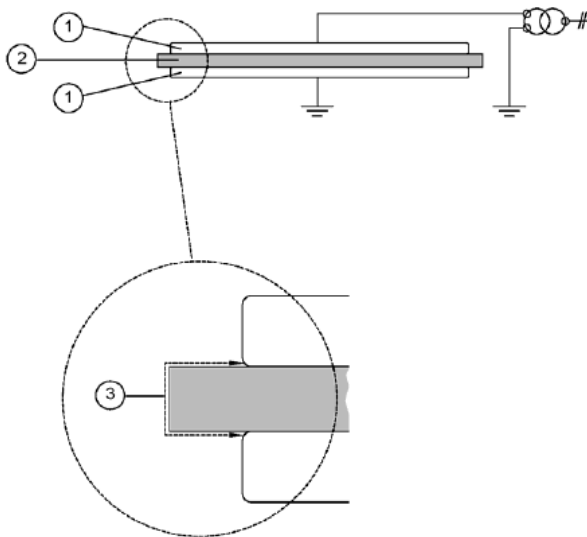


### 1.7.2.4 ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES

El diseño del utillaje de las alfombras para poder realizar el ensayo dieléctrico hay que realizarlo según la normativa UNE-EN 61111.

La realización del ensayo es prácticamente similar al de las banquetas ya que el montaje del utillaje consiste en colocar sobre la alfombra y debajo de esta placas conductoras de un tamaño que cubra el área máxima de la alfombra, teniendo en cuenta una separación máxima.

Circuito equivalente:



Clase de alfombra eléctrica aislante	Separación para ensayos mm
0	80
1	80
2	150
3	200
4	300

Hay distintos tipos de medidas desde  $0.6m \times 0.6m$  hasta  $1m \times 10m$ , por lo que las placas metálicas variarán en función de estas medidas.

## 1.7.2.5 PÉRTIGAS AISLANTES

### 1.7.2.5.1 CORRIENTE DE FUGA

El diseño del utillaje de las pértigas aislantes según la norma UNE 204003 para la realización del ensayo de corriente de fuga.

Pero como se dispone del verificador de pértigas PR 1800 para comprobar la corriente de fuga sobre la superficie de la pértiga, se utilizará este equipo en vez de montar un utillaje ya que este ensayo es el mismo que el que indica la normativa salvo que el PR 1800 lo realiza con tensión continua en vez de con tensión alterna.

#### Funcionamiento



- La pértiga a probar debe estar apoyada sobre soportes no conductores.
- Se conectará el equipo a una fuente de 220V
- Colocar el verificador sobre una parte no metálica de la pértiga que quiera probar y leer la pérdida de microamperios en el medidor.
- Para probar la longitud total de la pértiga, el comprobador debe moverse a intervalos de 15 cm. a lo largo de toda la longitud de la pértiga.
- Una vez que se haya probado toda la longitud de la pértiga, ésta debería girarse 180° y ser probada de nuevo. Con esta operación, nos aseguramos de obtener lecturas más críticas.

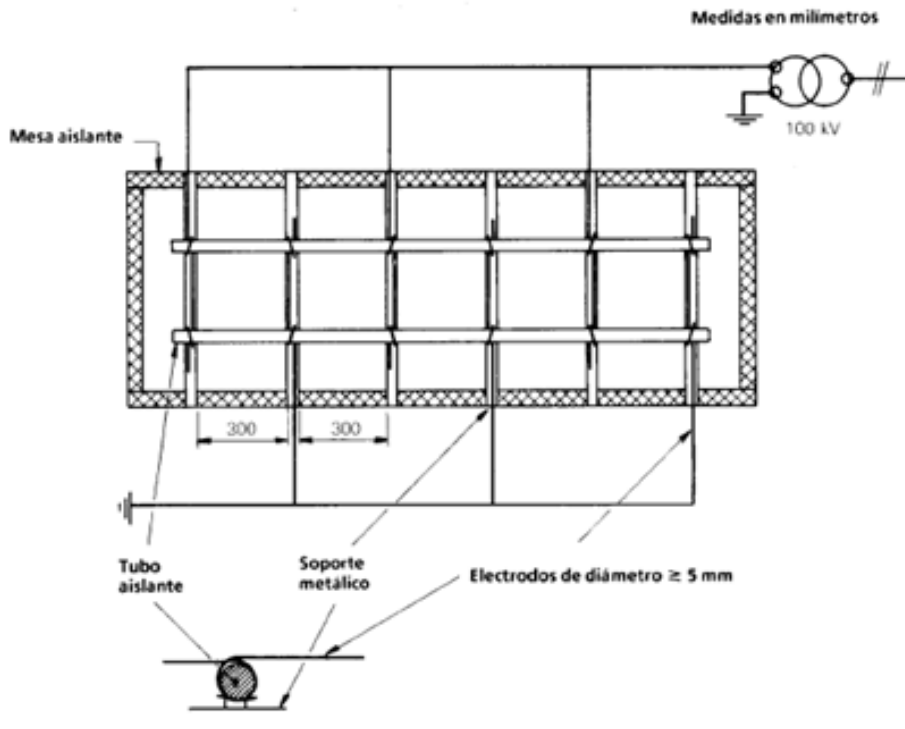
Este ensayo no se realizará dentro del laboratorio.



### 1.7.2.5.2 ENSAYO ELÉCTRICO

El diseño del utillaje para poder realizar el ensayo eléctrico a las pértigas huecas y rellenas según las UNES 60855 y 61235.

#### Dimensiones



**Ejemplos montajes:**

- **SEGURINSA**



- **PRESEL**





Los materiales que deberemos emplear para la construcción del utillaje de las pértigas presentará las mismas características que los utillajes de los detectores de tensión y los guantes aislantes, materiales conductores para las partes por donde circule tensión y materiales aislantes para las partes no activas.

Las medidas de este utillaje se encuentran en su plano correspondiente.  
Las distintas partes del utillaje estarán unidas entre ellos mediante tornillos.

### 1.7.3 MATERIALES UTILLAJES

Para la construcción de los utillajes de los detectores de tensión, guantes aislantes y pértigas usaremos los mismos materiales:

- Aluminio 6061: partes conductoras

Emplearemos aluminio para las partes conductoras ya que las aleaciones de aluminio presentan una relación conductividad – precio mejor que la del cobre.

El aluminio puro posee una conductividad eléctrica entre 55% - 65%.

Dentro de los distintos tipos de aleaciones utilizaremos la de Aluminio 6061.

Aluminio 6061: la aleación está compuesta por menos de un uno por ciento de Silicio y un uno por ciento de Magnesio. Son muy buenos conductores eléctricos y son muy efectivos ante los procesos mecánicos.

El acabado superficial presentará una superficie pulida.

- Policarbonato: partes aislantes

A la hora de elegir el tipo de material para las partes aislantes este ha de ser resistente contra el ozono y los rayos ultravioleta.

Un material que muestra estas características es el policarbonato. Los policarbonatos son un grupo de termoplásticos, estos son trabajados, moldeados y termo reformados fácilmente.

Entre las propiedades características destacamos:

- Buena resistencia al impacto
- Buena resistencia a la temperatura
- Buenas propiedades dieléctricas
- Tiene buenas propiedades mecánicas, tenacidad y resistencia química
- Estable frente a los ácidos

En el caso de los utillajes de las banquetas y alfombras aislantes solo necesitaremos un par de chapas de aluminio 6061 para la realización de los ensayos.



## 1.8 LABORATORIOS ALTA TENSIÓN

### 1.8.1 LABORATORIOS ACREDITADOS

#### 1.8.1.1 ENTIDADES ACREDITADAS EN EUROPA

Se encuentran dentro de Europa laboratorios de ensayo acreditados por diez organismos de acreditación europeos firmantes de los Acuerdos Multilaterales de Reconocimiento: CAI (R. Checa), COFRAC (Francia), DANAK (Dinamarca), DAR-BMWI (Alemania), FINAS (Finlandia), INAB (Irlanda), IPAC (Portugal), SNAS (Eslovaquia), UKAS (Reino Unido) y ENAC.

	LABORATORIOS EUROPA						
	DETECTORES DE TENSIÓN	GUANTES AISLANTES	PÉRTIGAS			BANQUETAS AISLANTES	ALFOMBRAS AISLANTES
	UNE-EN 61243	UNE-EN 60903	UNE-EN 60855	UNE-EN 61235	UNE 204003	UNE 204001	UNE-EN 61111
FRANCIA	1	8	-	10	-	-	2
POLONIA	5	6	-	-	-	-	3
ESLOVAQUIA	3	3	-	1	-	-	2
ALEMANIA	2	-	-	-	-	-	-
REPUBLICA CHECA	1	2	-	2	-	-	-
CROACIA	1	2	-	1	-	-	-
	13	21	0	14	0	0	7



### 1.8.1.2 ENTIDADES ACREDITADAS EN ESPAÑA

En España nos encontramos solo unos pocos laboratorios que realicen los ensayos para revisar los equipos de maniobra que pretendemos ensayar bajo la marca ENAC.

		ENSAYOS				
		DETECTORES DE TENSIÓN	GUANTES AISLANTES	PÉRTIGAS DE MANIOBRA	BANQUETAS AISLANTES	ALFOMBRAS ELÉCTRICAS AISLANTES
		UNE-EN 61243-1	UNE-EN 60903	UNE 204003	UNE 204001	UNE-EN 61111
ESPAÑA	TECNALIA	-		Ensayo corrientes de fuga	-	-
	L.C.O.E.	Ensayos funcionales	Ensayo dieléctrico	Ensayo eléctrico	-	-
		Ensayos eléctricos	Ensayo corriente de fuga	-	-	-
		Ensayos mecánicos	-	-	-	-
		Ensayos específicos	-	-	-	-
	I.T.E.	-	Ensayo dieléctrico	-	Ensayo eléctrico	-

## 1.8.2 MONTAJE LABORATORIO

### 1.8.2.1 INTRODUCCIÓN

Según la UNE – EN 50191 “Instalación y explotación de equipos de ensayo eléctricos”, nos indica la totalidad de todos los dispositivos de ensayo, aparatos de ensayo y disposiciones combinadas para realizar ensayos, a través de los cuales se realizan ensayos eléctricos en objetos a ensayar.

### 1.8.2.2 TIPOS DE INSTALACIONES DE ENSAYO

– **Estación de ensayo:** Estación de ensayo en la que el objeto de ensayo y todas las partes en tensión de la instalación de ensayo tienen una plena protección contra contactos directos activada automáticamente cuando se ponen en tensión.



- **Laboratorio de ensayo** o estación experimental: Instalaciones de ensayo, con una estación de ensayo como mínimo, en un espacio cerrado de forma segura o dentro de un área separada de áreas de trabajo adyacentes, en la cual varias personas están generalmente dedicadas al trabajo del ensayo en equipos de ensayo voluminosos que permanecerán allí durante un largo periodo de tiempo.
- **Instalaciones de ensayo temporales**: Instalaciones de ensayo, con una estación de ensayo como mínimo, montadas para un corto periodo de tiempo con el fin de efectuar ensayos sobre objetos individuales.

### 1.8.3 MONTAJE INSTALACIÓN DE ENSAYO

#### 1.8.3.1 GENERALIDADES

##### 1.8.3.1.1 MONTAJE DE ENSAYO

El montaje de ensayo debe estar dispuesto y diseñado de forma que la protección contra contactos directos esté asegurada por el aislamiento de las partes activas, cubiertas, envolventes, obstáculos o distancias de seguridad.

La protección la realizaremos mediante distancias de seguridad.

Los objetos de ensayo deben instalarse a tierra y los tableros de ensayo realizarse de materiales aislantes.

##### 1.8.3.1.2 BARRERAS DE ENSAYO

Las áreas de ensayo deben estar separadas de las áreas de trabajo y de paso. Las barreras deben diseñarse para:

- impedir el acceso al área de ensayo a otras personas distintas a las personas de ensayo;
- impedir que nadie excepto las personas de ensayo accedan a la zona prohibida;
- impedir que alguien fuera de la barrera alcance los dispositivos de funcionamiento de la instalación de ensayo que estén situados dentro de la barrera.

Para las barreras fabricadas de materiales conductores deben conectarse a tierra para la protección contra el fallo.

Estos medios mecánicos de protección deben ser lo suficientemente robustos.



### 1.8.3.1.3 DIMENSIONES LABORATORIO

Determinamos el área del equipo de alta tensión y de los utillajes de los equipos que se van a ensayar, escogiendo el utillaje que más ocupe junto con el equipo de Alta Tensión para determinar el área que va a ocupar el laboratorio.

Esta área se divide en zona prohibida y zona de ensayo.

- Zona prohibida: El límite de la zona prohibida debe determinarse de acuerdo a la tabla A2 y es en función de la tensión de ensayo.

Tensión alterna de ensayo 50/60 Hz (valor eficaz)		Tensión de impulso tipo rayo 1,2/50 $\mu$ s (valor de cresta)		Tensión de impulso tipo maniobra 250/2 500 $\mu$ s (valor de cresta)	
$U$ (kV)	$s^a$ (mm)	$U$ (kV)	$s$ (mm)	$U$ (kV)	$s$ (mm)
$\leq 1$	No contacto	20	100	500	2 000
3	20	40	175	600	2 600
5	30	60	250	700	3 300
6	35	80	325	800	4 100
10	60	100	400	900	4 900
15	85	150	550	1 000	5 800
20	115	200	700	1 100	8 800
25	140	250	850	1 200	7 800
30	170	300	1 000	1 300	8 900
35	195	350	1 100	1 400	10 000
40	225	400	1 200	1 500	11 200
45	250	450	1 300	1 600	12 500
50	280	500	1 400		
55	305	600	1 650		
60	335	700	1 950		
70	390	800	2 200		
80	450	900	2 450		
90	510	1 000	2 700		
100	560	1 100	2 950		
110	620	1 200	3 250		
130	740	1 300	3 500		
150	860	1 400	3 750		
170	980	1 500	4 000		
190	1 100				
210	1 240				
220	1 300				
260	1 550				
300	1 850				
340	2 150				
380	2 450				
420	2 750				
460	3 100				
500	3 500				
600	4 500				
700	5 600				
800	6 900				
900	8 300				
1 000	9 900				

Los valores intermedios pueden obtenerse por interpolación, sin embargo no está permitida la extrapolación lineal del mayor valor especificado.

Para tensiones de ensayo en c.c. de hasta 1 000 kV, la distancia  $s$  debe cumplir con el valor para tensiones de impulso tipo rayo.

La tabla no es aplicable a tensiones de alta frecuencia o a otras tensiones que no sean las especificadas.

<sup>a</sup>  $s$  es la distancia a través del aire desde las partes activas.

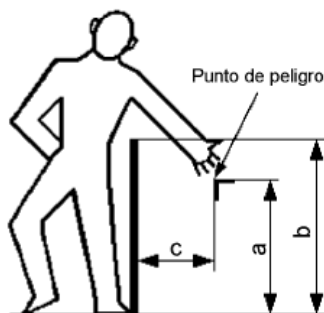
La distancia que hay que tomar entre el objeto de ensayo y una barrera maciza puede ser menor que la distancia  $s$  especificada en la tabla. A menos que se disponga de los valores empíricos, se recomienda en caso de tensiones de ensayo de corriente alterna que la distancia sea  $x > s/2$  de acuerdo con la tabla.



- Zona de ensayo: La distancia mínima entre la barrera que encierra el área de ensayo y el límite de la zona prohibida o de los dispositivos de funcionamiento, se determina mediante la figura A1 y la tabla A3. Sabiendo que la altura mínima del cerramiento para los laboratorio de ensayo es **1800mm**.

Distancia del punto peligroso al suelo a mm	Altura al limite de los medios de protección (barrera) b mm							
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
	Distancia horizontal c entre los medios de protección (barrera) y el punto peligroso mm							
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100
2 200	600	600	500	500	400	350	250	
2 000	1 100	900	700	600	500	350		
1 800	1 100	1 000	900	900	600			
1 600	1 300	1 000	900	900	500			
1 400	1 300	1 000	900	800	100			
1 200	1 400	1 000	900	500				
1 000	1 400	1 000	900	300				
800	1 300	900	600					
600	1 200	500						
400	1 200	300						
200	1 100	200						

No se especifican los valores inferiores a 1 000 mm para la altura b del borde, ya que ello no aumentaría el alcance del brazo y habría un riesgo de caída dentro del área de ensayo.  
Las barreras, por ejemplo cintas, cuerdas, cadenas o barras, deben fijarse entre 1 000 mm y 1 400 mm de distancia desde el suelo. La distancia mínima del suelo (pandeo) no debe caer por debajo de 800 mm.



a: Distancia entre el punto de peligro y el suelo (el punto desde el borde de los medios de protección).

b: Altura del borde de los medios de protección.

c: Distancia horizontal entre el borde del medio de protección y el punto de peligro. Añadiendo una distancia más en caso de utilizar barreras de rejilla como cerramiento según la tabla A4.





Ancho de la abertura (diámetro o longitud del lado) mm	Distancia mínima a la zona prohibida mm		
	ranura	cuadrado	círculo
de 4 a 6	10	5	5
de 6 a 8	20	15	5
de 8 a 10	80	25	20
de 10 a 12	100	80	80
de 12 a 20	120	120	120
de 20 a 30	850	120	120
de 30 a 40	850	200	120
de 40 a 120	850	850	850

Para los equipos de Alta Tensión solo deberemos determinar el área de peligro mientras que a los utillajes hay que determinar área de peligro y de ensayo.

### 1.8.3.1.3.1 CÁLCULO DIMENSIONES LABORATORIO

Determinamos las dimensiones con el BK-130 y el utillaje de los detectores ya que es el utillaje que más ocupa 1000x550x1820(mm) (largo/ancho/alto).

- Zona prohibida:

$$\text{BK-130 } 130\text{Kv } s=740\text{mm} \quad \text{distancias paredes} = \frac{s}{2} = \frac{740}{2} = 370\text{mm}$$

$$\text{Utillaje detectores } 45\text{Kv } s=225\text{mm} \quad \text{distancias paredes} = \frac{s}{2} = \frac{225}{2} = 112.5\text{mm.}$$

- Zona de ensayo: en los laboratorios fijos las barreras serán de rejas de al menos 1800mm de altura.  
La máxima altura del utillaje es 1820mm por lo que la zona de ensayo es 600mm
- Aberturas cerramiento: elegimos aberturas con forma de cuadrado de 10-12mm por lo que según la tabla debemos añadir una distancia más de 100mm.
- Alrededor del utillaje colocaremos un área de peligro de 740mm ya que en caso de que se produzca un fallo la máxima tensión que circulará será 130kV, evitando el riesgo de que se pueda producir un arco eléctrico entre el utillaje y el cerramiento.

Tras aplicar las distancias para determinar las áreas de ensayo, zona prohibida y aberturas del cerramiento el laboratorio presentará unas medidas de **(5965 x 2402)** (mm).

En los planos se observa que hay varias zonas que comparten una pequeña área, esta situación no nos provoca ningún problema ya que a la hora de realizar los ensayos no habrá nadie dentro del cerramiento. La única medida que es importante es mantener la distancia del utillaje de los detectores de tensión frente a las paredes, 1650mm.

Las áreas de la zona prohibida del equipo de alta tensión y el utillaje comparten una pequeña zona ya que estarán unidos mediante un cable por el que también circulará tensión.

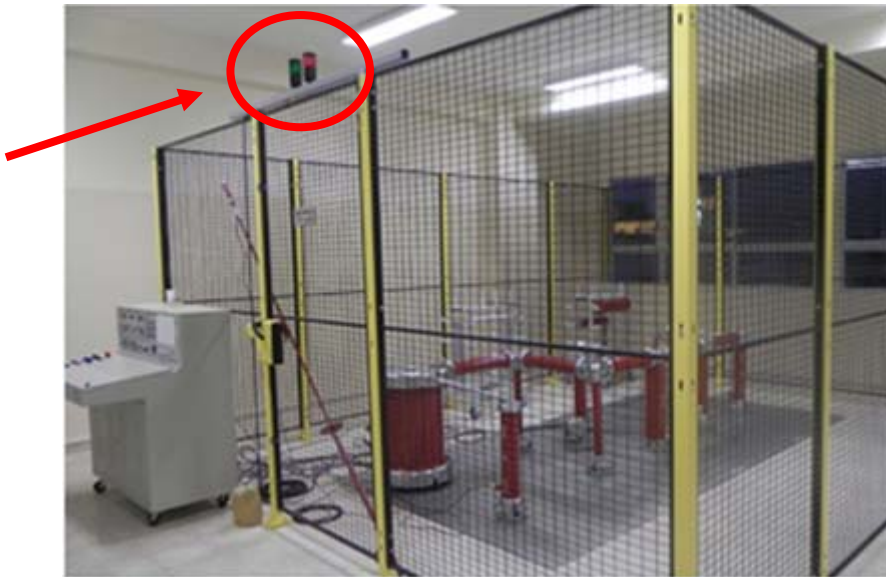
#### 1.8.3.1.4 INDICADORES LUMINOSOS, SEÑALES Y SEÑALES LUMINOSAS

Los equipos de control de la instalación de ensayo y los circuitos de ensayo deben estar claramente identificados.

La instalación de ensayo debe tener dispositivos que indiquen el estado de conmutación y el estado de funcionamiento.

Mediante una luz verde se indicará si está encendido o apagado el equipo y con una luz roja el funcionamiento (ON-OFF).

- Ejemplo laboratorio alta tensión universidad politécnica salesiana Ecuador



Las instalaciones de ensayo y las áreas de ensayo deben estar clara y visiblemente indicadas mediante señales de advertencia.

### 1.8.3.1.5 CORTE DE EMERGENCIA

La instalación de ensayo debe tener corte de emergencia a fin de cortar toda energía eléctrica que pudiera resultar peligrosa.

Esta parada poseerá el equipo de Alta Tensión en el mando de control.



### 1.8.3.1.6 PREVENCIÓN DE CONEXIÓN NO AUTORIZADA E INVOLUNTARIA Y CONTRA UNA CONEXIÓN AUTOMÁTICA

La instalación de ensayo debe estar protegida contra una conexión no autorizada e involuntaria de los circuitos de ensayo y la conexión a tensión automática de los circuitos de ensayo debe impedirse cuando la tensión de la alimentación se recupere después de un fallo de energía.

Mediante el control manual del equipo de Alta Tensión y el interlock que posee el equipo nos aseguramos la prevención de una conexión no autorizada.

Interlock: Es un circuito de seguridad que impide el funcionamiento de un equipo si no se cumple con una pre condición, en nuestro caso la condición será que la puerta del laboratorio este cerrada para poder llevar a cabo los diferentes ensayos.



Ejemplo de una puerta con con un dispositivo interlock:



### 1.8.3.1.7 PROTECCIÓN CONTRA LAS TENSIONES RESIDUALES Y LA TRANSFERENCIA DE TENSIÓN

Si existe una probabilidad de peligro debido a tensiones residuales posteriores a la desconexión de los circuitos de ensayo deben disponerse dispositivos o equipos adecuados para una descarga segura de la energía.

Mediante una pértiga de descarga para descargar el equipo.

La transferencia de tensión a partes conductoras accesibles fuera del área de ensayo debe impedirse mediante medidas adecuadas (puesta a tierra).



---

### 1.8.3.1.8 MEDIOS DE PROTECCIÓN ONTRA OTROS GRUPOS PELIGROSOS

Proporcionar medios apropiados de protección frente otros peligros además de la tensión: explosiones, incendios...

Colocación extintores.



## 1.9 MONTAJE CERRAMIENTO

Para el cerramiento del laboratorio usaremos dos verjas metálicas de 1800mm de altura, con unas aberturas en forma de cuadrado de 12-20 (mm).

En una de la de las verjas incluiremos una puerta por la que se podrá acceder dentro del laboratorio.

Para que las verjas estén bien sujetas colocaremos unos pilares de tubo fijados al suelo con el mismo hormigón y atornillado las verjas a los pilares que serán de la misma altura que las verjas.

En la verja de 5225mm pondremos 5 pilares uno de ellos en la esquina que une las dos verjas y en la verja de 2402mm pondremos otros dos pilares para determinar el marco de la puerta.

## 1.10 SEGURIDAD DEL LABORATORIO

Un factor muy importante es la seguridad que este debe presentar, ya que como su nombre indica se trabajará con alta tensión.

La seguridad implica todos los factores que hacen posible que el desarrollo de las actividades dentro del laboratorio como son la ejecución de pruebas y ensayos, así como el desarrollo de actividades ajenas al laboratorio que se realicen en los alrededores de este no se alteren o puedan presentar algún peligro para la salud o vida de personas o animales mientras se realicen las actividades propias del laboratorio.

Según lo expuesto anteriormente para que el laboratorio sea seguro se debe cumplir con las normas establecidas para:

- Sistema de puesta a tierra
- Montaje laboratorio (UNE – EN 50191)
- Señales de seguridad
- Protocolos de pruebas y ensayos

En el diseño del laboratorio se tuvieron en cuenta las normas establecidas para laboratorios de alta tensión: UNE-EN 50191, sistema de puesta a tierra...

Respecto a las señales de seguridad su función es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información para el correcto uso de los equipos. Para ello se deben instalar letreros informativos, de advertencia y obligación o prohibición.

Señales de seguridad:



- Riesgo eléctrico
- Use en caso de incendio (junto al extintor)
- Pulse en caso de emergencia
- Señal de pértiga (pértiga de seguridad)
- Números telefónicos de emergencia





## 1.11 DESCARGA DE LAS “TENSIONES RESIDUALES”

Una vez realizado un ensayo con uno de los utillajes y tras haber apagado el equipo de alta tensión, nos encontramos una “tensión residual” que se encuentra en las partes conductoras de los equipos. Para poder anular esta tensión necesitamos una pértiga de descarga, y para estar totalmente seguros de eliminar esta tensión necesitaremos una de una capacidad de 130kV que es la máxima tensión que ofrece nuestro equipo.

Hay distintas formas de descargar los equipos, por medio de pértigas de descarga, a través de seccionadores... En nuestro caso utilizaremos una pértiga de descarga ya que nos viene incluida en la oferta del equipo de ensayo.

- Pértiga de descarga GDR 160-1000 (411-563), para una máxima tensión de los equipos de 130 kV.





## 1.12 ACREDITACIÓN ENAC

El sistema de acreditación está abierto a cualquier entidad, tanto pública como privada, con o sin fines lucrativos, con independencia de su tamaño o de la realización de otras actividades diferentes a las objeto de acreditación.

La organización que solicita la acreditación debe ser una entidad legalmente identificable, con personalidad jurídica.

Antes de solicitar la acreditación, la entidad debe:

- Disponer de experiencia en la realización de las actividades para las que solicita la acreditación.
- Conocer y cumplir los criterios de acreditación que le son aplicables.

**ENAC** vigila mediante evaluaciones periódicas que las entidades acreditadas continúan cumpliendo los requisitos de acreditación. Si en algún momento se constata que la entidad incumple algunas de las obligaciones de la acreditación, **ENAC** puede suspender temporalmente o retirar la acreditación hasta que se demuestre de nuevo el cumplimiento con los requisitos de acreditación.

Para solicitar la acreditación, debe cumplimentar el apropiado formulario de solicitud y enviarlo a **ENAC** aportando toda la documentación que se indica en el mismo. Antes de solicitar la acreditación, todas las organizaciones deben conocer y cumplir los criterios que les son aplicables y disponer de experiencia en la realización de las actividades para las que solicita la acreditación:

- DOCUMENTOS
  - Criterios Generales para la acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según Norma UNE-EN-ISO/IEC 17025 (Octubre 2009)
  - Procedimiento de Acreditación de laboratorios (Julio 2010)
  - Criterios para la utilización de la marca ENAC o referencia a la condición de acreditado (Octubre 2012)
- TARIFAS
  - Tarifas laboratorios 2013

Documentos solicitud acreditación:

- Solicitud de Acreditación de un Laboratorio de Ensayo
- Documentos para la Acreditación de laboratorios de Ensayo



---

**Toda la información acerca de los documentos acerca de los criterios, tarifas y documentos de solicitud se obtienen desde la página web oficial de ENAC para el inicio de la futura acreditación.**

**Pamplona, Junio de 2014**

**Miguel Angel Andino Angulo**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

DOCUMENTO Nº 2: CÁLCULOS

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

Pamplona, 26-06-2014



## 2. CÁLCULOS:

### ÍNDICE:

<b>2.1 CORRIENTE MÁXIMA A DISIPAR POR LA MALLA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 DURACIÓN DE LA FALLA (<math>t_f</math>) Y DURACIÓN DEL CHOQUE (<math>t_s</math>) .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR.....</b>	<b>4</b>
<b>2.4 GEOMETRÍA DE LA MALLA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5 RESISTIVIDAD DEL TERRENO (<math>\rho</math>) .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6 CÁLCULO DE LA MALLA PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>9</b>
2.6.1 REQUERIMIENTOS USUALES .....	9
2.6.2 ECUACIONES DE SCHWARZ PARA SUELO HOMOGÉNEO .....	9
2.6.2.1 CÁLCULO DE LOS FACTORES $K_1$ y $K_2$ .....	11
2.6.3.2 CÁLCULO RESISTENCIA DE TIERRA DE LOS CONDUCTORES DE MALLA ( $R_1$ ).....	11
2.6.4.3 CÁLCULO RESISTENCIA DE TIERRA DE LAS VARILLAS DE TIERRA ( $R_2$ ) .....	11
2.6.5.4 CÁLCULO RESISTENCIA MUTUA ENTRE $R_1$ y $R_2$ ( $R_m$ )	11
2.6.6.5 CÁLCULO RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA ( $R_g$ )	12
2.6.3 CÁLCULO DEL GPR.....	12
<b>2.7 CRITERIOS TENSIONES DE PASO Y DE TOQUES .....</b>	<b>13</b>
2.7.1 TENSIÓN DE MALLA.....	13
2.7.1.1 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE MALLA .....	14
2.7.2 TENSIÓN DE PASO.....	15
2.7.2.1 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE PASO .....	15
<b>2.8 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>



## 2.1 CORRIENTE MÁXIMA A DISIPAR POR LA MALLA

La máxima corriente de falla  $I_G$  debe considerarse la peor falla en el sistema y está dada por la ecuación:

$$I_G = I_F * D_F * S_F * C_P$$

Donde:

$I_F$  → Corriente simétrica de falla a tierra en A.

$D_F$  → Factor de decremento para tener en cuenta la componente DC.

$S_F$  → Factor de división de corriente.

$C_P$  → Factor de crecimiento futuro de la subestación, considera el incremento futuro de la corriente de falla.

Observando las especificaciones técnicas del equipo de alta tensión, vemos que la máxima corriente que va a tener que disipar la malla tiene un valor de 2mA por lo que este valor corresponderá con  $I_G$ .

$$I_G = 12 \text{ mA}$$

Con los demás datos del equipo, 3kVA, 230V en el primario y máxima tensión en el secundario de 100Kv podemos obtener el valor de la corriente de falla, hay que tener en cuenta que para los transformadores industriales menores de 1000 Kva las caídas relativas de tensión ( $V_{cc}$ ) tienen un valor comprendido entre 1 y 6 %, utilizaremos un 3%.

$$I_n = \frac{S_n}{V_n} = \frac{3\text{kVA}}{100\text{kV}} = 0,03 \text{ A}$$

$$I_{Falla} = \frac{100}{V_{cc}} \times I_n = \frac{100}{0,03} \times 0,03 = 100 \text{ A}$$

$I_{Falla} = 100$ , este valor lo usaremos más adelante.



---

## 2.2 DURACIÓN DE LA FALLA ( $t_f$ ) Y DURACIÓN DEL CHOQUE ( $t_s$ )

La duración de la falla y la duración del choque normalmente se asumen iguales. La selección de  $t_f$  y  $t_s$  puede resultar en la combinación más pesimista de factores de decremento de corrientes de falla y corrientes permitidas por el cuerpo humano. Valores típicos para  $t_f$  y  $t_s$  están en el rango de 0.25 s a 1 s.

El tiempo de duración de la falla y del choque para el cálculo de la malla se tomará igual a 1s, escogemos el caso más desfavorable en el que se tardará en detectar el fallo y saltar las protecciones.

$$(t_s) \approx (t_f) = 1 \text{ s}$$



## 2.3 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR

El calibre de los electrodos de puesta a tierra se calculan teniendo en cuenta la magnitud de la corriente que va a circular por ellos, la duración de la falla y la temperatura de fusión del material.

$$A_{MCM} = I_F \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) * \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Donde:

$I_F$  → Corriente asimétrica de falla RMS en KA, se usa la más elevada encontrada.

$A_{MCM}$  → Área del conductor en MCM.

$T_m$  → Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en °C.

$T_a$  → Temperatura ambiente en °C.

$T_r$  → Temperatura de referencia para las constantes del material en °C.

$\alpha_0$  → Coeficiente térmico de resistividad a 0°C en 1/°C.

$\alpha_r$  → Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia  $T_r$  1/°C.

$\rho_r$  → Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia  $T_r$   $\mu\Omega$ -cm.

$K_0$  →  $1/\alpha_0$  o  $[(1/\alpha_0) - T_r]$  en °C.

$t_c$  → Duración de la corriente en seg.

TCAP → Capacidad térmica por unidad de volumen en J / (cm<sup>3</sup>\*°C).

La fórmula  $A_{MCM} = I_F * K_F * \sqrt{t_c}$  da una aproximación muy buena.

Donde:

$K_F$  → Constante para el material, usando una  $T_a = 40$  °C.

Tabla constantes de materiales conductores



MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	T <sub>m</sub> (°C)	K <sub>F</sub>
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica	97	1084	7,06
Cobre duro cuando se utiliza conector mecánico	97	250	11,78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10,45
Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	14,64
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14,64
Aluminio grado EC	61	657	12,12
Aleación de aluminio 5005	53,5	652	12,41
Aleación de aluminio 6201	52,5	654	12,47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20,3	657	17,2
Acero 1020	10,8	1510	15,95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9,8	1400	14,72
Varilla de acero con baño de cinc (galvanizado)	8,5	419	28,96
Acero inoxidable 304	2,4	1400	30,05

Tabla dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra:

CALIBRE DEL CONDUCTOR		AREA NOMINAL mm <sup>2</sup>	DIAMETRO m
MCM	AWG		
350		177,35	0,015
300		152,01	0,0139
250		126,68	0,0127
211,6	4/0	107,22	0,0117
167,8	3/0	85,03	0,0104
133,1	2/0	67,44	0,0093

En la construcción de la malla se utilizará una soldadura exotérmica ya que esta presenta una conductividad del 100% aunque su precio será más elevado, según la tabla de constantes de materiales conductores, por lo que el valor de  $K_f = 7,06$ .

Desarrollando la ecuación  $A_{MCM} = I_F * K_F * \sqrt{t_c}$ , obtenemos un valor:

$$A_{MCM} = 100A * 7,06 * \sqrt{1} = 706 \text{ MCM}$$

Aplicando los 706MCM en la tabla de dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra, observamos que el área del conductor debe ser igual o mayor a :

- Área = 177,35 mm<sup>2</sup>
- Diámetro = 0,015m





## 2.4 GEOMETRÍA DE LA MALLA

Nuestro laboratorio va a tener unas dimensiones de 5,725m  $\times$  2,302m a lo largo y ancho.

Por lo escogemos como:

- Espaciamientos entre conductores (D) están en el rango de  $15\text{m} > D > 3\text{m}$
- Profundidad de la malla está en el rango de  $1.5\text{m} > h \geq 0.5\text{m}$
- Los calibres típicos de conductores (ACM) están en el rango:  
 $500\text{MCM} > \text{ACM} \geq 2/0\text{AWG}$
- El diámetro del conductor de la malla tiene un efecto despreciable sobre la tensión de malla.
- El área del sistema de puesta a tierra (A) es el factor más importante en la determinación de la resistencia de malla ( $R_g$ ). Entre mayor sea A, menor será  $R_g$  y por lo tanto, es menor la elevación del potencial de tierra (GPR).
- No se utilizará una capa superficial de alta resistividad sobre el terreno de la malla, por lo que el valor de  $C_g=1$  (factor de disminución de la capa superficial).

Todas estas características que se deben cumplir son requeridas para la construcción de la puesta a tierra de las subestaciones eléctricas, nuestro caso es la construcción de un laboratorio de Alta Tensión por lo que usaremos un mallazo de obra para la construcción de la malla, ya que este resultará más económico.

Mallazo :

- Mallazo electrosoldado de acero
- Medidas mallazo - 6 m x 2,2 m
- Medidas cuadrados - 20 mm x 30mm
- Diámetro de las varillas 4mm
- 17,33€

Colocaremos cuatro picas en las esquinas de la malla de:

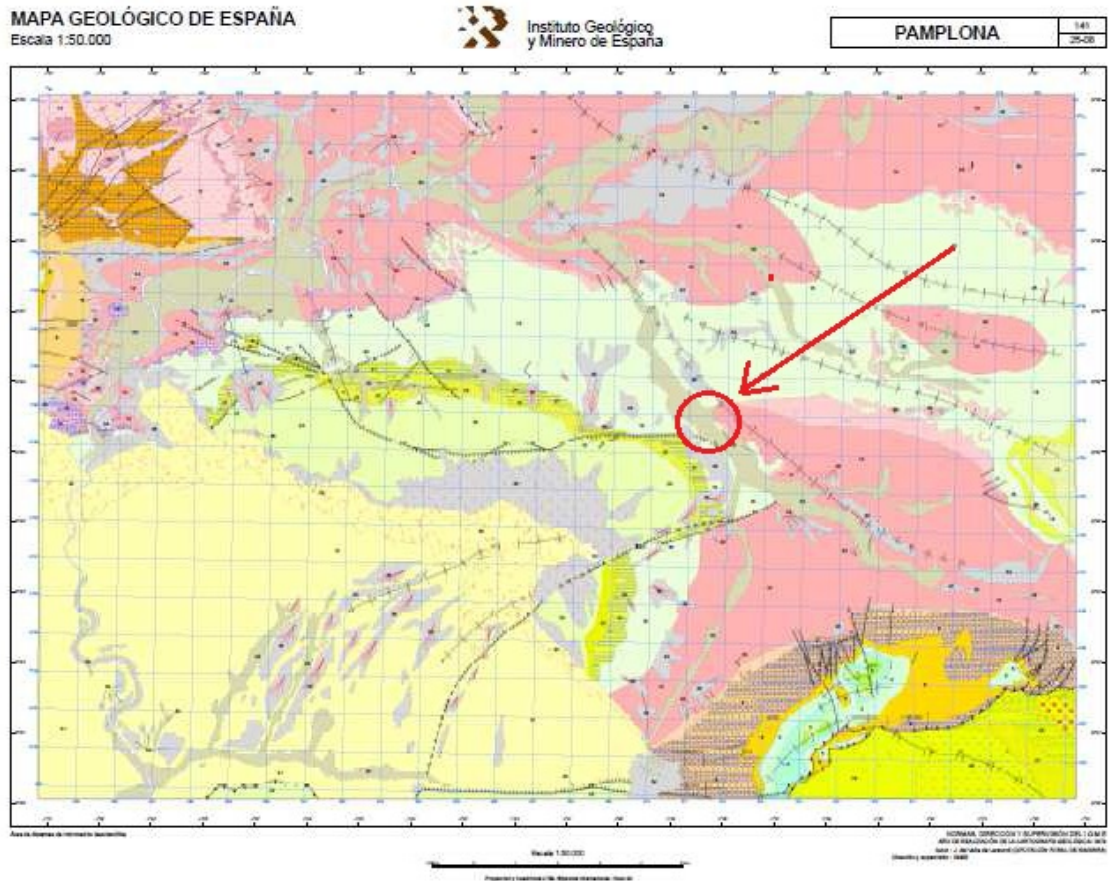
- $L_p = 2\text{m}$
- $n_p = 4$  varillas
- $d_r = 14\text{mm}$

Las picas serán de alma de acero recubiertas de cobre unidas al mallazo por un conductor de cobre desnudo de  $50\text{mm}^2$  de sección.

## 2.5 RESISTIVIDAD DEL TERRENO ( $\rho$ )

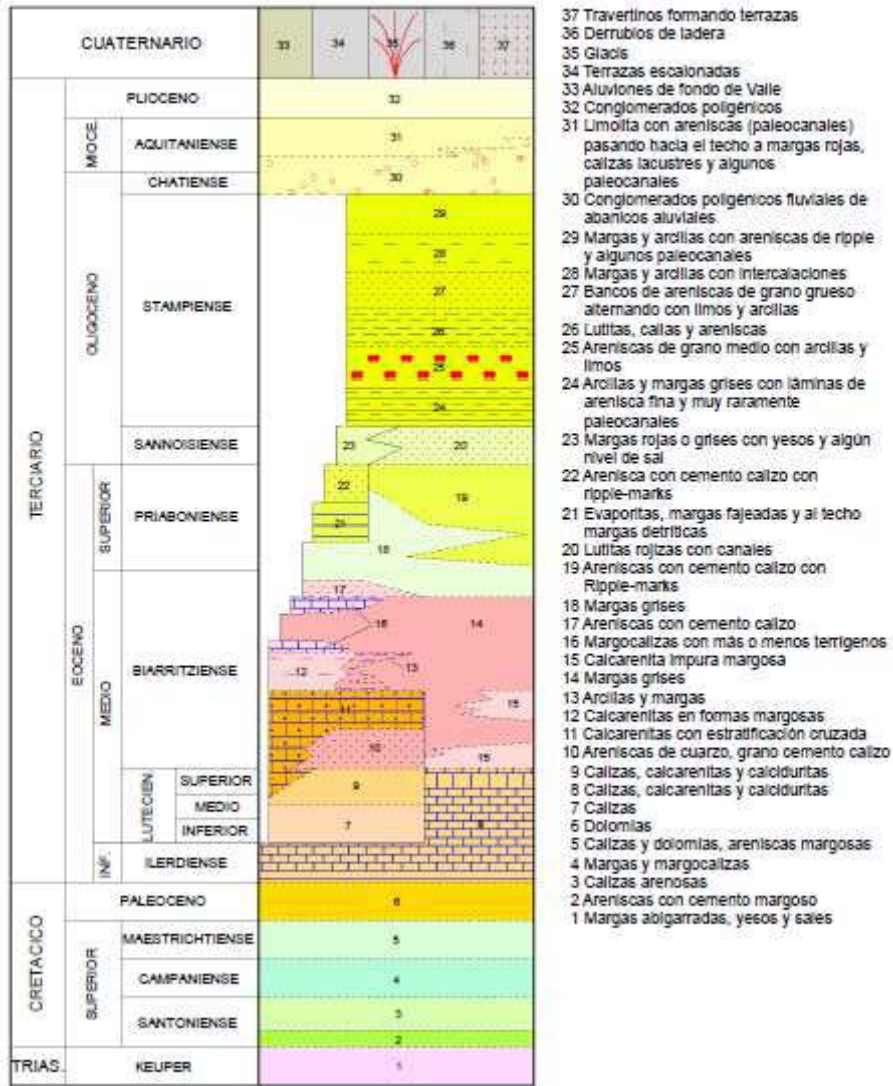
A través de la página del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) se accede al Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (MAGNA), donde se tiene Acceso a los mapas, memorias e información complementaria de las hojas del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

A continuación se muestra el mapa que se corresponde con Pamplona:





LEYENDA



El número 33 se corresponde con Aluviones de fondo de Valle, que será el terreno donde se ubicará el laboratorio.

La resistividad del terreno se trata de “Aluviones de fondo de Valle”, normalmente este tipo de terreno se compone de arenas arcillosas de una resistividad de 50 a 500Ωm.

En este caso utilizaremos un valor de 50Ωm un valor bastante similar al que nos encontraremos alrededor de la zona.



## 2.6 CÁLCULO DE LA MALLA PUESTA A TIERRA

Un buen sistema de puesta a tierra proporciona una resistencia baja a una tierra remota, con el fin de minimizar la elevación del potencial de tierra GPR, dada por:

$$GPR = I_G * R_G$$

### 2.6.1 REQUERIMIENTOS USUALES

La principal función de las puestas a tierra es garantizar la seguridad de las personas.

UTILIZADA PARA	Valor máximo de resistencia de puesta a tierra $\Omega$
Estructuras de líneas de transmisión	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión $V \geq 115KV$	1
Subestaciones de media tensión de uso exterior en poste	10
Subestaciones de media tensión de uso interior	10
Protección contra rayos	4
Neutro de acometida en baja tensión	25
Descargas electrostáticas	25
Equipos electrónicos sensibles	5

Valores máximos de resistencia de puesta a tierra

Estos valores recomendados surgen de la experiencia, sin que necesariamente obedezcan a una norma específica.

### 2.6.2 ECUACIONES DE SCHWARZ PARA SUELO HOMOGÉNEO

Schwarz desarrolló el siguiente conjunto de ecuaciones para determinar la resistencia de un sistema de puesta a tierra en un suelo homogéneo que consta de una malla horizontal con electrodos verticales (varillas).

Para calcular la resistencia de puesta a tierra  $R_G$ :

$$R_G = \frac{R_1 + R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

Donde:

- $R_1$  = Resistencia de tierra de los conductores de la malla en  $\Omega$ .
- $R_2$  = Resistencia de tierra de todas las varillas de tierra en  $\Omega$ .
- $R_m$  = Resistencia mutua entre el grupo de conductores de la malla  $R_1$  y el grupo de varillas de tierra  $R_2$ , en  $\Omega$ .



La resistencia de la malla ( $R_1$ ) está dada por:

$$R_1 = \frac{\rho}{L_C + \pi} * \left[ \ln \left( \frac{2 + LC}{\sqrt{d_C + 2h}} \right) - \frac{K_1 + LC}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$K_1 = -0.05 \frac{L_X}{L_Y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_X}{L_Y} + 4.68$$

$\rho$  = Resistividad del terreno  $\Omega$ -m.

LC = Longitud total de todos los conductores de la malla en m.

H = Profundidad de los conductores de la malla en m.

dC = Diámetro del conductor de la malla en m.

A = Área cubierta por los conductores de la malla de tierra  $m^2$ .

LX , LY = Largo, ancho de la malla en m.

La resistencia de las varillas de tierra ( $R_2$ ) está dada por:

$$R_2 = \frac{\rho}{L_r + 2\pi + \pi n_r} * \left[ \ln \left( \frac{4 + L_r}{\sqrt{d_r}} \right) - 1 - \frac{2H_r + L_r}{\sqrt{A}} * (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right]$$

Donde:

$n_r$  = Número de varillas de tierra.

$L_r$  = Longitud de cada varilla en m.

dC = Diámetro de la varilla en m.

La resistencia de tierra mutua ( $R_m$ ) entre la malla y las varillas está dada por:

$$R_m = \frac{\rho}{L_C + \pi} * \left[ \ln \left( \frac{2 + LC}{L_r} \right) + \frac{H_r + L_r}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

Finalmente la resistencia combinada de R1 y R2 será menor que la resistencia a tierra, analizando ambos componentes por sí solos; pero será más alta que la de la combinación en paralelo ( $R_m < R_1$ ,  $R_m < R_2$ ,  $R_g > R_m$ ).



### 2.6.2.1 CÁLCULO DE LOS FACTORES $K_1$ y $K_2$

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2 = -0.05 \frac{6}{2.2} + 1.2 = 1.0636$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68 = 0.1 \frac{6}{2.2} + 4.68 = 4.9527$$

### 2.6.2.2 CÁLCULO RESISTENCIA DE TIERRA DE LOS CONDUCTORES DE MALLA ( $R_1$ )

$$R_1 = \frac{\rho}{L_C + \pi} * \left[ \ln \left( \frac{2 * L_C}{\sqrt{d_C * 2h}} \right) + \frac{K_1 * L_C}{\sqrt{A}} - K_2 \right] = \frac{50(\Omega m)}{195.4(m) + \pi}$$

$$* \left[ \ln \left( \frac{2 * 195.4(m)}{\sqrt{0.004(m) * 2 * 0.5(m)}} \right) + \frac{1.0636 * 195.4(m)}{\sqrt{13.2(m^2)}} - 4.9527 \right] = 5.1916 \Omega$$

$$L_C = 6 * 30 + 2.2 * 7 = 195.4m$$

$$d_C = 4mm$$

$$h = 0.5m$$

$$A = 6 * 2.2 = 13.2m^2$$

### 2.6.2.3 CÁLCULO RESISTENCIA DE TIERRA DE LAS VARILLAS DE TIERRA ( $R_2$ )

$$R_2 = \frac{\rho}{L_r + 2\pi * n_r} * \left[ \ln \left( \frac{4 * L_r}{\sqrt{d_r}} \right) - 1 + \frac{2K_1 * L_r}{\sqrt{A}} * (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right] = \frac{50(\Omega m)}{2(m) + 2\pi * 4}$$

$$* \left[ \ln \left( \frac{4 * 4(m)}{\sqrt{0.014(m)}} \right) - 1 + \frac{2 * (1.0636) * 2(m)}{\sqrt{13.2(m^2)}} * (\sqrt{4} - 1)^2 \right] = 5.0511 \Omega$$

$$L_r = 2m$$

$$n_r = 4 \text{ varillas}$$

$$d_r = 14mm$$

### 2.6.2.4 CÁLCULO RESISTENCIA MUTUA ENTRE $R_1$ y $R_2$ ( $R_m$ )

$$R_m = \frac{\rho}{L_C + \pi} * \left[ \ln \left( \frac{2 * L_C}{L_r} \right) + \frac{K_1 * L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] = \frac{50(\Omega m)}{195.4(m) + \pi}$$

$$* \left[ \ln \left( \frac{2 * 195.4(m)}{2(m)} \right) + \frac{1.0636 * 195.4(m)}{\sqrt{13.2(m^2)}} - 4.9527 + 1 \right] = 4.767 \Omega$$





### 2.6.2.5 CÁLCULO RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA ( $R_g$ )

$$R_g = \frac{R_1 + R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} = \frac{5.1916(\Omega) + 5.0511(\Omega) - (4.767(\Omega))^2}{5.1916(\Omega) + 5.0511(\Omega) - 2 \cdot 4.767(\Omega)} = 5.2333 (\Omega)$$

$R_g$  corresponde a la resistencia total, la resistencia de puesta a tierra.

### 2.6.3 CÁLCULO DEL GPR

Es un caso especial de la tensión de contacto donde se presenta un máximo nivel de potencial del sistema de puesta a tierra con respecto a una tierra remota, cuando fluye a través de la primera una corriente desde o hacia el terreno. El GPR está dada por:

$$\text{GPR} = I_g \times R_g = 12(\text{mA}) * 5.2333 (\Omega) = 0.0628 (\text{V}) = 62.8 (\text{mV})$$

$$\text{El GPR} < E_t$$



## 2.7 CRITERIOS TENSIONES DE PASO Y DE TOQUES

La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergizado. Los voltajes máximos tolerables por un cuerpo humano de 50 kg. de peso corporal, durante un circuito accidental no debe exceder los siguientes límites:

-Tensión de paso límite tolerable por un cuerpo de 50 kg. de peso corporal:

$$E_{p50} = (1000 + 6Cs\rho s) * \frac{0,116}{\sqrt{t_E}}$$

- Tensión de toque límite tolerable por un cuerpo de 50kg de peso corporal:

$$E_{t50} = (1000 + 1,5Cs\rho s) * \frac{0,116}{\sqrt{t_E}}$$

Por lo que aplicando las formulas:

$$\begin{aligned} - E_{p50} &= (1000 + 6*1*) * \frac{0,116}{\sqrt{1}} = 1000,696 \text{ (V)} \\ - E_{t50} &= (1000 + 1,5*1*) * \frac{0,116}{\sqrt{1}} = 1000,174 \text{ (V)} \end{aligned}$$

Las tensiones de paso y de toque reales deben ser menores que los respectivos límites máximos permisibles (o tolerables) para obtener seguridad.

$$E_m < E_t \quad E_p < E_{50}$$

### 2.7.1 TENSIÓN DE MALLA

El valor de la tensión real de la malla se obtiene mediante la expresión:

$$E_m = \frac{I_m C_m K_m K_{ff}}{L_m}$$

Donde:

$K_m$  = valor geométrico de espaciamento de la malla, calculado así:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left( \frac{D^2}{16hd_g} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd_g} - \frac{h}{4d_g} \right) + \frac{K_{ff}}{K_m} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

D = espaciamento entre los conductores

Para mallas con varillas de tierra a lo largo del perímetro, o para mallas con varias varillas de tierra en las esquinas, así como para ambas,  $K_{ff} = 1$ .





$K_R$  es un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla, dado por:

$$K_R = \sqrt{1 + h/h_0} \quad \text{con } h_0 = 1(\text{m})$$

$n$  representa el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente, y está dado por:

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d$$

Para mallas rectangulares  $n = n_a * n_b$ , ya que  $n_c = n_d = 1$

$$n_a = \frac{2L_g}{L_P} \quad n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4\sqrt{A}}}$$

$L_P$  = longitud del perímetro de la malla en m.

$K_i$  es el factor de irregularidad y se define como:

$$K_i = 0.644 + 0.148n$$

Para mallas con muchas varillas de tierra en las esquinas, así como a lo largo del perímetro, la longitud efectiva enterrada ( $L_M$ ) es:

$$L_M = L_C + \left[ 1.55 + 1.22 \left( \frac{L_r}{L_r^2 + L_P^2} \right) \right] L_R$$

$L_R = n_r L_r$  (Longitud total de las varillas)

### 2.7.1.1 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE MALLA

Primero averiguamos los valores de  $K_R$ ,  $n$  ( $n_a$ ,  $n_b$ ) y  $L_P$ , para poder calcular  $K_m$  y  $K_i$  junto con  $L_M$  para el cálculo final de  $E_m$ .

- $K_R = \sqrt{1 + h/h_0} = \sqrt{1 + 0.5(\text{m})/1(\text{m})} = 1.2247$

- $n = n_a * n_b = 23.8293 * 1.0623 = 25.3139$

$$n_a = \frac{2L_g}{L_P} = \frac{2 * 165.4(\text{m})}{16.4(\text{m})} = 23.8293 \quad n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4\sqrt{A}}} = \sqrt{\frac{16.4(\text{m})}{4\sqrt{13.2(\text{m}^2)}}} = 1.0623$$

- $L_P = 2 * 6(\text{m}) + 2 * 2.2(\text{m}) = 16.4 (\text{m})$



$$\begin{aligned} \square K_m &= \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left( \frac{D^2}{16hd_g} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd_g} - \frac{h}{4d_g} \right) + \frac{H_t}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left( \frac{(0.3(m))^2}{16 \cdot 0.5(m) \cdot 4(mm)} + \frac{(0.3(m)+2 \cdot 0.5(m))^2}{8 \cdot 0.3(m) \cdot 4(mm)} - \frac{0.5(m)}{4 \cdot 4(mm)} \right) + \frac{1}{1.2247} \ln \left( \frac{8}{\pi(2 \cdot 25.3139-1)} \right) \right] \\ &= \mathbf{0.40896} \end{aligned}$$

$$D = 0.3(m)$$

$$\square K_f = 0.644 + 0.148n = 0.644 + 0.148 \cdot 25.3139 = \mathbf{4.3905}$$

$$\begin{aligned} \square L_M &= L_v + \left[ 1.55 + 1.22 \left( \frac{L_r}{L_r^2 + L_v^2} \right) \right] L_r = 195.4(m) + \\ & \left[ 1.55 + 1.22 \left( \frac{2(m)}{(6(m))^2 + (2.2(m))^2} \right) \right] \cdot 8 = \mathbf{208.278(m)} \end{aligned}$$

$$L_r = n_r L_v = 4(\text{varillas}) \cdot 2(m) = 8$$

Con los datos obtenidos y reemplazando los valores en la ecuación  $E_m = \frac{\rho I_G + K_m H_t}{L_M}$  obtenemos el valor de la tensión de paso:

$$E_m = \frac{\rho I_G + K_m H_t}{L_M} = \frac{50(\Omega m) \cdot 12(mA) + 0.40896 + 4.3905}{208.278(m)} = \mathbf{5.173 \text{ mV}}$$

## 2.7.2 TENSIÓN DE PASO

El valor de tensión real de paso se calcula mediante:

$$E_P = \frac{\rho I_G K_G H_t}{L_G}$$

Donde:

$$L_G = 0.75 L_C + 0.85 L_R$$

$$K_G = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

### 2.7.2.1 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE PASO

Obtenemos los valores de  $L_G$  y  $K_G$  para sacar el valor de la tensión de paso  $E_P$ :

$$\square L_G = 0.75 L_C + 0.85 L_R = 0.75 \cdot 195.4(m) + 0.85 \cdot 8(m) = \mathbf{153.35(m)}$$

$$\begin{aligned} \square K_G &= \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right] = \\ &= \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2 \cdot 0.5(m)} + \frac{1}{0.3(m) + 0.5(m)} + \frac{1}{0.3(m)} (1 - 0.5^{25.3139-2}) \right] = \mathbf{1.777} \end{aligned}$$

$$E_P = \frac{\rho I_G K_G H_t}{L_G} = \frac{50(\Omega m) \cdot 12(mA) \cdot 1.777 + 4.3905}{153.35(m)} = \mathbf{30.526 \text{ mV}}$$



## 2.8 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

	RESULTADOS	VALOR DE REFERENCIA			REQUISITOS	CONCLUSIÓN
		$E_{t50}$ (V)	$E_{p50}$ (V)	$R_{ref}$ ( $\Omega$ )		
$E_{m}$	5.173 mV	1000,174 (V)	-	-	$E_m < E_{t50}$	Cumple
$E_p$	30.526 mV	-	1000,696 (V)	-	$E_p < E_{p50}$	Cumple
GPR	62.8 mV	-	1000,696 (V)	-	$GPR < E_{t50}$	Cumple
$R_p$	5.2333 $\Omega$	-	-	-	$R_p < R_{ref}$	-

El GPR y la tensión de toque cumplen ya que están por debajo de la tensión de contacto tolerable, igualmente la tensión de paso calculada está por debajo de la tensión de paso tolerable.

El valor obtenido para el diseño del laboratorio de alta tensión de puesta a tierra alcanzado por la malla es de 5.233 ( $\Omega$ ). Un valor que aceptamos ya que el sistema de puesta a tierra cumple con la finalidad de proteger a las personas dentro y fuera de laboratorio contra las tensiones de paso y toque que se puedan producir en caso de falla.

Pamplona, Junio de 2014

Miguel Angel Andino Angulo





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

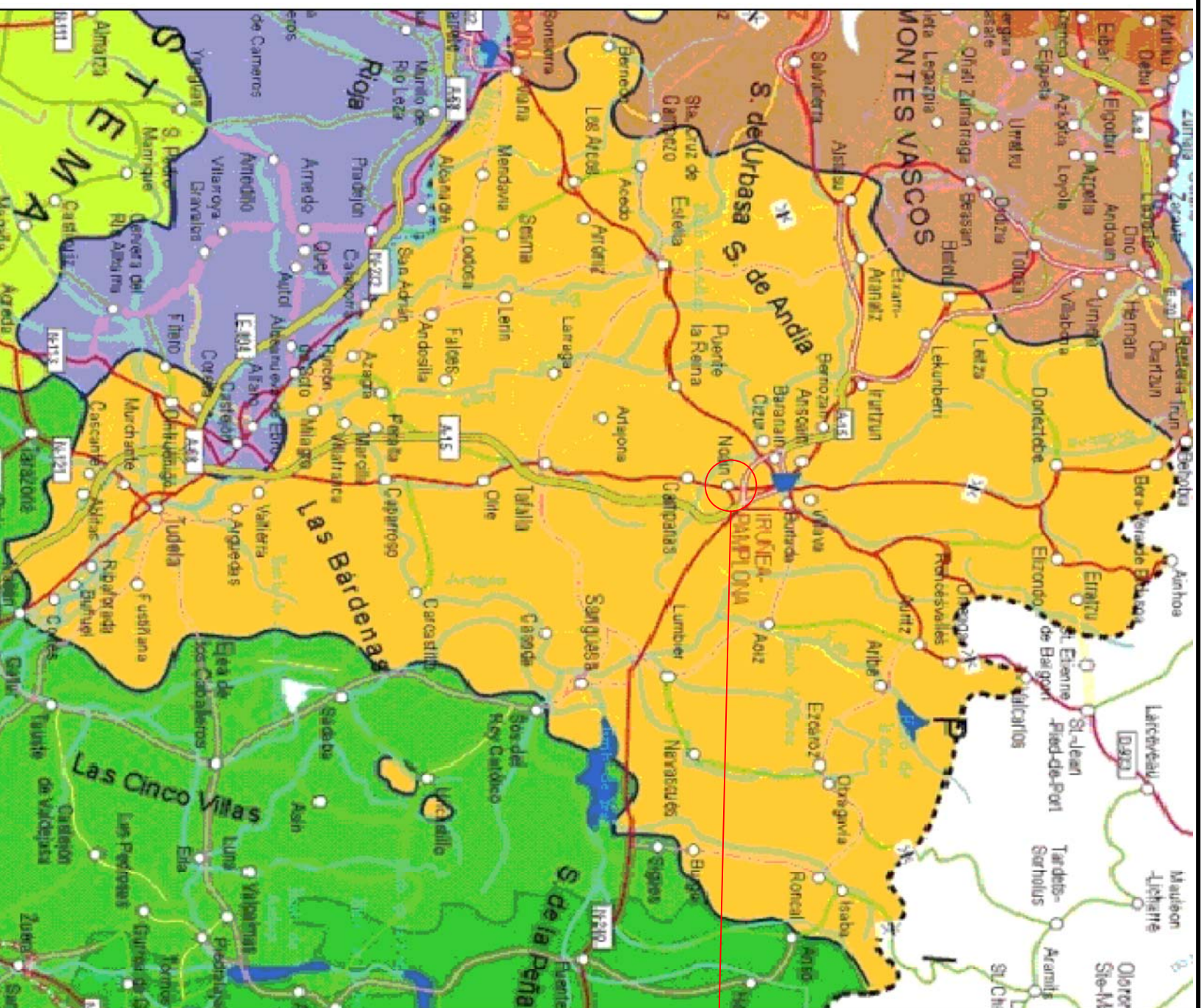
## 3. PLANOS

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

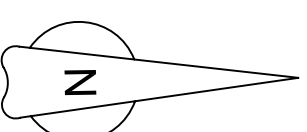
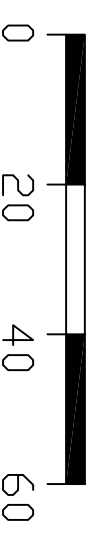
Pamplona, 26-06-2014






# NAVE INDUSTRIAL (MOCHOLÍ)

Escala gráfica en kilómetros



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

PROYECTO:

**INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE ALTA TENSIÓN**

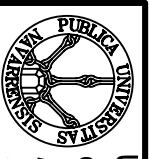
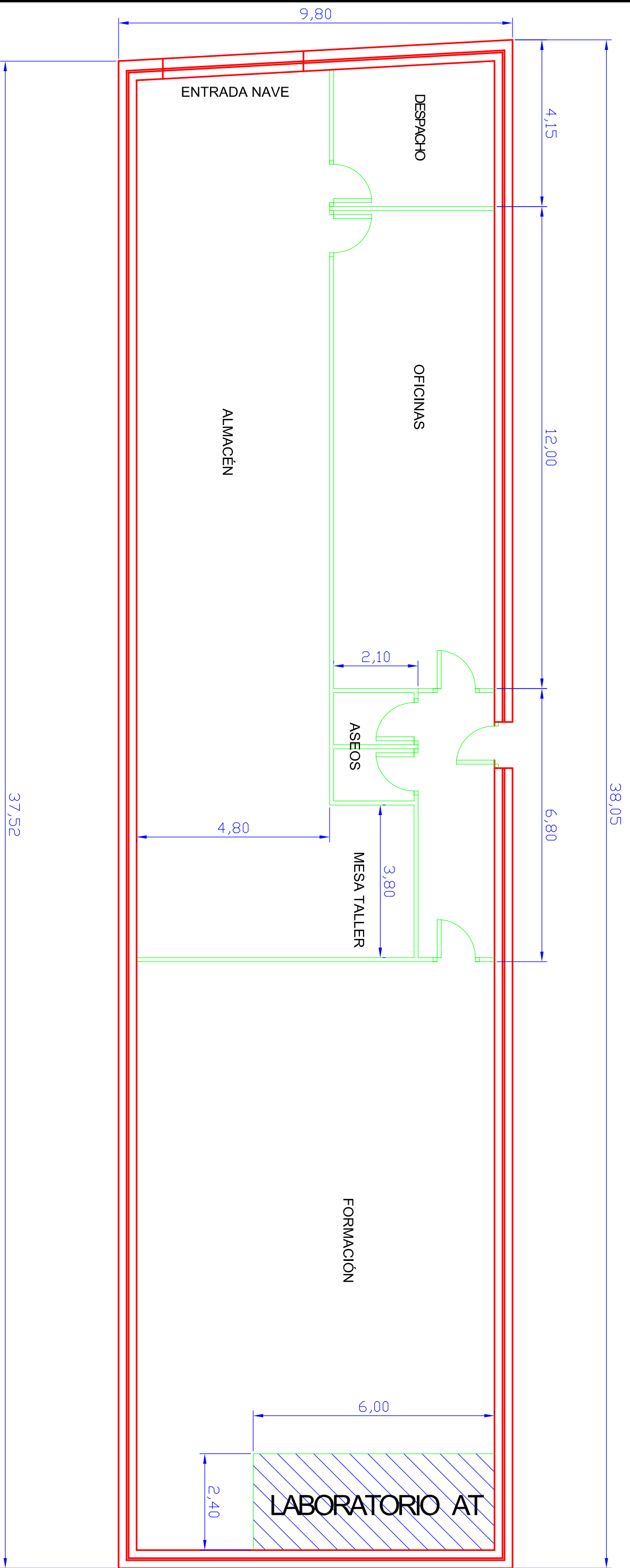
REALIZADO:

MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO

FIRMA:

PLANO:  
SITUACION NAVE INDUSTRIAL (NAVARRA)

FECHA:	ESCALA:	PLANO Nº
6/2014	1/100000	15



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO TECNICO  
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
ELECTRICA Y ELECTRONICA

PROYECTO:

**INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS  
DE ALTA TENSIÓN**

REALIZADO:

MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO

FIRMA:

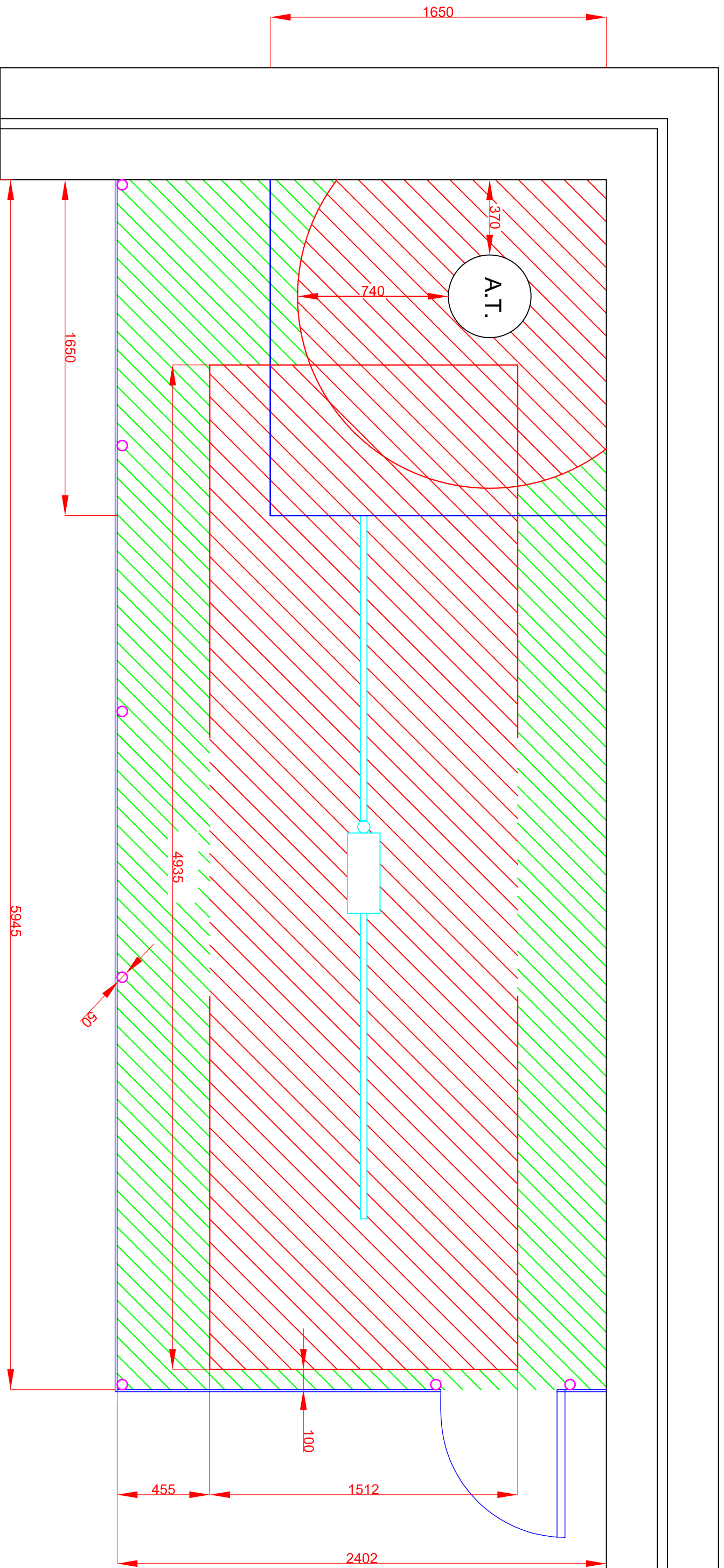
PLANO:

**NAVE UBICACION LABORATORIO**

FECHA:  
6/2014

ESCALA:  
1/100

PLANO Nº  
25



PARED	
EQUIPO ALTA TENSION	
ZONA DE ENSAYO	
ZONA PROHIBIDA	
DISTANCIA PAREDES DETECTORES	

CERRAMIENTO	
UTILLAJE DETECTOR	
PILARES	

  
 Universidad Pública  
 de Navarra  
 Nafarroako  
 Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO TECNICO  
 INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
 DE INGENIERIA  
 ELECTRICA Y ELECTRONICA

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS  
 DE ALTA TENSION**

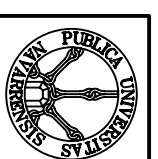
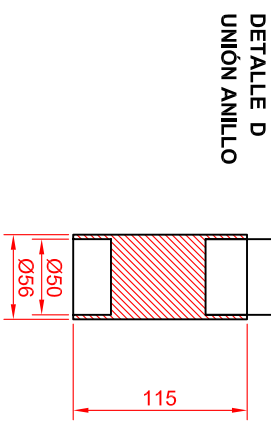
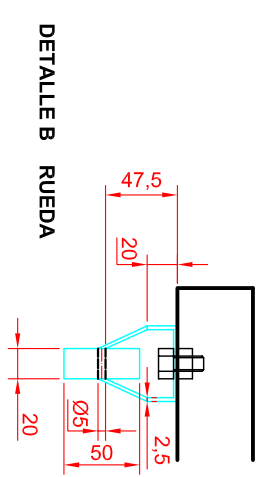
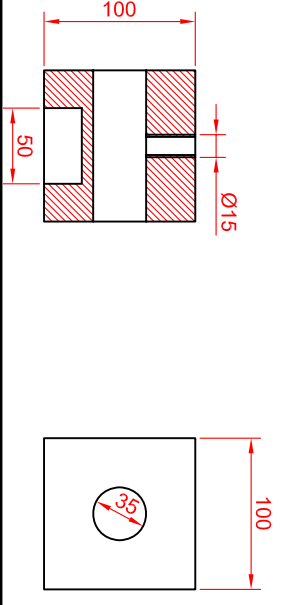
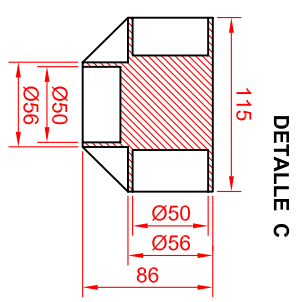
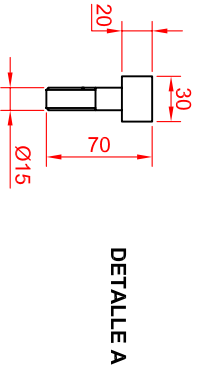
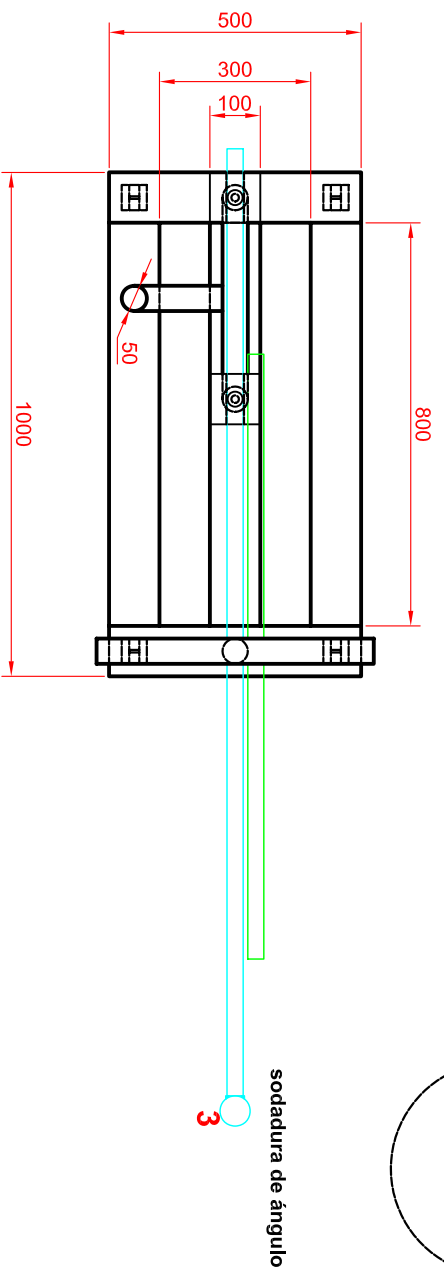
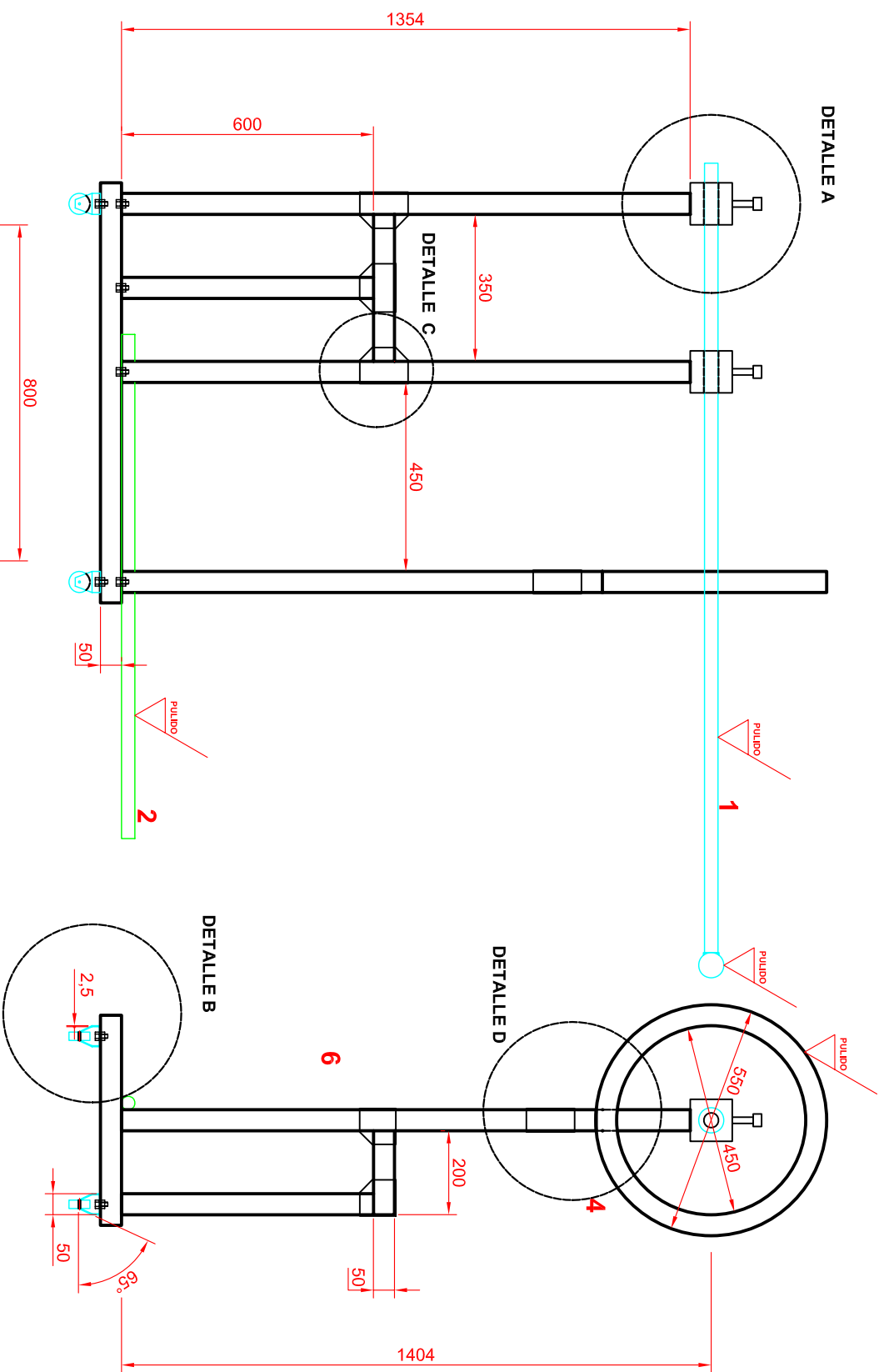
REALIZADO:  
 MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO  
 FIRMA:

PLANO:  
**DIVISIÓN LABORATORIO ALTA TENSION**

FECHA: 6/2014  
 ESCALA: 1/20  
 Nº PLANO: 5



CARACTERÍSTICAS UTILLAJE		
Nº de pieza	Designación	Tipo de material
1	Barra conductora 1	Aluminio 6061
2	Barra conductora 2	Aluminio 6061
3	Electrodo bola	Aluminio 6061
4	Electrodo anillo	Aluminio 6061
5	Cabeceras	Policarbonato
6	Base utilillaje	Policarbonato
7	Ruedas	-



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO TECNICO  
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
ELECTRICA Y ELECTRONICA

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS  
DE ALTA TENSIÓN**

REALIZADO:  
MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO

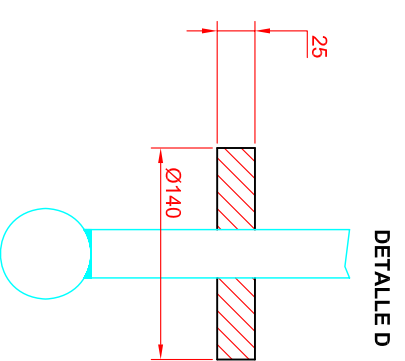
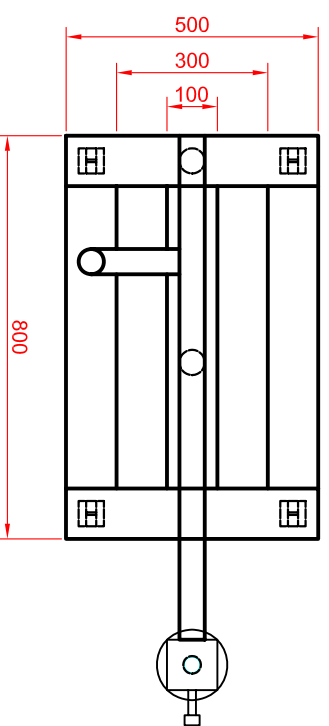
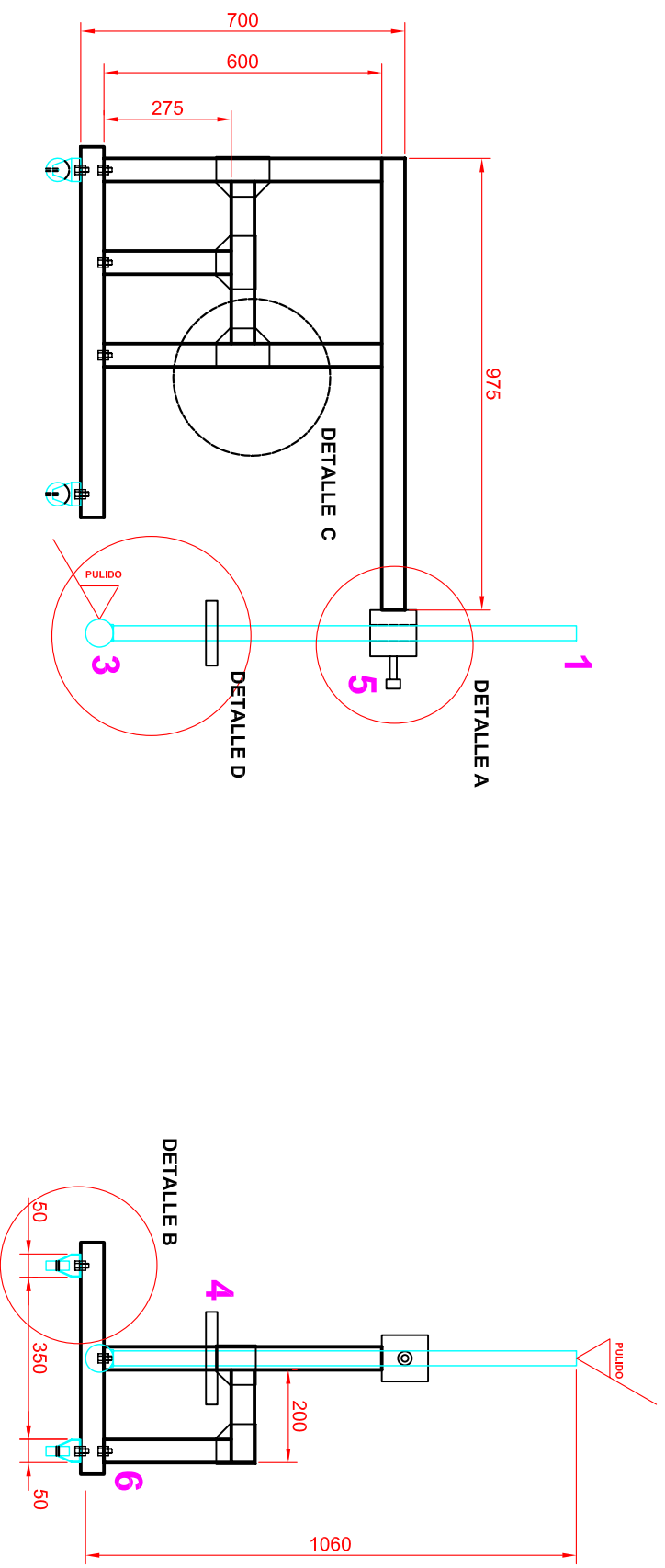
PLANO:  
**PARTE 1 UTILLAJE DETECTORES**

FECHA:  
6/2014

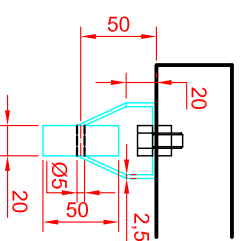
ESCALA:  
1/15

Nº PLANO:  
5

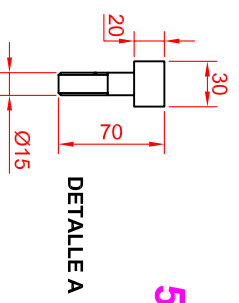
CARACTERÍSTICAS UTILLAJE		
Nº de pieza	Designación	Tipo de material
1	Barra conductora 1	Aluminio 6061
2	Barra conductora 2	Aluminio 6061
3	Electrodo bola	Aluminio 6061
4	Cilindro	Porespan
5	Cabeceras	Policarbonato
6	Base utilillaje	Policarbonato
7	Ruedas	-



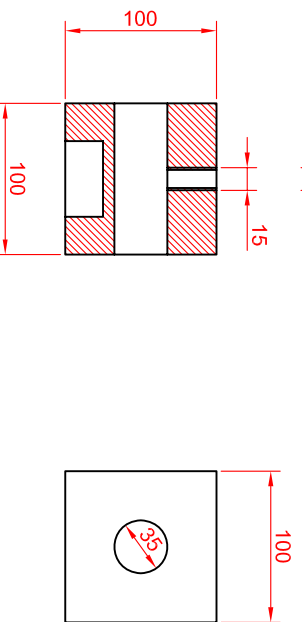
DETALLE B RUEDA 7



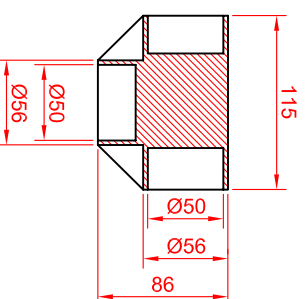
5




DETALLE A

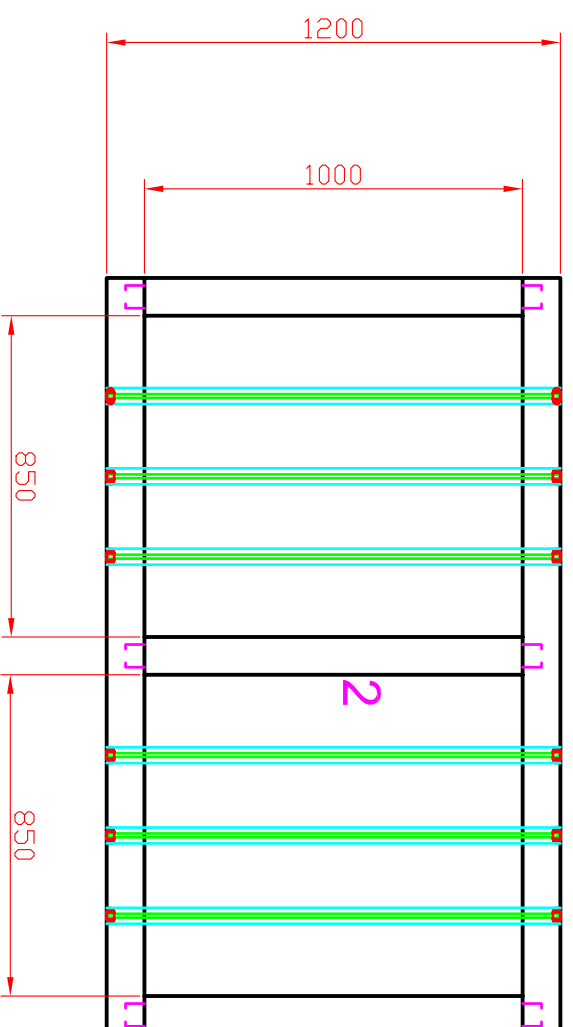
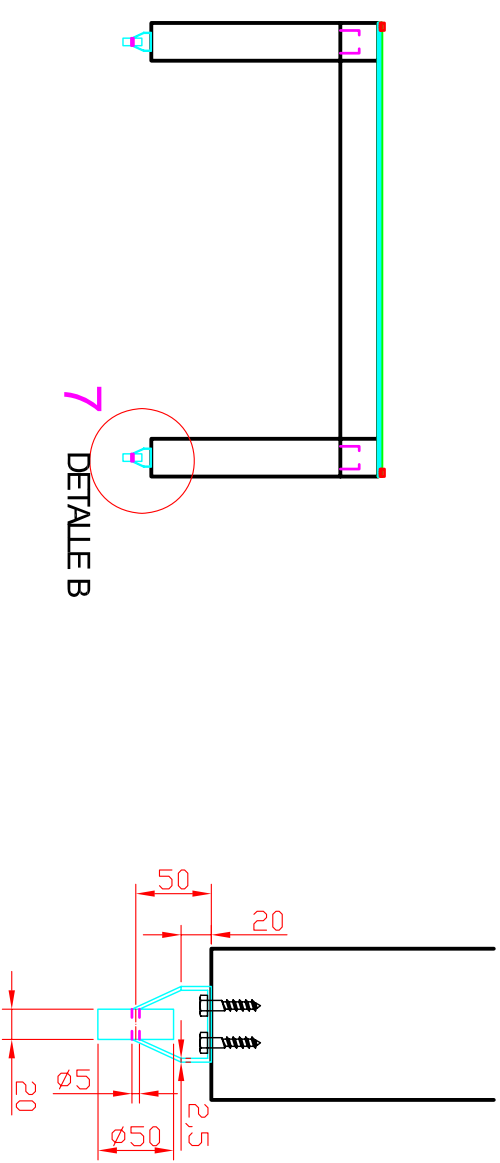
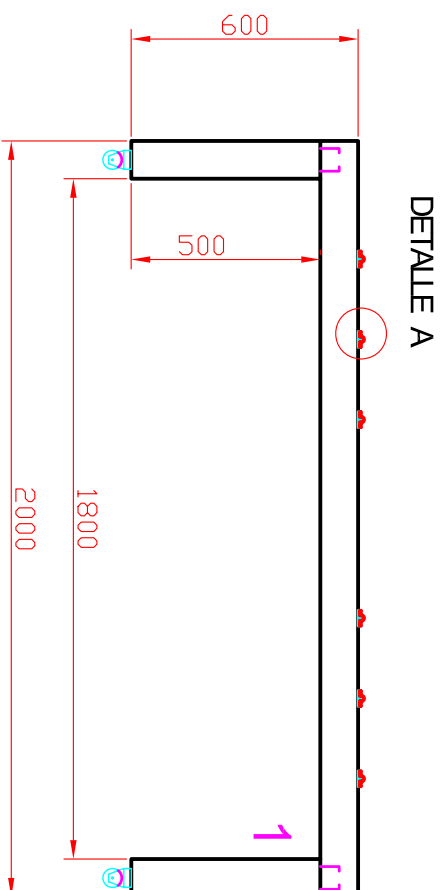


DETALLE C



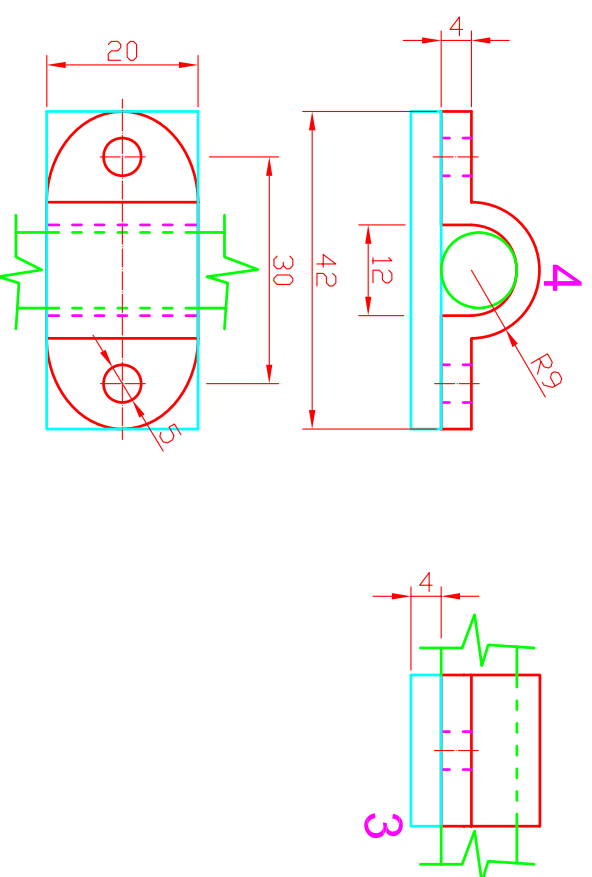
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	<b>PROYECTO:</b> <b>INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE ALTA TENSIÓN</b>	REALIZADO: MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO

PLANO: <b>PARTE 1 UTILLAJE GUANTES</b>	FIRMA:
FECHA: 6/2014	ESCALA: 1/15 1/5
Nº PLANOS:	



CARACTERÍSTICAS UTILLAJE		
Nº de pieza	Designación	Tipo de material
1	Patás	Madera pino
2	Armazon base	Madera pino
3	Sujección cables	Aluminio 6061
4	Abrazaderas	Acero galvanizado
7	Ruedas	-

DETALLE A



**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

PROYECTO:

**INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE ALTA TENSIÓN**

REALIZADO:

MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO

FIRMA:

PLANO:

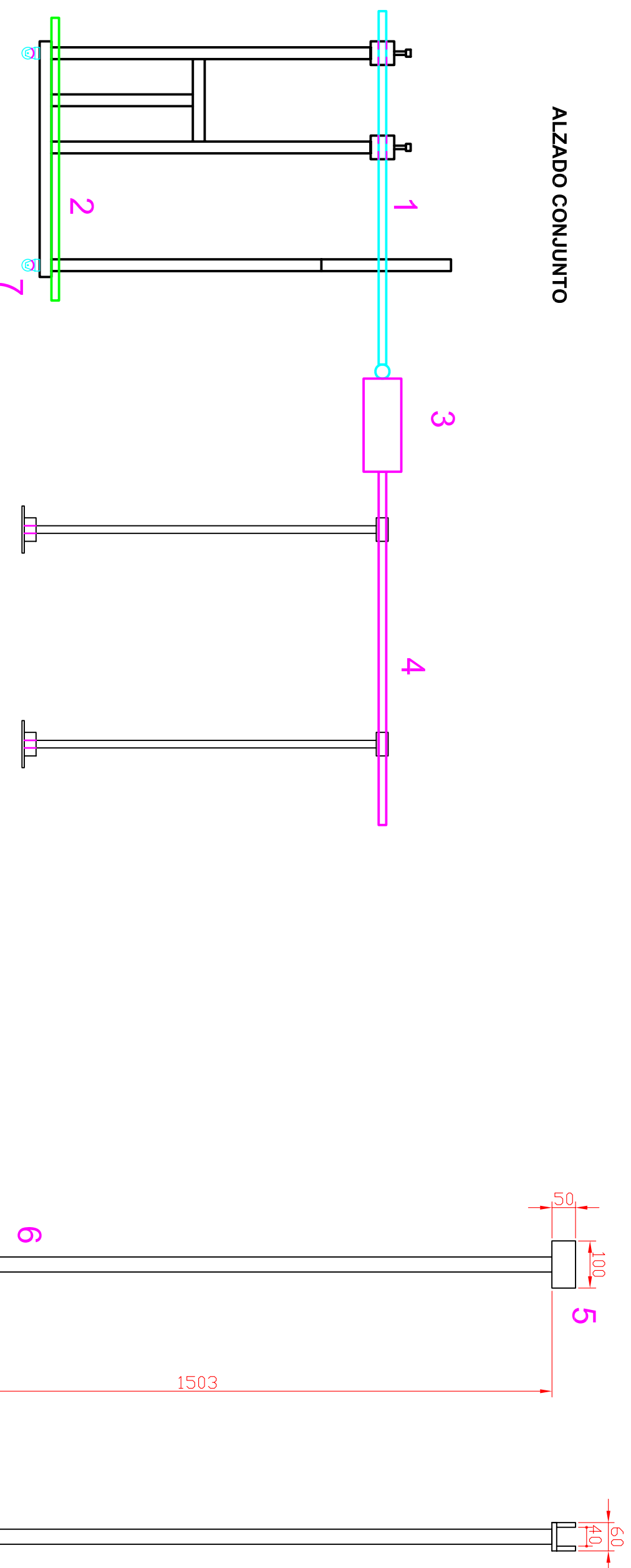
MESA UTILLAJE

FECHA:  
6/2014

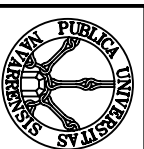
ESCALA:  
1/20  
1/1 1/10

PLANO Nº 5

### ALZADO CONJUNTO



CARACTERÍSTICAS UTILLAJE		
Nº de pieza	Designación	Tipo de material
1	Barra conductora	Aluminio 6061
2	Armazon base	Aluminio 6061
3	Detector	-
4	Pertiga	-
5	Cabeceras	Polycarbonato
6	Base utilillaje	Polycarbonato
7	Ruedas	-



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO TECNICO  
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

PROYECTO:

**INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS  
DE ALTA TENSIÓN**

REALIZADO:

MIGUEL ANGEL ANDINO ANGULO

FIRMA:

PLANO:

**SUJECCIÓN PERTIGAS**

FECHA:  
6/2014

ESCALA:  
1/20  
1/10

PLANO Nº  
5



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

Pamplona, 26-06-2014



## 4. PLIEGO DE CONDICIONES:

### ÍNDICE:

<b>4.1 PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>3</b>
4.1.1 DISPOSICIONES GENERALES .....	3
4.1.1.1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES .....	3
4.1.1.2 CONTRATO DE OBRA .....	3
4.1.1.3 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA .....	3
4.1.1.4 FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA .....	3
4.1.1.5 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA .....	4
4.1.1.6 ACCIDENTES DE TRABAJO .....	4
4.1.1.7 SUMINISTRO DE MATERIALES .....	4
4.1.1.8 CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	4
4.1.2 DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES .....	5
4.1.2.1 DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES .....	5
4.1.2.2 INICIO DE LA OBRA Y RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS MATERIALES .....	5
4.1.2.3 TRABAJOS DEFECTUOSOS .....	6
4.1.2.4 PROCEDENCIA DE MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS ..	6
4.1.2.5 MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS .....	6
4.1.2.6 LIMPIEZA DE LAS OBRAS.....	7
<b>4.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>8</b>
4.2.1 DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES DE LA EDIFICACIÓN .....	8
4.2.1.1 EL PROMOTOR .....	8
4.2.1.2 EL PROYECTISTA .....	8
4.2.1.3 EL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA.....	8
4.2.1.4 EL DIRECTOR DE OBRA .....	8
4.2.1.5 LOS SUMINISTROS DE LOS PRODUCTOS.....	8
4.2.1.6 DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA.....	9
<b>4.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS.....</b>	<b>10</b>
4.3.1 CONTRATO DE OBRA .....	10
4.3.2 PRECIOS .....	10



<b>4.4 CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....</b>	<b>11</b>
4.4.1 PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES.....	11
4.4.1.1 UTILLAJES .....	11
4.4.1.1.1 Condiciones de suministro .....	11
4.4.1.1.2 Recepción y control .....	11
4.4.1.1.3 Conservación, almacenamiento y manipulación.....	11
4.4.2.1 PICAS, MALLAZO Y BARRERAS CERRAMIENTO.....	12
4.4.2.1.1 Condiciones de suministro .....	12
4.4.2.1.2 Recepción y control .....	12
4.4.2.1.3 Conservación, almacenamiento y manipulación.....	12
4.4.3.1 EQUIPO ALTA TENSIÓN .....	12
4.4.3.1.1 Condiciones de suministro .....	12
4.4.3.1.2 Recepción y control .....	12
4.4.3.1.3 Conservación, almacenamiento y manipulación.....	13
4.4.4.1 CEMENTO CONDUCTIVO.....	13
4.4.4.1.1 Condiciones de suministro .....	13
4.4.4.1.2 Recepción y control .....	13
4.4.4.1.3 Conservación, almacenamiento y manipulación.....	13
4.4.4.1.4 Recomendaciones para su uso en obra.....	13
4.4.5.1 CONDUCTORES .....	14
4.4.5.1.1 Condiciones de suministro .....	14
4.4.5.1.2 Recepción y control .....	14
4.4.5.1.3 Conservación, almacenamiento y manipulación.....	14
4.4.2 EQUIPOS SEGURIDAD Y SALUD .....	14
4.4.3 CONDICIONES MONTAJE.....	14
4.4.3.1 GENERALIDADES .....	14
4.4.3.1.1 Trazado y cierre zanja .....	15
4.4.3.1.2 Instalación puesta a tierra.....	15
4.4.3.1.3 Montaje cerramiento .....	15
4.4.3.1.4 Montaje utillajes.....	15
4.4.3.1.5 Instalación equipos.....	16
4.4.4 VERIFICACIONES LABORATORIO TERMINADO.....	16



## **4.1 PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS**

### **4.1.1 DISPOSICIONES GENERALES**

#### **4.1.1.1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### **4.1.1.2 CONTRATO DE OBRA**

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### **4.1.1.3 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra

- El presente Pliego de Condiciones
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

#### **4.1.1.4 FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de





servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, y Presupuesto General.

#### **4.1.1.5 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA**

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas.

#### **4.1.1.6 ACCIDENTES DE TRABAJO**

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios. Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

#### **4.1.1.7 SUMINISTRO DE MATERIALES**

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caer al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

#### **4.1.1.8 CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del Contratista.
- b) La quiebra del Contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del



Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.

- b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
- i) La mala fe en la ejecución de la obra.

#### **4.1.2 DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES**

##### **4.1.2.1 DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES**

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

##### **4.1.2.2 INICIO DE LA OBRA Y RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS MATERIALES**

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.



Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Aviso previo a la Autoridad laboral competente efectuado por el Promotor.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el

Contratista.

- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

#### **4.1.2.3 TRABAJOS DEFECTUOSOS**

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la instalación definitiva del laboratorio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista.

#### **4.1.2.4 PROCEDENCIA DE MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS**

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

#### **4.1.2.5 MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS**

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto el Director de Obra dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.



#### **4.1.2.6 LIMPIEZA DE LAS OBRAS**

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.



## **4.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS**

### **4.2.1 DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES DE LA EDIFICACIÓN**

#### **4.2.1.1 EL PROMOTOR**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

#### **4.2.1.2 EL PROYECTISTA**

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

#### **4.2.1.3 EL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA**

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

#### **4.2.1.4 EL DIRECTOR DE OBRA**

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos de conformidad con el proyecto con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

#### **4.2.1.5 LOS SUMINISTROS DE LOS PRODUCTOS**

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos



semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

#### **4.1.1.6 DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA**

Una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.



## 4.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS

### 4.3.1 CONTRATO DE OBRA

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la

Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

### 4.3.2 PRECIOS

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.



## 4.4 CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

### 4.4.1 PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES

Para facilitar la labor a realizar por parte del Director de la Ejecución de la Obra, el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación.

#### 4.4.1.1 UTILLAJES

##### 4.4.1.1.1 CONDICIONES DE SUMINISTRO

Los utillajes se deben suministrar embalados y ya montados para que no tengan ningún tipo de desperfecto.

##### 4.4.1.1.2 RECEPCIÓN Y CONTROL

Se revisará que se hayan cumplido con las indicaciones marcadas en los planos, medidas, tipos de materiales...

##### 4.4.1.1.3 CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Antes del montaje del laboratorio de alta tensión se colocarán en una zona de la nave adecuada para que no reciban golpes y que no estén sometidos a humedades.





#### **4.4.2.1 PICAS, MALLAZO Y BARRERAS CERRAMIENTO**

##### **4.4.2.1.1 CONDICIONES DE SUMINISTRO**

Vendrán cada uno en un palet independiente debidamente envalados para no sufrir desperfectos.

##### **4.4.2.1.2 RECEPCIÓN Y CONTROL**

Se revisará que se hayan cumplido con las indicaciones marcadas en los planos, medidas, tipos de materiales...

##### **4.4.2.1.3 CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN**

Antes del montaje del laboratorio de alta tensión se colocarán en una zona de la nave adecuada para que no reciban golpes y que no estén sometidos a humedades.

#### **4.4.3.1 EQUIPO ALTA TENSIÓN**

##### **4.4.3.1.1 CONDICIONES DE SUMINISTRO**

El equipo de alta tensión junto con todos los complementos con los que viene incluido vendrán embalados en un palet tal y como lo comercia la empresa suministradora para que no sufra ningún tipo de desperfecto.

##### **4.4.3.1.2 RECEPCIÓN Y CONTROL**

- Se revisará que no hayan sufrido ningún tipo de desperfecto durante el transporte y que están todos los componentes incluidos.
- La identificación del fabricante o marca comercial.
- Las incompatibilidades de uso e instrucciones de aplicación.
- El sello de calidad, en su caso.



#### **4.4.3.1.3 CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN**

Antes del montaje del laboratorio de alta tensión se colocarán en una zona de la nave adecuada para que no reciban golpes y que no estén sometidos a humedades.

#### **4.4.4.1 CEMENTO CONDUCTIVO**

##### **4.4.4.1.1 CONDICIONES DE SUMINISTRO**

Deben suministrarse en sus envases, en su caso en los sacos en los que se proporciona.

##### **4.4.4.1.2 RECEPCIÓN Y CONTROL**

- Se revisará que no hayan sufrido ningún tipo de desperfecto durante el transporte y que están todos los componentes incluidos.
- La identificación del fabricante o marca comercial.
- Las incompatibilidades de uso e instrucciones de aplicación.
- El sello de calidad, en su caso.
- Debe estar provisto del marcado CE, indicación que muestra que se cumplen los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de conformidad.
- 

##### **4.4.4.1.3 CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN**

- El almacenamiento se realizará en los sacos en los que viene y colocarlos en una zona de la nave protegidos de la humedad.
- Tiempo de almacenamiento un año para evitar su deterioro

##### **4.4.4.1.4 RECOMENDACIONES PARA USO EN OBRA**

- Se suelen aplicar a temperatura ambiente, no se podrá aplicarse con temperatura inferior a 5°C.



#### **4.4.5.1 CONDUCTORES**

##### **4.4.5.1.1 CONDICIONES DE SUMINISTRO**

Suministro en rollos

##### **4.4.5.1.2 RECEPCIÓN Y CONTROL**

- Documentación de los suministros
- Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

##### **4.4.5.1.3 CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN**

El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad.

#### **4.4.2 EQUIPOS SEGURIDAD Y SALUD**

La empresa contratista se encargará de suministrar a sus trabajadores los equipos de seguridad y salud para poder realizar la obra sin que puedan sufrir ningún tipo de daño.

#### **4.4.3 CONDICIONES MONTAJE**

##### **4.4.3.1 GENERALIDADES**

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen el cumplimiento de las exigencias del servicio, la durabilidad y las condiciones de salubridad y que faciliten el mantenimiento de la instalación.

En el caso de la instalación del transformador se tendrá en cuenta las especificaciones dadas por el fabricante.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación del laboratorio, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que sean de aplicación.



#### **4.4.3.1.1 TRAZADO Y CIERRE ZANJA**

Antes de comenzar se marcará en el pavimento la zona donde se abrirá la zanja, marcando tanto su anchura como su longitud.

Una vez realizada la puesta a tierra, esta se rellenará con cemento conductor.

Cuando el conductor sale del cemento y entra en el terreno se produce un efecto galvánico debido al cambio de resistividades de los medios, que puede llegar a oxidar el conductor razón por la cual el conductor irá aislado en ese punto.

#### **4.4.3.1.2 INSTALACIÓN PUESTA A TIERRA**

Una vez realizado la zanja se realizará una puesta a tierra en forma de malla. Esta seguirá las normas establecidas en la IEEE 80 considerando los requerimientos para subestaciones de subestaciones de alta y extra tensión  $V \geq 150kV$ .

El punto de puesta a tierra estará constituido por un mallazo de obra al que se le incorporarán cuatro picas en cada una de las esquinas de este, junto a un dispositivo de conexión que unirá los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra.

Las líneas principales de tierra serán conductores que unan los utillajes y el equipo de alta tensión con el punto de puesta a tierra.

#### **4.4.3.1.3 MONTAJE CERRAMIENTO**

Mediante la UNE-EN 50191 se indica que finalmente ha que realizar un cerramiento. Para ello utilizaremos una esquina de la nave para tener que usar solo dos verjas.

La ejecución del trabajo consistirá en la instalación de las verjas cuyas medidas se habrán determinado mediante la UNE-EN 50191 utilizando unas pletinas de sujeción en las paredes y en el suelo para mantener fijas las verjas. Y en el punto donde se unan las dos verjas se colocará un pilar para que sean más estables.

#### **4.4.3.1.4 MONTAJE UTILLAJES**

En los utillajes de los detectores de tensión, guantes aislantes y pértigas aislantes se mandarán construir a partir de las indicaciones que aparecen en sus planos correspondientes.

En el caso de los utillajes de las banquetas y alfombras aislantes solo habrá que seguir las indicaciones de cómo realizar el ensayo ya que solo se necesita colocar planchas metálicas entre ellas.



#### **4.4.3.1.5 INSTALACIÓN EQUIPOS**

Una vez montado el laboratorio hay que preparar la instalación de los equipos para poder realizar los diferentes ensayos.

Siguiendo las indicaciones del punto “Dimensiones Laboratorio” el equipo de alta tensión habrá que colocarlo en la zona prohibida, y los utillajes en la zona de ensayo. De esta forma se cumplen las distancias de seguridad dentro del cerramiento.

Una vez que ya han sido colocados los equipos solo falta la conexión de ellos. Tal y como viene en las indicaciones del equipo de alta tensión se conectará a una toma de tensión de 230V, los utillajes se conectarán al equipo de alta tensión, y utillajes – equipo alta tensión se pondrán a tierra.

#### **4.4.4 VERIFICACIONES LABORATORIO TERMINADO**

Una vez finalizada la obra del laboratorio de alta tensión se realizarán unos ensayos de prueba que consistirán en los mismos ensayos que se pretenden realizar, comprobando que los valores obtenidos son acordes a los indicados en las normativas de los equipos a revisar.

**Pamplona, Junio de 2014**

**Miguel Angel Andino Angulo**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

## 5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

Pamplona, 26-06-2014



## 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD:

### ÍNDICE:

<b>6.1 ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
6.1.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	1
<b>6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA .....</b>	<b>1</b>
6.2.1 AUTOR.....	1
6.2.2 OBLIGATORIEDAD DEL ESTUDIO .....	1
<b>6.3 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>6.4 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....</b>	<b>5</b>
<b>6.5 CONDICIONES DE SEGURIDAD.....</b>	<b>7</b>
6.5.1 FACTORES DE SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO .....	7
6.5.2 MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO.....	7
6.5.3 RIESGO ELÉCTRICO .....	8
6.5.4 RIESGO DE INCENDIO .....	8
6.5.5 ESPACIO DE TRABAJO .....	9
6.5.6 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN .....	9
6.5.6.1 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS .....	9
6.5.6.2 FORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD .....	10
<b>6.6 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO .....</b>	<b>11</b>
6.6.1 NORMAS GENERALES .....	11
6.6.2 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAIDAS .....	12
6.6.3 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES OCULARES.....	12
6.6.4 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CORTE.....	12
6.6.5 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ATRAPAMIENTO .....	12
6.6.6 PREVENCIÓN ACCIDENTES CON HERRAMIENTAS MANUALES	13
6.6.7 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES MÁQUINAS-HERRAMIENTAS ...	13
6.6.8 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS .....	13



## 6.1 ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

### 6.1.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

## 6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA:

### 6.2.1 AUTOR:

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero Miguel Angel Andino Angulo, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

### 6.2.2 OBLIGATORIEDAD DEL ESTUDIO

De acuerdo con el artículo 4.2 del R.D. de 1627/1997 al no cumplirse ninguno de los casos del artículo 4.1:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.





- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.



### 6.3 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN

De acuerdo con el artículo 6.2 del R.D. de 1627/1997 el estudio deberá precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. En su caso, tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del anexo II.

En este proyecto no se realizarán actividades específicas del anexo II y tampoco se contempla trabajos posteriores.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.



## 6.4 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

### Factores de riesgo:

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador. El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

- 1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente en el trabajo.
  - Lugar y superficie de trabajo.
  - Máquinas y equipos de trabajos.
  - Riesgos eléctricos.
  - Manipulación, transporte,...
- 2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificados por el proceso de producción.
  - Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
  - Iluminación.
  - Ruido.
  - Vibraciones.
  - Radiaciones (ionizantes o no)
- 3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:
  - Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma de aerosol, gas o vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.
  - Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente del trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.
- 4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.



- Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.
  - Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,...)
- 5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:
- Seguridad en el trabajo.
  - Higiene industrial.
  - Medicina del trabajo.
  - Psicosociología.
  - Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.



## 6.5 CONDICIONES DE SEGURIDAD

### 6.5.1 FACTORES DE SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...
- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección.
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación.
- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

### 6.5.2 MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:

- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados.
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.



### 6.5.3 RIESGO ELÉCTRICO

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.  
Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:

- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislarlas también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

### 6.5.4 RIESGO DE INCENDIO

Antes de iniciar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales, es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión de un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua.
- Cloacas.
- Conductas eléctricas para iluminación de vías públicas.
- Sistemas de semáforos.
- Canalizaciones de servicios de refrigeración.
- Canalizaciones de vapor.
- Canalizaciones para hidrocarburos.

Factores a tener en cuenta en la actuación contra el incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones.



- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...
- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

### 6.5.5 ESPACIO DE TRABAJO

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo .No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

### 6.5.6 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN

#### 6.5.6.1 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

- 1) **Medicina preventiva:** Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.
- 2) **Primeros auxilios:** Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

Como Centros Médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- Centro de Salud de Noáin 2.2 (Km)
- Hospital Virgen del Camino 8.6 (Km)



### 6.5.6.2 FORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad. El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.





## 6.6 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO

### 6.6.1 NORMAS GENERALES

- Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento.
- Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
- El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
- El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
- Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
- Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriaguez.
- No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
- En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
- Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
- En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de equipo de protección personal.



- No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones,..
- Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

### **6.6.2 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAÍDAS**

- Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
- Señalizar y/o tapar los huecos que supongan riesgos de caídas.
- Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas
- Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

### **6.6.3 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES OCULARES**

- Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

### **6.6.4 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CORTE**

- En la manipulación de tablonos deben emplearse toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.

### **6.6.5 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR ATRAPAMIENTO**

- Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.



### **6.6.6 PREVENCIÓN ACCIDENTES CON HERRAMIENTAS MANUALES**

-Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.

-Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.

-Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

### **6.6.7 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MÁQUINAS PORTÁTILES ELÉCTRICAS**

-Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones se han de realizar y su correcto empleo.

-Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.

-No se debe iniciar ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.

-En operaciones con máquinas herramientas, el operario debe llevar la ropa de trabajo (buzo) bien ajustado al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.

### **6.6.8 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS**

-Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.

-Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado.

-Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.

-Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.

-No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.

-Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.



-No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por otro nuevo.

-Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.

-Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto.

- Desconectar la corriente.
- Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
- Practicar la respiración artificial inmediatamente.
- Avisar al médico.

**Pamplona, Junio de 2014**

**Miguel Angel Andino Angulo**

14



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

## 6. PRESUPUESTO

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

Pamplona, 26-06-2014



## 5. PRESUPUESTO:

### ÍNDICE:

5.1 EQUIPO ALTA TENSIÓN .....	2
5.2 CONSTRUCCIÓN UTILLAJES .....	2
5.3 PLANCHAS METÁLICAS .....	2
5.4 EQUIPO MEDICIÓN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS .....	3
5.5 PUESTA A TIERRA .....	3
5.6 CERRAMIENTO .....	4
5.7 CARTELES DE PRECAUCIÓN .....	4
5.8 RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	5



### 5.1 EQUIPO ALTA TENSIÓN

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
1	Marca: BK- 130 Phenix Technologies, 130kV AC	1	9.905,00 €	9.905,00 €
			<b>Subtotal</b>	<b>9.905,00 €</b>

### 5.2 CONSTRUCCIÓN UTILLAJES

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
2	Construcción utillajes detectores de tensión, guantes y pértigas aislantes.	3	1.000,00 € (Precio subestimado )	3.000,00 €
			<b>Subtotal</b>	<b>3.000,00 €</b>

### 5.3 PLANCHAS METÁLICAS

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
3	Planchas de aluminio 6061 de 2mm grosor, realización ensayos banquetas y alfombras aislantes	2	94,88 €	189,76 €
			<b>Subtotal</b>	<b>189,76 €</b>



#### 5.4 EQUIPO MEDICIÓN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
4	<i>Equipo medida: Temperatura, Humedad y Presión atmosférica</i>	1	105,00 €	105,00€
			<b>Subtotal</b>	<b>105,00 €</b>

#### 5.5 EQUIPO MEDICIÓN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.1	Pica de tierra de 2m de longitud de alma de acero-cobre soldadura exotérmica CADWELD a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	4	12,35	49,40 €
5.2	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230	1	27,32	27,32 €
5.3	Cable de cobre desnudo de 50 mm de sección.	4	6,44	25,76 €
5.4	Mallazo obra 6(m) x 2(m), medidas cuadrados 200(mm) x 300(mm)	1	17,33	17,33 €
5.5	Kits de soldadura exotérmica.	1	800	800,00 €
5.6	Cemento conductor	43 sacos de 35kg	8	344,00 €
5.7	Grava y Arena	130 sacos de 35Kg	5	650,00 €
			<b>Subtotal</b>	<b>1913,81 €</b>



**5.6 CERRAMIENTO**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.1	Verja fortex, 2500mm largo por 1949mm altura, Cercados Gp.	4	29	116,00
5.2	Postes metálicos 50mm diámetro 1800mm altura, Cercados Gp.	7	4	28,00
			<b>Subtotal</b>	<b>144,00 €</b>

**5.7 CARTELES DE PRECAUCIÓN**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
7	Carteles de prevención	4	3,85	15,4 €
			<b>Subtotal</b>	<b>15,4 €</b>

**5.8 RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
1	EQUIPO ALTA TENSIÓN	9.905,00 €
2	CONSTRUCCIÓN UTILLAJES	3.000,00 €
3	PLANCHAS METÁLICAS	189,76 €
4	EQUIPO MEDICIÓN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	105,00 €
5	PUESTA A TIERRA	1.913,81 €
6	CERRAMIENTO	144,00 €
7	CARTELES DE PRECAUCIÓN	15,4 €
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>15.272,97 €</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	763,65 €
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	1.527,3 €
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>17.563,92 €</b>
	IVA (21%)	3.688,42 €
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>21.252,34 €</b>
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	850,09 €
	DIRECCIÓN DE LA OBRA (4%)	850,09 €
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>22.952,53 €</b>

**El total del presente presupuesto asciende a la cantidad de “VEINTIDOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS”**

**PETICIONARIO Ingeniero Técnico**

**Miguel Angel Andino Angulo**

En Pamplona a.....veintiséis de.....Junio del..... 2014



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
ALTA TENSIÓN”

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Miguel Angel Andino Angulo

Tutor: Vicente Senosiáin Miqueléz

Pamplona, 26-06-2014



## 1. -0BIBLIOGRAFÍA:

### ÍNDICE:

<b>7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS .....</b>	<b>2</b>
<b>7.2 PÁGINAS WEB DE EMPRESAS .....</b>	<b>2</b>
7.2.1 DIRECCIONES WEB DE EMPRESAS CONSULTADAS.....	2
7.2.2 OTRAS DIRECCIONES WEB DE INTERÉS .....	3



## 7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS:

Para la realización del proyecto se han debido de consultar, los reglamentos, normativas y libros que a continuación se exponen:

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección de leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Guía Técnica Riesgo Eléctrico Real Decreto 614/2001
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación:
  - Detectores tensión: UNE-EN 61243-1 y UNE-EN 61243-1:2006/A1
  - Guantes de material aislante: UNE-EN 60903
  - Pértigas aislantes: UNE 204003, UNE-EN 61235 Y UNE-EN 60855
  - Banquetas aislantes: UNE 204001
  - Alfombras eléctricas aislantes: UNE-EN 61111
  - Montaje laboratorio: UNE-EN 50091
- IEEE Std 80-2000 “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding” para el cálculo de la puesta a tierra.

## 7.2.1 DIRECCIONES WEB DE EMPRESAS CONSULTADAS:

- **PHENIX TECHNOLOGIES:** *Equipo Alta Tensión*

<http://www.phenixtech.com/>



- **PRESEL:** *Catálogo*  
<http://www.presel.com/>
  
- **CATU:** *Catálogo.*  
<http://www.catuelec.com/>
  
- **SOFAMEL:** *Catálogo*  
<http://sofamel.es/es>
  
- **TRANLUZ:** *Catálogo.*  
<http://www.tranluz.com/catalogo/>

#### 7.2.2 OTRAS DIRECCIONES WEB DE INTERÉS:

- **ENAC:** *Entidad Nacional de Acreditación*  
<http://www.enac.es/>

**Pamplona, Junio de 2014**

**Miguel Angel Andino Angulo**