



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



IFIC - INSTITUTO DE FÍSICA  
CORPUSCULAR



IFIC/10-02

# GUÍA TÉCNICA

DE RECOMENDACIONES PARA EL TRABAJO CON

# ALTO VOLTAJE EN EL IFIC

J. Bernabeu

Unidad Técnica de Electrónica  
IFIC – Instituto de Física Corpuscular, Centro Mixto Universidad de Valencia y CSIC  
Apdo. 22085 E-46071 Valencia

Enero de 2010

Dirección Entrega:  
Edificio Institutos de Investigación.  
Polígono de la Coma s/n  
E-46980 Paterna (València). España.  
Tel. +34 96 354 34 73  
Fax: +34 96 354 34 88

Dirección Postal:  
Edificio Institutos de Investigación.  
Apartado de correos 22085  
E-46071 València. España.  
Tel. +34 96 354 34 73  
Fax: +34 96 354 34 88



IFIC/10-02

# **GUÍA TÉCNICA**

## **DE RECOMENDACIONES PARA EL TRABAJO CON**

# **ALTO VOLTAJE EN EL IFIC**

J. Bernabeu

Unidad Técnica de Electrónica  
IFIC – Instituto de Física Corpuscular, Centro Mixto Universidad de Valencia y CSIC  
Apdo. 22085 E-46071 Valencia

Enero de 2010

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUCCIÓN .....                        | 3  |
| 2 EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD.....           | 4  |
| 3 RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN ..... | 5  |
| 3.1 Tierra.....                             | 5  |
| 3.2 Área de Alto Voltaje .....              | 5  |
| 4 RECOMENDACIONES DE TRABAJO.....           | 8  |
| 5 REFERENCIAS y más información.....        | 10 |

## 1 INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>

Algunos proyectos de investigación del IFIC requieren operar detectores de partículas o su electrónica asociada con alto voltaje. No existiendo una normativa específica para el trabajo con alto voltaje en laboratorios ni en la Universitat de València ni en el CSIC (a fecha de publicación de este documento), es de aplicación la normativa legal española sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas [1, 2, 3]. Más concretamente, la normativa sobre seguridad frente al riesgo eléctrico [4] y su guía técnica [5] especifican las normas de protección y seguridad incluyendo el alto voltaje.

El espíritu de estas normas está basado en otros campos de aplicación y no concretamente en sistemas electrónicos de laboratorio, por lo que resulta dificultoso extraer las normas a seguir. El presente documento intenta establecer una serie de recomendaciones basándose en la normativa legal española y en la normativa específica existente en laboratorios con aplicaciones similares (referencias [6] a [15]).

La instalación de cualquier sistema electrónico con alto voltaje que pudiera establecer un riesgo material o personal deberá ser comunicada y aprobada por los servicios de prevención de riesgos laborales de la Universitat y del CSIC. Sin existir obligación, si la envergadura de la instalación y sus potenciales peligros son elevados, se recomienda la supervisión, adecuación y certificación de la instalación por un Organismo de Control Autorizado (OCA) [16].

La Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) y la normativa española establecen como **alta tensión** aquellos circuitos con más de **1000V de corriente alterna o 1500V de corriente continua**.

---

<sup>1</sup> Este documento de recomendaciones tiene carácter meramente informativo. Se ha elaborado por la Unidad Técnica de Electrónica a petición de la Dirección del IFIC.

## 2 EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD

Los posibles efectos y lesiones de la electricidad sobre el organismo pueden ser consultados en diversas fuentes [17 a 23]. Cabe mencionar los siguientes puntos:

- En general, es la corriente eléctrica la causante de lesiones corporales. La tabla 1 muestra los efectos sobre el organismo en función de la intensidad. En el momento de la adquisición de una fuente de alto voltaje de laboratorio, es conveniente elegir el modelo que cumpliendo las especificaciones necesarias, tenga la menor corriente máxima.
- La corriente alterna es más peligrosa que la continua. El bloqueo del músculo se produce en la variación de corriente, en la continua sólo aparece este efecto en el contacto inicial y es más fácil desconectarse del circuito.
- Incluso en sistemas con fuentes de alto voltaje de laboratorio cuya corriente máxima esté por debajo del umbral de percepción, el sistema puede tener elementos capacitivos que almacenen energía y en el momento de una descarga suministrar corrientes mayores. Es decir, **un sistema electrónico no es seguro simplemente por tener una fuente que suministra baja corriente.**
- **Un fenómeno añadido de la alta tensión es el arco eléctrico. Es el caso más frecuente de lesiones en alta tensión. La energía liberada se transforma en calor en el arco eléctrico y provoca quemaduras profundas y de gran extensión. Además, puede ocurrir que el calor del arco eléctrico prenda fuego a las prendas de vestir.**

| INTENSIDAD (mA) |       |        |       | EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO   |
|-----------------|-------|--------|-------|--|
| C.C.            |       | C.A.   |       |  |
| HOMBRE          | MUJER | HOMBRE | MUJER |  |
| 1               | 0.6   | 0.4    | 0.3   | Ninguna sensación  |
| 5.2             | 3.5   | 1.1    | 0.7   | Umbral de percepción   |
| 76              | 51    | 16     | 10.5  | Umbral de intensidad límite  |
| 90              | 60    | 23     | 15    | Choque doloroso y grave (contracción muscular y dificultad respiratoria)           |
| 200             | 170   | 50     | 35    | Principio de fibrilación ventricular   |
| 500             | 500   | 100    | 100   | Fibrilación ventricular posible en choques largos: ~3 segundos                     |
| 1300            | 1300  | 1000   | 1000  | Fibrilación ventricular posible en choques cortos: corta duración (<0.03 segundos) |

Tabla 1. Efectos de la intensidad sobre el organismo

## 3 RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN

### 3.1 Tierra

- Cualquier equipo de alto voltaje que requiera una toma de tierra, ésta deberá tener una conexión que necesite asistencia con herramienta mecánica. Es decir, no debe poder ser desconectada manualmente. Además ha de ser una conexión “vista”, el cable de tierra no debe de tener aislamiento (o aislamiento transparente), identificado y señalado.
- Las salidas de los equipos de alto voltaje deben ser puestas a tierra cuando no estén en uso.
- Cualquier equipo o parte del sistema electrónico debe tener todo metal expuesto puesto a tierra. Los sistemas en los que algún metal expuesto forme parte del circuito deben ser una excepción y deberán seguir las recomendaciones de distancia de seguridad del apartado siguiente.
- No es recomendable el uso de resistencias en las puestas a tierra. Una sobreintensidad puede fundirlas y sin que haya conocimiento de ello la instalación puede quedarse flotante con el consiguiente peligro.

### 3.2 Área de Alto Voltaje

Son aquellas partes del sistema en los cuales los voltajes pueden exceder 1000V en A.C. o 1500V en D.C., según la legislación española.

- Las áreas de alto voltaje deben estar separadas del resto del laboratorio por medio de una valla. Esta condición es imperativa en caso de tener partes metálicas activas expuestas, y recomendable en el caso contrario. Preferentemente por una valla metálica mallada, en este caso deberá estar conectada a tierra y con aperturas menores de 60mm en la dimensión máxima. La malla permite contacto visual desde el exterior del equipamiento, siendo un factor de seguridad al identificar la peligrosidad del mismo. La dimensión máxima de las aperturas impide el acceso desde el exterior (una mano).
- Otra posibilidad es un vallado con paneles sólidos, éstos deberán tener una certificación aislante acorde al voltaje en uso.
- Para sistemas temporales, la valla se puede sustituir por cadenas y carteles de señalización de peligro por alta tensión.



Figura 1. Vallado metálico del área de alto voltaje

- Las dimensiones del vallado serán de 2m de alto para evitar acceso por la parte superior (brazo) y a una distancia de los elementos activos dependiendo del voltaje máximo de trabajo. La normativa española indica:

|                          |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>V(kV)</b>             | <1 | 3  | 6  | 10 | 15 | 20 | 30 | 45 | 66  | 110 | 132 | 220 | 380 |
| <b>D<sub>1</sub>(cm)</b> | 50 | 62 | 62 | 65 | 66 | 72 | 82 | 98 | 120 | 160 | 180 | 260 | 390 |
| <b>D<sub>2</sub>(cm)</b> | 50 | 52 | 53 | 55 | 57 | 60 | 66 | 73 | 85  | 100 | 110 | 160 | 250 |

Tabla 2. Distancias de peligro.

D<sub>1</sub> es la distancia cuando existe riesgo de sobretensión por rayo (partes activas expuestas).

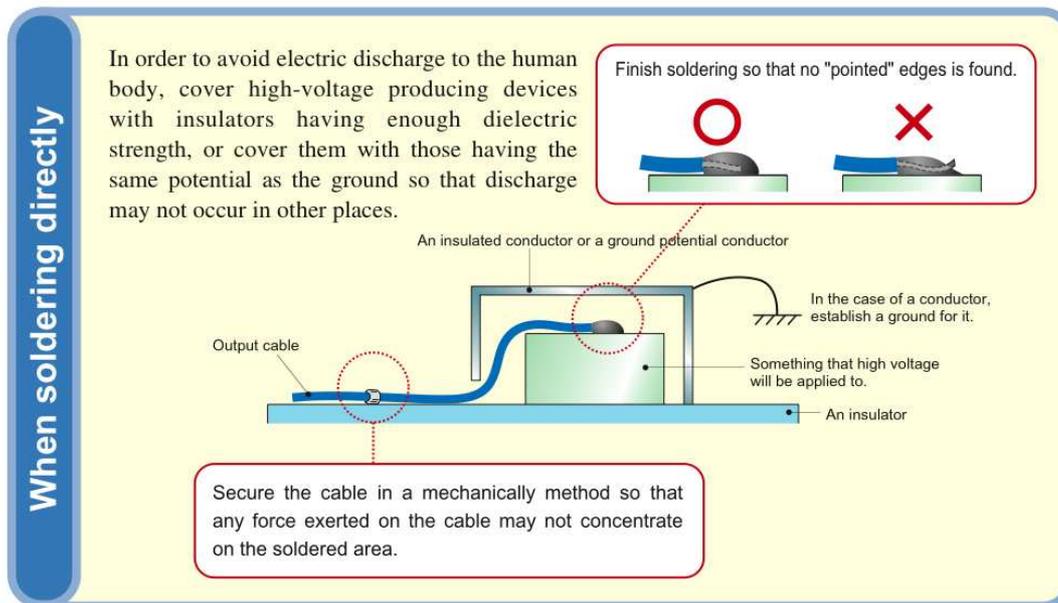
D<sub>2</sub> es la distancia cuando no existe riesgo de sobretensión por rayo (partes activas no expuestas).

- La puerta de acceso debe tener llave de acceso, aunque fácil de abrir desde el interior en una emergencia. La puerta debe estar provista de un sistema de *interlock*, por el cual la apertura de la puerta actúa sobre unos conmutadores que desconectan la energía de las fuentes de alto voltaje.
- Se deben incluir botones de emergencia, internos y externos al mallado que tengan el mismo efecto que los conmutadores de la puerta. Deben actuar únicamente sobre las áreas que deben proteger. Deben situarse en sitios visibles y accesibles, en la entrada debe haber uno. Deben ser de color rojo, y marcados con etiquetas de la zona que protegen. Deben ser de tipo enclavado, sólo se pueden restablecer con un acto deliberado. Si el botón de emergencia es activado durante un corte de electricidad, la condición de corte persistirá cuando vuelva la electricidad.
- En la puerta de entrada debe existir un panel con el nombre del responsable del área, los nombres de las personas autorizadas a entrar en el área, el protocolo de entrada y el de salida en caso de emergencia.
- Una parte importante en cuanto a seguridad es la información de la instalación al resto de trabajadores en el IFIC. Es conveniente adecuar un cartel a la entrada del laboratorio en fondo amarillo y letras negras advirtiendo que el interior contiene una instalación de alto voltaje. De la misma forma, el área de alto voltaje debe estar claramente indicada con carteles o cintas visibles desde el exterior. Esta medida evita la presencia de personas ajenas no formadas en el manejo de alto voltaje, o personas con alguna sensibilidad especial al riesgo eléctrico.

- El área de alto voltaje debe estar marcada con paneles de peligro, letras en negro y fondo amarillo. Se debe incluir la señal de peligro de riesgo eléctrico, triángulo amarillo con un rayo negro:



- Se recomienda la instalación de una luz con aviso de alta tensión que esté encendida cuando el sistema active la alta tensión. En ninguna circunstancia la luz debe estar encendida cuando no hay peligro. El encendido puede ser automático o manual.
- Cualquier cable, conector u otro elemento del sistema deberá estar certificado para la tensión de trabajo. Si hay necesidad de realizar una soldadura directa del alto voltaje, se deberá cubrir con un dieléctrico con un espesor que garantice la ausencia de arco, evitando que quede en la soldadura una punta conductora. Una solución alternativa es cubrir con un metal puesto a tierra para evitar el contacto directo, según se muestra en la figura:



- El Real Decreto 1215/1997 [24] establece: “Todo equipo de trabajo deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía”.

## 4 RECOMENDACIONES DE TRABAJO

- El Real Decreto 614/2001 establece: Salvo excepciones “todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico, deberá efectuarse sin tensión”.
- Según RD 614/2001, cada sistema de alto voltaje debe tener un responsable (“jefe de trabajo”), claramente indicado. Para el trabajo con sistemas de alta tensión el personal debe ser cualificado y autorizado por el responsable. Idealmente, la autorización es por escrito y renovable cada año.
- La ley diferencia “trabajos en tensión” y “trabajos sin tensión”. Para los equipos de laboratorio del IFIC, la recomendación es limitarlo exclusivamente a “trabajos sin tensión”. La definición de trabajo aquí es la instalación, modificación o intervención de un trabajador sobre el sistema. No se entiende como trabajo el control remoto del sistema de laboratorio para la toma de datos, donde evidentemente la tensión es necesaria.
- Aunque no haya en todo el sistema metal activo expuesto, puede haber alguna deficiencia: aislamiento de un cable, cortocircuito a otro metal como un conector, etc. Por ello, la recomendación es que para cualquier intervención todo esté apagado.
- Se recomienda seguir los pasos indicados en la normativa para la supresión de la tensión antes de cualquier trabajo. Estos cinco pasos son conocidos como “las cinco reglas de oro”:
  - **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, suficiente 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”.
  - **Prevenir cualquier posible realimentación:** “Los dispositivos de maniobra utilizados para desconectar la instalación deben asegurarse contra cualquier posible reconexión, preferentemente por bloqueo” y deberá colocarse una señalización.



- **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”.

- **Poner a tierra y en cortocircuito:** obligado en instalaciones de alta tensión. Se debe conectar antes a tierra y después a la instalación. La conexión de puesta a tierra debe ser visible desde la zona de trabajo y lo más cercana posible. Para los sistemas típicos de laboratorio, se recomienda que una vez el sistema esté completamente apagado, desconectar los cables de las fuentes de alta tensión y cortocircuitar a tierra su salida.
- **Proteger frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.** La recomendación en el IFIC es que para cualquier trabajo se apague todo el sistema, por lo que no habrá elementos próximos en tensión.
- Después de la realización del trabajo, para restablecer la tensión al sistema se deberán seguir los mismos pasos en orden inverso.
- La normativa recomienda que cuando se hagan trabajos en sistemas de alta tensión se establezca un procedimiento escrito. Para el IFIC la recomendación es que se establezca un procedimiento escrito, que incluya las cinco reglas de oro, con la secuencia típica de acciones a desarrollar del sistema específico. Los pasos de este procedimiento deberán estar impresos y visibles en la instalación en varios ejemplares, de forma que el trabajador cualificado y autorizado use un ejemplar y, al seguir los pasos, los marque en el boletín del procedimiento.
- Como normal general, no se deberá trabajar en solitario. La presencia de otro trabajador puede ser vital en caso de emergencia. Hay que recordar que uno de los efectos de la electricidad es el bloqueo de músculos, impidiendo en ocasiones separarse de la parte activa.
- Intentar no tocar directamente ninguna parte del sistema. Existen en el mercado guantes de protección de alta tensión, herramientas aislantes, pantalla facial para la protección de proyecciones por arco eléctrico, gafas inactivas<sup>2</sup>, etc.
- La norma UNE-EN 60903/A11:1997 especifica los guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.

| Clase    | Tensión máxima | Color del símbolo |
|----------|----------------|-------------------|
| Clase 00 | 500V           | Beige             |
| Clase 0  | 1000V          | Rojo              |
| Clase 1  | 7500V          | Blanco            |
| Clase 2  | 17000V         | Amarillo          |
| Clase 3  | 26500V         | Verde             |
| Clase 4  | 36000V         | Naranja           |

**Tabla 3. Guantes y manoplas aislantes**

- En el caso excepcional de tener que tocar alguna parte del sistema, se deberá hacer antes con el dorso de la mano, si el músculo se contrae permitirá retirar la mano.

<sup>2</sup> Actinismo: acción química de las radiaciones electromagnéticas, en especial las luminosas.

- Llevar zapatos con suela aislante.
- La normativa hace especial hincapié en la formación de los trabajadores:
  - El artículo 18 de la Ley de Prevención de riesgos Laborales [25] establece la obligación de informar a los trabajadores de los riesgos existentes, medidas y actividades de prevención y protección y de las medidas de emergencia.
  - El artículo 19 establece la obligación de formar a los trabajadores.
  - Se deberá formar tanto a los trabajadores de la instalación en sí como a los que lo hagan en sus inmediaciones, con distinto grado de formación, cualificación y autorización.

## 5 REFERENCIAS y más información

- [1] *Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.* BOE de 19 de marzo de 2008.
- [2] *Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación.* BOE de 1 de diciembre de 1982.
- [3] *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.* Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. BOE de 18 de septiembre de 2002.
- [4] *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.* BOE de 21 de junio de 2001.
- [5] *Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico.* Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [6] *High Voltage Electrical Safety Program.* Environmental Health & Safety, University of California, Irvine, USA.
- [7] *HV Safety.* High Voltage Laboratory, University of Canterbury, New Zealand.
- [8] *High Voltage Safety Manual.* Colorado State University.
- [9] *Electrical Test Bays.* Safety Instruction IS26, CERN, Geneva, Switzerland.
- [10] *Voltage Domains according to IEC.* Safety Instruction IS33, CERN, Geneva, Switzerland.
- [11] *Regulations applicable to Electrical Installations.* Safety Instruction IS24, CERN, Geneva, Switzerland.
- [12] *Emergency Stops.* Safety Instruction IS5, CERN, Geneva, Switzerland.

- [13] *Décret N°88-1056 du novembre 1988*, publié dans le Journal Officiel du 24 de novembre de 1988 (Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques).
- [14] *Electrical Safety Code*. Safety Code C1, CERN, Geneva, Switzerland.
- [15] *How to use high-voltage power supply*. Matsusada Precision Inc., Japan.
- [16] ENAC, Entidad Nacional de Acreditación (<http://www.enac.es>).
- [17] *Dangers due to Electricity*. Safety Note NS30, CERN, Geneva, Switzerland.
- [18] *Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano*. Nota técnica de prevención NTP400. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [19] *Energía eléctrica: efectos sobre el organismo*. Servicio de prevención de riesgos laborales. Universidad Politécnica de Valencia.
- [20] *Lesiones por corriente eléctrica*. A.M. Garrido Calvo et al., Arch Cir Gen dig 2001. Hospital Clínico Universitario, Zaragoza, España.
- [21] *Los peligros de la electricidad*. Nestor Quadri.
- [22] *Lesiones por electricidad*. A. Rodríguez Ingles y M. Marchese. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [23] *Lesiones eléctricas*. F. Utili, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [24] *Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo*. BOE de 7 de agosto de 1997.
- [25] *Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995, de 8 de noviembre*. BOE fr 10 de noviembre de 1995.