



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

# Detección y prevención de la Lipoatrofia Semicircular en el entorno laboral

*Autor:*

**Dr. Ing. Cristina Rosselló Mestre. Estudiante del Máster de Física Médica en la UNED**

*Tutores:*

**Ing. Francisco José Sánchez Álvarez. Responsable de la Unidad de Prevención de Riesgos  
Laborales (Banco de España)**

**Prof. María del Mar Desco Menéndez (Dept. Física Matemática y de Fluidos UNED)**

## **1. Datos generales**

Tutora: Prof. María del Mar Desco

Co-tutor: Francisco José Sánchez Álvarez. Responsable de la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales

Filiación: Banco de España (Servicio de Prevención de Riesgos Laborales)

Alumna del Máster: C. Cristina Rosselló Mestre

Título: Detección y prevención de la Lipoatrofia Semicircular en el entorno laboral

Máster: Física Médica

Trabajo de fin de máster cuatrimestral (6 créditos ECTS)

Fecha de inicio: 14.02.2019

Fecha de fin: 28.06.2019

## 2. Resumen

La Lipoatrofia semicircular (LS) es una atrofia del tejido adiposo subcutáneo que se manifiesta en la aparición de una depresión semicircular principalmente en la zona anterolateral de los muslos, en una o ambas piernas, a una altura de unos 72-74 cm del suelo. Se diagnosticó por primera vez en 1974 pero fue en el conglomerado belga KBC en el que se realizó el estudio más largo (entre 1995 y 2010) y exhaustivo de la enfermedad. La incidencia en España fue en ascenso hasta llegar a su máximo en 2007, cuando en Barcelona se detectaron 620 casos a lo largo de 5 meses, dando lugar al desarrollo de protocolos de protección de riesgos en al menos tres comunidades autónomas (Cataluña, Madrid y País Vasco).

Las causas directas de este trastorno, que se ha relacionado con los denominados “síndromes de edificio enfermo” siguen siendo desconocidas pero los estudios estadísticos llevados a cabo sobre gran número de pacientes muestran correlación con factores externos como: campos electromagnéticos generados por equipos informáticos (ordenadores, impresoras, ...), bajo nivel de humedad, mobiliario de oficina con elevada capacidad de carga electrostática (triboelectrónica), con esquinas no romas, bajo poder disipativo que provocan descargas frecuentes entre mueble (normalmente esquina) y trabajador, además de factores ergonómicos (hábitos posturales, ropa ajustada).

El objetivo de este trabajo ha consistido en el ensayo de las propiedades de los materiales (tanto sobre separado como en el propio lugar de trabajo) utilizados en oficina y en la medida de las condiciones ambientales en oficina que supuestamente podrían dar lugar a la LS. Se han ensayado catorce materiales de suelos para averiguar su resistividad y su capacidad de adquisición de carga electrostática tras la fricción con otros materiales (mediante ensayos de triboelectricidad). Para la evaluación de las condiciones ambientales relacionadas con la LS se han realizado medidas de campos electromagnéticos en un despacho con todos los equipos informáticos en servicio.

Puesto que no se han definido umbrales (no hay normativa al respecto) máximos de los supuestos factores causantes para el caso de la LS, solo se ha podido realizar una clasificación cualitativa de los materiales. Por el lado de los campos electromagnéticos, los valores medidos se han comparado con los niveles de actuación de la directiva 2013/35/UE y se ha mostrado que en el despacho estudiado permanecen muy por debajo.

### Abstract

Lipoatrophia Semicircularis (LS) is a medical condition that consists of semi-circular ribs of atrophied subcutaneous adipose tissue, generally on the anterior face of one or both thighs (at 72-74 cm from floor with shoes). A series of cases were observed since it was first diagnosed in 1974 but the most well known study was carried out in the KBC group (Belgium) between 1995 and 2010. The incidence in Spain peaked in 2007 when, in Barcelona, 620 cases appeared during 5 months. This fact led to the development of risk protection protocols inserted in health regulations of at least three regions.

The causes of this disease, which has been linked to “ill buildings” remain unknown but the statistical studies carried out on a large number of patients have shown correlation with several external factors like: electromagnetic fields generated by computer equipment (pc, printers,...), low level of humidity, polarizable desktop materials with sharp edges (charge concentration), which tend to generate electric discharges between furniture (normally table border) and worker and ergonomic factors (postural habits, slim fit clothes).

The goal of this work has been the research on the material properties (both isolated and in service) and on office ambient conditions which supposedly could trigger the materialization of LS. Fourteen types of floor materials have been tested to measure their resistivity and their capability of acquiring electric charge after friction with other materials (triboelectric essays). Measurements of electromagnetic fields have been carried out in an office with connected appliances.

As there are no defined thresholds to assess the possibility of the occurrence of LS, only a qualitative classification could be achieved. The electromagnetic field measurements have been compared to the actuation levels established by the Guideline 2013/35/UE showing that current levels remain much below them.

### 3. Antecedentes

En 1974 se realizó el primer diagnóstico (tres casos) de la LS en Alemania por Gschwandtner y Munzberger [2]. Posteriormente (1981) se confirma la observación del mismo trastorno por dos dermatólogos del hospital St. Bartholomew de Londres (Karkavitsas y Milla). En el conglomerado financiero belga KBC [1] se realizó un extenso estudio (1995-2010, el más largo hasta el momento) de esta enfermedad porque tras el traslado de su sede a un edificio nuevo (“inteligente”) aparecieron numerosos casos (se detectaron unos **1.100**). Tan solo a los dos meses desde el traslado, se empezaron a diagnosticar los primeros casos y a los seis meses eran ya 137 (1995) los que mostraban los síntomas característicos. Posteriormente, en Francia se detectaron 160 casos en 1999. El estudio realizado por KBC marcó un hito en la historia de esta patología que después se repitió a menor escala en varios edificios de Barcelona (AGBAR 40 afectados, Caixa 138 afectados en todo el territorio nacional, Gas Natural y Servicio de Emergencias Médicas o SEM, 32 casos).

En 2007, las Consejerías de Salud, Trabajo de la Generalitat de Cataluña y la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB) elaboraron un estudio de control para esclarecer las causas de la enfermedad dada la aparición de **191** (llegaron a ser **244** casos) casos en la empresa Gas Natural (sede en Barcelona), que cerró durante 2 días al detectar 150 casos en marzo de 2008. Entre febrero y junio 2007 se detectaron **620** afectados en Barcelona (68% de los cuales en 3 centros de trabajo y 4 empresas).

Aunque la LS se ha asociado a las patologías causadas por los “Edificios enfermos”, algunos autores [6] consideran que no encaja en ese concepto ya que para estos trastornos son únicamente las condiciones ambientales del lugar de trabajo las que producen el perjuicio sobre la salud de los trabajadores.

La LS se ha observado en edificios inteligentes, y/o cerrados con climatización, sistemas de ventilación artificial, número elevado de ordenadores, fotocopiadoras, impresoras equipados con materiales sintéticos, suelos aislantes con moquetas, recubrimientos plásticos o metálicos, mesas con estructuras metálicas y zonas de cableado, mobiliario con elementos metálicos que hacen de conductores. De hecho, las medidas tomadas por Gas Natural para eliminar la aparición de nuevos casos de LS en su nueva sede, consistieron en incrementar el número de tomas eléctricas de tierra e instalar humidificadores.

La definición de la LS como patología es “Atrofia del tejido adiposo subcutáneo. Lesión benigna, indolora y reversible. Desorden del tejido adiposo caracterizado por la pérdida de tejido graso en una zona localizada del cuerpo [5].”

Las lipoatrofias se clasifican en: total, parcial, localizada **semicircular** (LS), anular (extremidades superiores e inferiores, unilateral), centrífuga y panatrofia de Gowers (preadolescentes). Todas ellas salvo la localizada semicircular están asociadas con otras patologías. Podría tratarse de una reabsorción de los adipocitos subdérmicos por los macrófagos que producen citocinas.

La LS se muestra como una depresión del tejido cutáneo principalmente en la zona anterolateral de los muslos (véase figura 1) en una o ambas piernas a una altura de unos 72-74 cm del suelo (medida con calzado). La profundidad se sitúa entre 0,1 y 0,5 cm, longitud de 5-20cm, anchura 1-4cm. No existe alteración de piel ni de tejido muscular [2].

No hay de momento pruebas científicas de que cause mayor riesgo de cáncer, trastornos autoinmunes u otros trastornos metabólicos. La incidencia es distinta según el sexo (84% mujeres 16% varones casos KBC[1], otros [2] 95% mujeres). Sin embargo, en presencia de LS, se han observado otros síntomas como cefaleas, irritabilidad, sequedad de garganta, tos, prurito cutáneo, fatiga y sensación de pesadez en las piernas.

En cuanto al diagnóstico, el síntoma se observa a simple vista y en ecografía aunque la ecografía no aporta información adicional. No existe tratamiento médico específico ya que no se considera necesario. Adoptando cambios (mobiliario, suelo, instalaciones) y hábitos ergonómicos saludables en el puesto de trabajo desaparece a los 2-3 meses pero, en ocasiones, su desaparición total puede demorarse hasta 6 meses. En los casos observados de bajas prolongadas (maternidad) o de jubilación, al año de dejar el trabajo, la LS ha desaparecido en el 85% de los afectados.

Hasta ahora el único factor que está directamente correlacionado con las causas de la LS son las **descargas**

**eléctricas** que se producen por la acumulación de carga electrostática entre mobiliario y receptor (principalmente por contacto con el borde del tablero de la mesa de trabajo pero también con la silla, las cajoneras si hubiera). En muchos de los casos detectados (KBC por ejemplo), se observó que el grado de humedad ambiental estaba por debajo del 40%. El bajo grado de humedad desfavorece la disipación de las cargas, con lo que sería consistente con las causas de la enfermedad.

Varios autores [2] diagnostican la LS debido a la presión repetida contra un objeto (mesa, silla) o por la ropa apretada. Sentarse en los dos tercios externos de las sillas, regularlas en una posición más elevada de lo normal, tener una postura sentada más estática y no hacer uso de reposabrazos ni de respaldo lumbar serían hábitos que podrían incrementar las probabilidades de sufrir el trastorno al hacer más frecuentes los microtraumatismos por presión constante del mobiliario sobre la zona afectada del cuerpo (muslo-mesa). Se mencionan como medidas de prevención de “higiene personal” ante la corriente electrostática: utilizar calzado con suela de cuero (no goma), evitar tejidos sintéticos, no apoyar los pies en las patas de la silla, no apoyar los muslos en el borde de la mesa y procurar una buena hidratación personal.



Figura 1: Aspecto de la depresión anterolateral en muslo causada por la LS (fuente [4]).

Asimismo, se ha observado que influye la proximidad del trabajador a la fuente o fuentes de campos electromagnéticos en la aparición de la LS. Los campos magnéticos y eléctricos presentes en lugares de trabajo donde se desarrollan tareas administrativas provienen principalmente de la red de alimentación de los aparatos (50Hz) y de las redes inalámbricas de datos (WIFI). En [8] se dice que los campos magnéticos de baja frecuencia generados básicamente por equipos informáticos podrían actuar como cofactor en el desarrollo de la LS. Este efecto sería el resultado de la perturbación por dichos campos del proceso de diferenciación en el tejido adiposo, que justamente es el responsable de la reparación de los microtraumas causados por la fricción. En el estudio realizado [8] por A. Úbeda Maeso et al. en el Hospital Ramón y Cajal, se ha demostrado que un campo magnético de 100  $\mu$ T a 50Hz es capaz de afectar al proceso de diferenciación de adipocitos.

Se ha detectado mayor incidencia de la LS cuando la humedad es inferior al 50% (mayor carga electrostática en superficies de trabajo con menor grado de humedad). De hecho, la mayoría de casos han aparecido en edificios cerrados sin ventilación natural (mayor incidencia en edificios modernos, denominados “inteligentes”). El valor del 40%, indicado en algunos estudios como umbral significativo para dar lugar a la LS, sin embargo, estaría aceptado como condición normal por la normativa española (RD 486/1997 de Lugares de trabajo AIII, “la humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será del 50%”). Como ya se ha dicho más arriba, la baja humedad relativa (<50%) disminuye la conductividad superficial de los materiales por lo que no

favorece la disipación de cargas (mayor acumulación)<sup>1</sup>.

Vista la incidencia de las descargas entre los factores causantes, la mayor acumulación de carga electrostática sobre la superficie del mobiliario [6], que se genera por el rozamiento de diferentes materiales con diferente polaridad, esto es con diferente propensión a ceder o ganar electrones, será una de las propiedades objeto de este estudio. La disipación de la carga depende de la conductividad del material cargado y de su camino de conexión a tierra. De hecho, el informe de las Consellerías catalanas y ASPB (2007) cita la mayor carga electrostática del mobiliario cuando se dispone de tableros de mesa delgados y acabados en punta. Supuestamente, los macrófagos, activados por las descargas, acudirían a la zona donde se producen y segregarían citoquinas, dañando los adipocitos y modificando la estructura del tejido adiposo.

La influencia del pavimento en la generación de LS también se considera en algunos estudios ya que los suelos aislantes pueden presentar elevadas cargas estáticas tras friccionar con las ruedas de la silla. Sobre algunos suelos o materiales de mesas (tablero) es posible disminuir esta propiedad mediante la limpieza con detergente antiestático. Suele ser una alternativa más económica que la sustitución del suelo y/o de la mesa.

En la figura 2 se dispone un esquema con los factores antes mencionados.

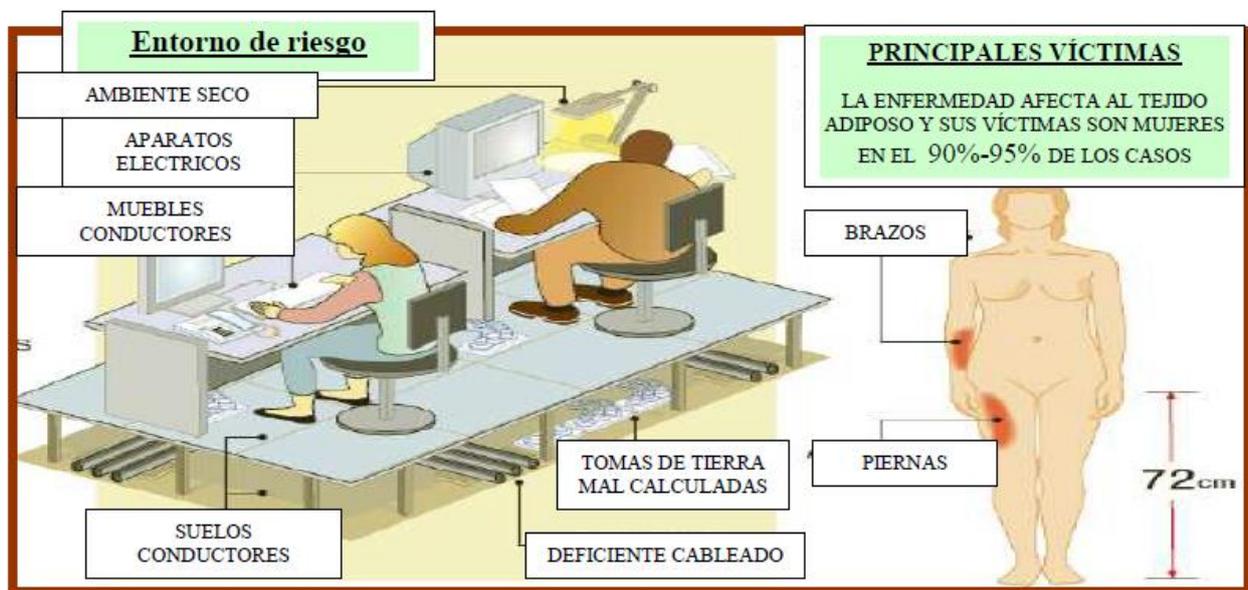


Figura 2: Entorno de riesgo (fuente [11])

Ante la aparición de los casos en España (principalmente en Barcelona) se desarrollaron varios protocolos de detección y prevención de las administraciones de comunidades autónomas. En julio de 2007 la Generalitat de Cataluña reconoce la LS como **accidente laboral** sin derecho a baja ni a indemnización económica (puesto que se trata de una dolencia “leve y reversible”). Se publica un protocolo que contempla medidas y recomendaciones preventivas, obliga a las empresas a:

1. Notificar a la autoridad laboral y sanitaria la presencia de nuevos afectados, en un plazo máximo de **24 horas** cuando se trate de más de **4 casos**.
2. Investigar las causas que han contribuido a provocar esta lesión
3. Tomar las medidas necesarias

OSALAN (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales), Organismo Autónomo del Gobierno Vasco, desarrolló también un cuestionario [3 y anexo 1] para la detección e información de la LS por los servicios de prevención de las empresas. Consta de dos partes: una de información clínica (debe rellenarlo el médico del servicio de prevención que haya diagnosticado el caso) y otra de características técnicas de las condiciones de

<sup>1</sup> En el apartado de ensayos, se verá que siempre se ha medido la humedad y la temperatura durante la realización de ensayos de resistividad superficial y de triboelectricidad.

trabajo. Esta segunda parte, será la que se desarrolle en este trabajo, y debe cumplimentarla el área técnica del servicio de prevención. Los aspectos que se informan son: la descripción del puesto de trabajo con especial incidencia en el tipo de mobiliario y suelo, además de cuestiones ergonómicas como el contacto o presión continuada sobre superficies.

El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (Consejería de Empleo y Mujer) de la Comunidad de Madrid publicó un protocolo de actuación [4] para explicar las principales características del síndrome de LS y establecer las medidas y recomendaciones preventivas.

Por otro lado, la Generalitat de Cataluña ([7 y anexos 2 y 3] Dpto. de Salud y de Trabajo) desarrolló a raíz de los casos mencionados aparecidos en 2007 un protocolo de actuación para los servicios de prevención de empresas que especificaba la actividad tanto para médicos del trabajo como para los profesionales de los servicios técnicos de prevención.

#### 4. Hipótesis de trabajo y objetivos

Los objetivos de trabajo han sido

1. Elaborar una evaluación de las condiciones de trabajo (en un despacho seleccionado) para detectar si se dan los potenciales factores causantes de la enfermedad
2. Buscar/investigar las posibles soluciones (materiales para suelos, aplicación de detergente antiestático) evaluando los parámetros no solo técnicos sino económicos para su implantación.

Para ello, ha servido de base el protocolo de la C. Madrid [4], donde figuran las siguientes medidas preventivas aplicables a los lugares de trabajo:

1. Realizar estudios de la **calidad del aire** y de las **condiciones higrométricas**
2. Evaluar los valores de **humedad relativa**
3. Comprobar la **conductividad de la superficie** de trabajo, seleccionando mesas fabricadas con materiales poco conductores
4. Considerar la sustitución de **moquetas y suelos plásticos** por otros suelos
5. Conectar y reforzar las **masas a tierra** de estructuras metálicas de mesas (si las tuvieran)
6. Evitar el estatismo. Formar a los trabajadores sobre posturas correctas y sobre la adaptación de las sillas a sus características individuales y personales.
7. Evitar que el mobiliario comprima zonas concretas del cuerpo. Utilizar muebles ergonómicos (espacio suficiente para las piernas evitando el contacto con bordes de la mesa) con bordes redondeados. Evitar ropa compresiva.

En este trabajo se han revisado los aspectos citados en los puntos 1 a 5 pero no en los 6 y 7 ya que estos abarcan aspectos que van más allá del objetivo realizable en plazo (cuatro meses). Su estudio está relacionado con la formación del personal para la prevención de riesgos laborales más que con las propias condiciones del entorno de trabajo. Sin embargo, se han realizado pruebas de resistividad superficial y triboelectricidad sobre otros materiales (muestras no puestas en servicio sí utilizadas pero en otros entornos no evaluados), para considerarlos como alternativas posibles en caso de detectar exceso de carga sobre el despacho examinado. Por otro lado, sí se han realizado medidas de campo electromagnético, no previstas en el protocolo, en el puesto de trabajo y en un centro de transformación (comparándolas con los niveles de actuación que establece la directiva 2013/35/UE).

En los antecedentes se ha mencionado la importancia de la acumulación de carga electrostática para la LS. Se produce por el rozamiento de distintos materiales con diferente propensión a ceder o ganar electrones que se expresa de forma esquemática en la **escala triboeléctrica** (véase Anexo 4). Frotando dos materiales de la escala, cuanto más distanciados estén (con signo opuesto), mayor será la carga acumulada en cada uno de ellos tras el frotamiento. Las escalas son orientativas y dependen del estado de las superficies. A fin de poder evaluar la capacidad de carga (y consecuentemente de descarga) por efecto triboeléctrico, se han realizado ensayos sobre materiales para suelos y sobre el mobiliario del despacho de trabajo teniendo en cuenta el grado de humedad relativa (se ha medido la humedad y la temperatura durante la realización de todos los ensayos). Los materiales para fricción que se han utilizado son los más habituales en el trabajo administrativo (acetato, papel,

piel).

#### 4. Metodología

Se han realizado ensayos de resistividad superficial y de triboelectricidad sobre 14 tipos (combinaciones de madera+acabado, linóleos y suelos técnicos) de suelos. Se presentan en la siguiente tabla y a continuación en las fotos de la figura 3.

	Base	Acabado superficial	Descripción
1	Haya	natural	
2	Haya	B1	Barniz al agua brillante incoloro con resina de poliuretano
3	Haya	B2	Aceite modificado de alta resistencia (TIMBEREX)
4	Haya	B3	Barniz sintético satinado incoloro con poliuretano (130 PROCOBAR)
5	Roble	natural	
6	Roble	B1	Barniz al agua brillante incoloro con resina de poliuretano
7	Roble	B2	Aceite modificado de alta resistencia (TIMBEREX)
8	Roble	B3	Barniz sintético satinado incoloro con poliuretano (130 PROCOBAR)
9	Flint natural		Pavimento laminado (Ref. 010206) compuesto de madera de roble con capa superior protectora
10	5379		Suelos vinílicos autoportantes de PVC puro 100% en formato loseta. Roble ceniza.
11	Linóleo 1		Suelo vinílico enrollable
12	Linóleo 2		Suelo vinílico enrollable
13	Suelo técnico 1		Suelo formado por varias capas de material sintético (PVC y PVC reforzado con fibra de vidrio)
14	Suelo técnico 2		No se dispone de catálogo. Suponemos similar al ST1.



Figura 3.1: Muestras de suelos de haya y de roble con los cuatro acabados

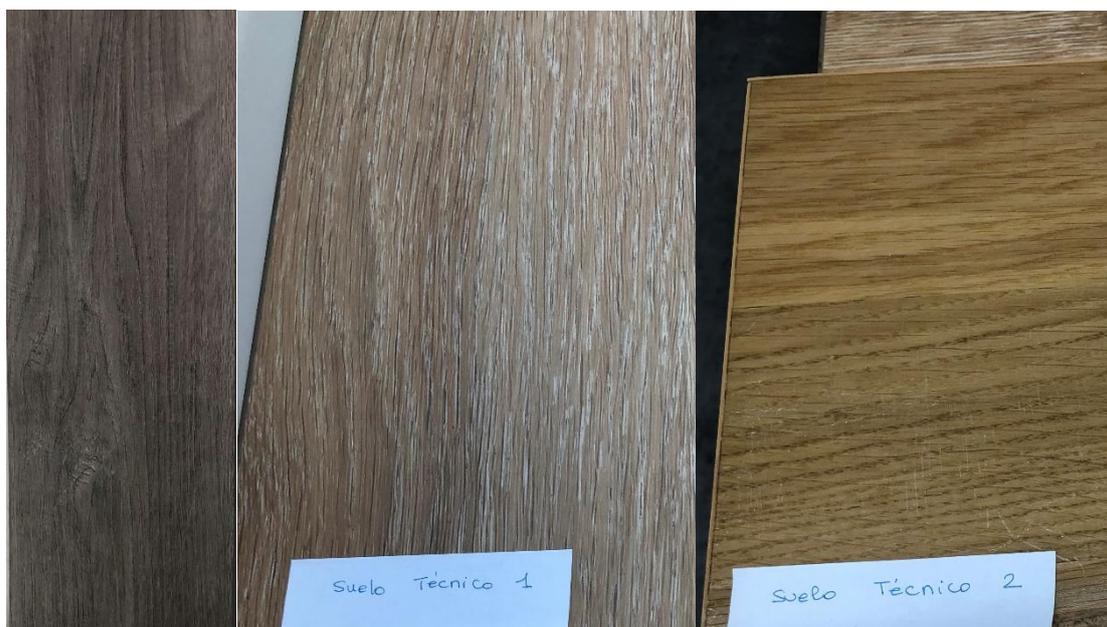


Figura 3.2: Muestras de suelos (De izq a dcha) 5379 (gris), ST1 y ST2.

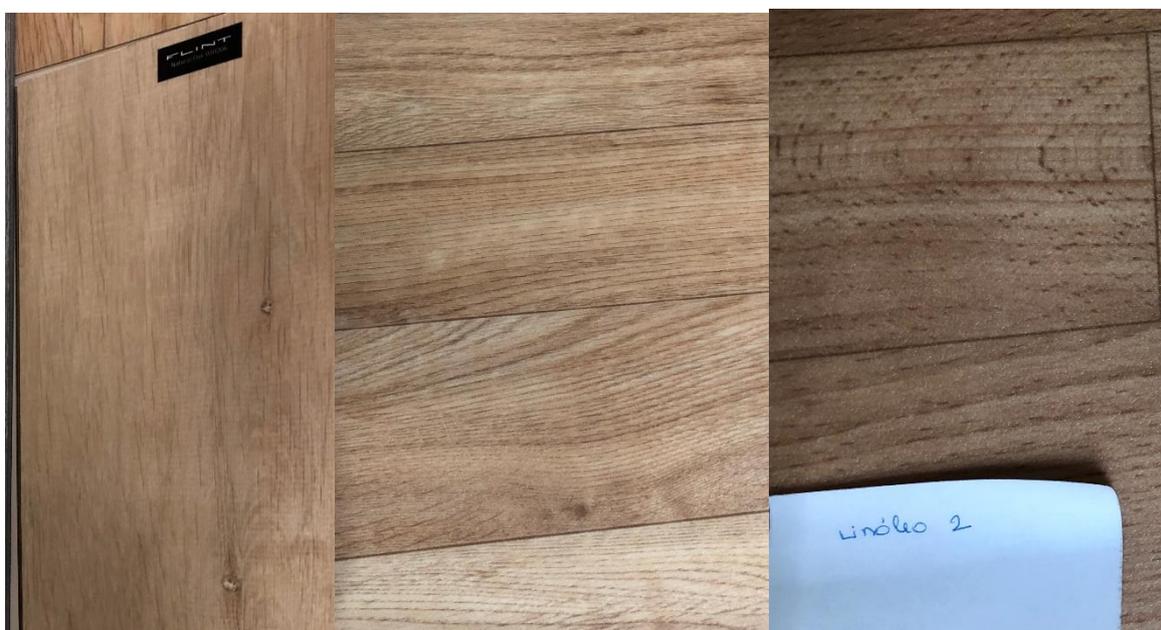


Figura 3.3: Muestras de suelos (De izq a dcha) Flint natural, Linóleo 1 y Linóleo 2.

Las descripciones detalladas de cada uno de los materiales con sus tratamientos se disponen en el anexo 5.

A continuación se realiza una breve descripción de los aparatos de medida. Hay que tener en cuenta que la instrumentación utilizada está diseñada para poder realizar mediciones en distintas instalaciones de trabajo, y por tanto no es tan precisa como la utilizada en laboratorio, que permite realizar ensayos normalizados. A cambio presenta las cualidades necesarias para poder cumplir la función de evaluación de las condiciones ambientales in situ como portabilidad, lectura inmediata (o con poco procesado) de las medidas, bajo mantenimiento y calibración poco frecuente.

#### 1. Ohmímetro electrostático

Medidor de resistividad superficial, resistencia a tierra y resistencia punto a punto (entre otros), junto con temperatura y humedad relativa (Figura 4). Dispone de varios tipos de electrodos. Especialmente diseñado para evaluar propiedades electrostáticas de todo tipo de superficies para la protección frente a descargas

electrostáticas.

El ensayo se realiza pulsando un botón durante el tiempo indicado en la pantalla (10-20s) y observando después las medidas (resistencia, temperatura, humedad relativa), que se muestran en pantalla durante 20s, tiempo suficiente para anotarlas. La medida se muestra en ohmios/cuadro para la resistividad superficial y en ohmios para la resistencia punto a punto<sup>2</sup>.

La resistividad superficial está contemplada en la norma ASTM D 257 que define los ensayos para medir esta propiedad y la resistividad volumétrica de materiales aislantes al aplicar corriente continua. A partir de los ensayos y de las dimensiones de las probetas utilizadas y de los electrodos, se pueden calcular estas propiedades en materiales aislantes eléctricos. En este caso, el ohmímetro ofrece ya el valor de la resistividad superficial directamente, sin tener que realizar cálculos adicionales.



Figura 4: Ohmímetro (anverso izq. y reverso dcha.)

Los electrodos utilizados han sido:

1. Para la medida de resistividad superficial los electrodos paralelos internos (silicona conductiva: elastómero de baja dureza y alta conductividad) situados en la parte inferior de la unidad (Figura 4 dcha.) insertados en rieles de latón internos y externos.
2. Para la medida de resistencia punto a punto (figura 5) dos electrodos de 2,25kg (5 libras) de diámetro 50mm conectados a la unidad central en dos enchufes hembra (jacks externos monoaurales 3,5mm)

<sup>2</sup> El aparato cumple la norma ASTM D 257 Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials



Figura 5: Ohmímetro. Medida de resistencia punto a punto

Los rangos de medida son (el aparato dispone de un interruptor selector):

$10^3$ - $9 \cdot 10^5$  Ohm para los que aplica una tensión de 10V  
 $10^6$ - $2 \cdot 10^{12}$  Ohm para los que aplica una tensión de 100V

Las medidas de resistividad realizadas se encontraban en el intervalo  $10^{10}$ - $10^{11}$  y por tanto se utilizó siempre la tensión 100V.

La precisión en el rango utilizado es de:

$10^9 - 10^{10} \Omega$ :  $\pm 9\%$  a 10 – 90%HR  
 $10^{11} - 10^{12} \Omega$ :  $\pm 25\%$  a 10 – 50%HR

En los ensayos realizados nunca se superó el 50%HR (en los ensayos en el departamento de mantenimiento la humedad fue del 31% y en el despacho al 29%), por lo que pueden considerarse válidos los intervalos de precisión especificados.

## 2. Carga superficial

Medidor de campo electrostático compacto (tamaño bolsillo: 115x65x25mm, figura 6) para medir cargas estáticas superficiales. Mide tensión en el rango:  $\pm 20kV$  a distancia de 1" (2,5cm). Permite seleccionar dos intervalos de medida:  $0,00 \pm 1,49kV$  y  $\pm 1,0 \pm 20,0kV$ . Aunque muestra 3 dígitos, la precisión es del 10%.

Los resultados se muestran instantáneamente en la pantalla (5 medidas/s) y la situación a la distancia correcta se controla a través de luces piloto que se desplazan hasta coincidir cuando el lector está situado a la distancia correcta del material. El principio de funcionamiento es la ionización de aire.



Figura 6: Medidor de campo electrostático

### 3. Medidor de campo electromagnético ambiental (Marca:Wavecontrol. Modelo: SMP2<sup>3</sup>)

Mide y registra intensidades de campo eléctrico y magnético en un rango de frecuencias hasta 40 GHz (en función de la sonda) durante intervalos de hasta 6 minutos. El aparato (figura 7) consiste en una unidad de medida central (100 x 215 x 40 mm, 630 g), una sonda de campo (globo superior) y un soporte en forma de trípode de madera no reflectante.



Figura 7: Medidor de campo electromagnético. (Izq: montaje completo. Dch.: unidad central)

<sup>3</sup> <https://www.wavecontrol.com/rfsafety/es/productos/medidor-campo/smp2>

Los registros se realizan en frecuencias seleccionadas (modo selectivo 50Hz por ejemplo, o en rango de frecuencia dentro del intervalo de 0 hasta 400 kHz) o en todo el espectro (modo banda ancha) y puede seleccionarse bien una medida relativa (% máximo) o una medida en valor absoluto (V/m o T). Una vez realizados los ensayos en el puesto de trabajo los datos se descargan (cable USB o fibra óptica) y se convierten desde el software específico (“SMP2 Reader”) a un formato para su tratamiento posterior (Excel en este caso).

Se puede realizar una medida instantánea de todo el espectro o bien un registro de campo de entre 0,5 hasta 6 minutos. En todos los casos el aparato devuelve la transformada rápida de Fourier (FFT) del rango seleccionado. En caso de registro temporal se puede escoger entre un tipo media móvil (continua, normativa) o de salto (fija). Los intervalos de media pueden ser de 10 s, 15 s, 30 s, 1 min, 2 min, 5 min, 6 min, 10 min, 15 min y 30 min.

Se han realizado cuatro medidas en total en el despacho (el día 14.05.2019 a las 16h). Tanto para campo eléctrico como magnético: una instantánea (todo el espectro 0-400Hz) y un registro de cinco minutos.

## **5. Plan de trabajo**

El plan de trabajo se puede dividir en dos partes:

### **I. Pruebas sobre materiales para suelos (instalaciones de mantenimiento)**

Las pruebas realizadas sobre los materiales para suelos. Como se ha especificado en la metodología, se han ensayado 14 materiales distintos (véase también anexo 5) en el departamento de mantenimiento (sótano) para evaluar sus propiedades eléctricas: resistividad superficial y triboelectricidad. Sobre cada uno de ellos se han realizado mediciones tras la fricción con papel y acetato.

Se ha medido el efecto de la aplicación de un detergente antiestático. De los 14 materiales ensayados, se han tomado los cuatro que presentaban mayor valor de carga triboeléctrica. Se les ha aplicado en varias regiones (adecuadamente marcadas) un detergente antiestático, tanto en estado puro como diluido de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Una vez seco el detergente (transcurridas más de 6 horas) se han medido las cargas triboeléctricas tras la fricción con papel y se ha observado su efectividad.

### **II. Pruebas en despacho**

En el puesto de trabajo se realizaron tres tipos de pruebas:

1. Resistividad superficial y carga triboeléctrica en la mesa de trabajo y en el suelo (moqueta)
2. Resistencia punto a punto (silla-suelo-mesa)
3. Medidas de campo electromagnético

Las aportaciones radican en las medidas que determinan si en el despacho se dan las condiciones necesarias para el desarrollo de la LS y, en su caso, la posible sustitución por alguna de las alternativas de entre los materiales ensayados o la aplicación de un tratamiento superficial (detergente antiestático). Además, se ha investigado la posible correlación entre las propiedades de resistividad y carga triboeléctrica de cada uno de los materiales.

## **6. Resultados**

Se han realizado dos tipos de ensayo: las pruebas de materiales en las instalaciones de mantenimiento y mediciones in situ en el puesto de trabajo.

### **a. Pruebas en instalaciones de mantenimiento**

Se midieron tres valores de resistencia superficial para cada material y se calculó el promedio que se representa en la figura 8. La desviación estándar de cada tres medidas se situó en el 4% de la media y la mayor dispersión (10%) se obtuvo en el caso del roble con barniz B2, en el que se realizaron medidas adicionales para confirmar la validez.

Se observa una gran diferencia en las medidas de resistividad superficial dependiendo del material examinado. Los que arrojan mayores valores son el 5379, el suelo técnico 1 seguidos a mucha distancia por el suelo técnico 2.

El suelo 5379 está compuesto al 100% de PVC (Policloruro de vinilo, 100%, véase anexo 5), uno de los aislantes más utilizados en baja tensión (resistividad de  $10^{17} \Omega/\text{cm}$ ) y por tanto está justificado su alto valor.

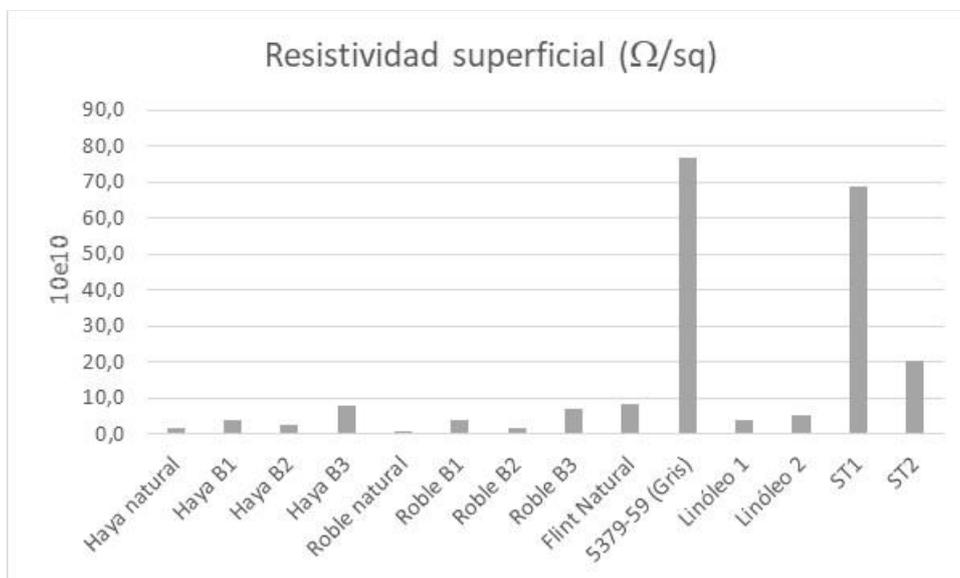


Figura 8: Valores obtenidos de resistividad superficial para suelos

En la figura 9 se disponen los mismos valores de resistividad eliminando los tres mayores. Observamos que la madera en estado natural es la que menor resistividad presenta y que cualquiera de los tres barnices utilizados incrementa sustancialmente su resistividad.

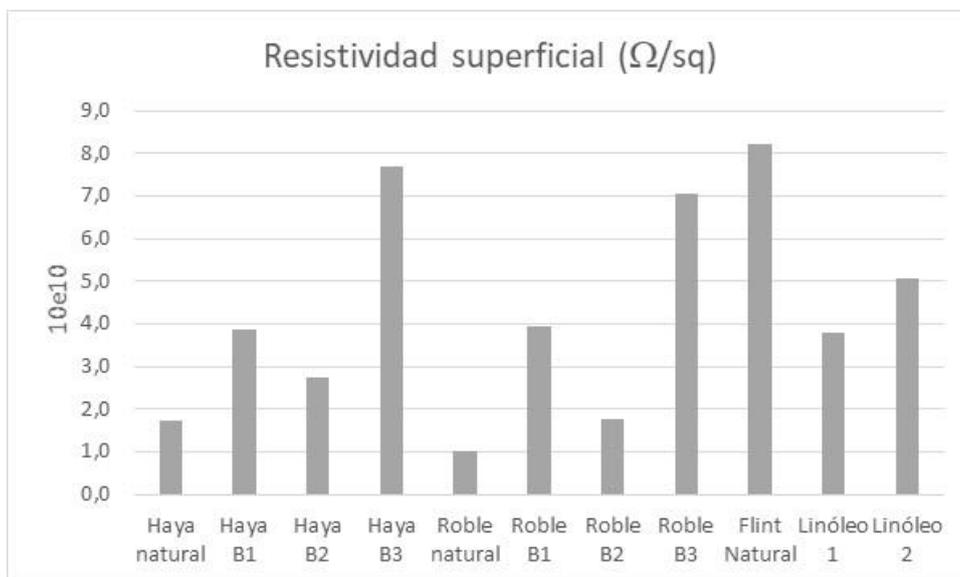


Figura 9: Valores obtenidos de resistividad superficial para suelos

Las medidas de carga superficial presentan mucha más dispersión entre ellas (véase discusión de resultados). Hay que decir que no se ha computado exactamente el tiempo de frotamiento ni la fuerza. Se ha asumido que el nivel de carga electrostática acumulado tras el frotamiento era constante.

La figura 10.a muestra las cargas medias detectadas (kV) para la fricción con papel y la figura 10.b para fricción con acetato:

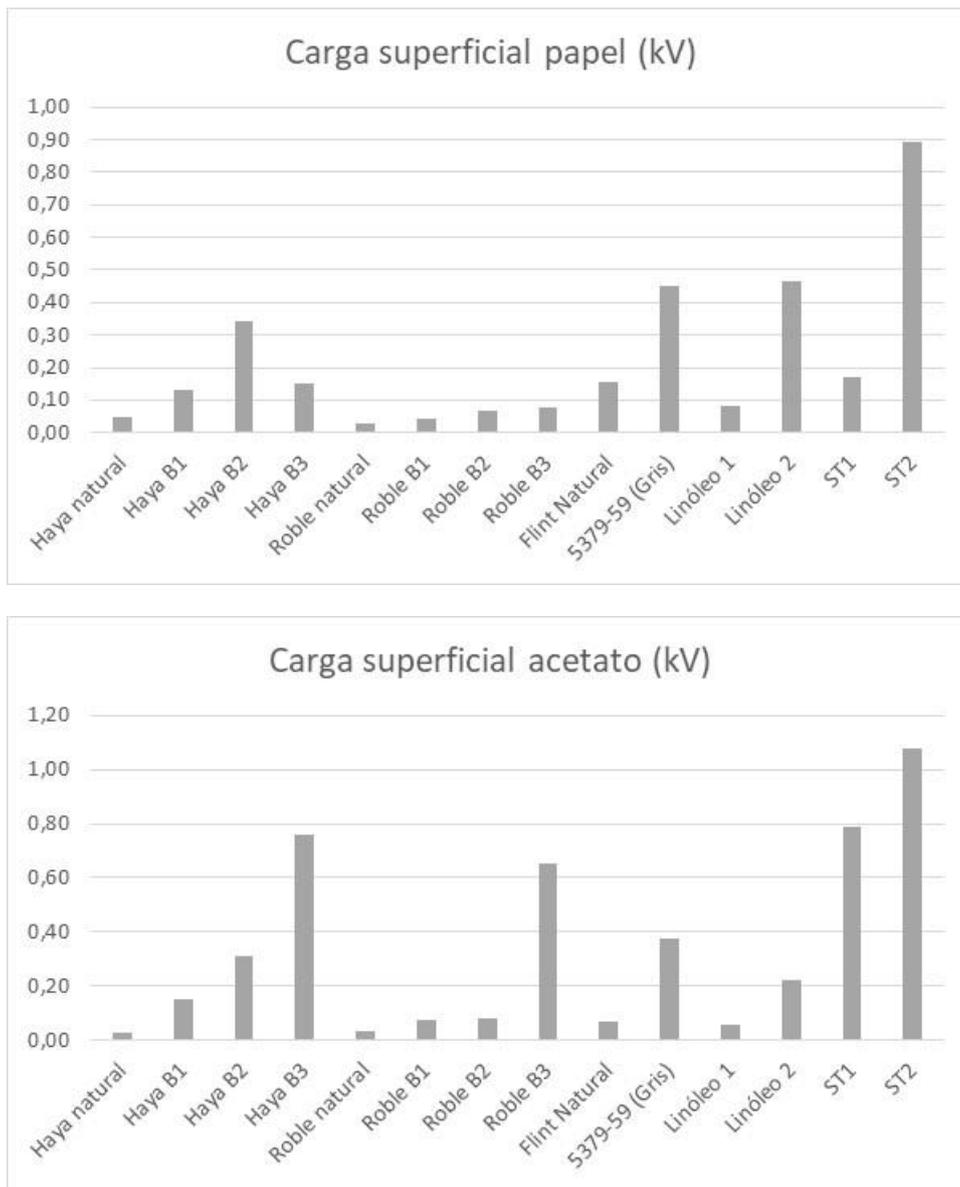


Figura 10a,10b: Cargas superficiales tras la fricción con papel (arriba) y acetato (abajo). Medidas de campo (kV a 2,5mm (1’’)).

El máximo en ambos casos se produce para el suelo técnico 2 en el que se alcanzan valores cercanos a 1kV. Le siguen en el caso del papel el Linóleo 2 (valor relativamente bajo con acetato) y el 5379, con un valor parecido (0,4 kV) en ambos casos. Sorprende el efecto del acetato en la fricción con el barniz B3 que tanto con soporte roble (0,65kV) y como haya (0,76kV) produce mucha mayor carga que el papel.

Se representan conjuntamente los datos de carga tras fricción papel y acetato en la figura 11, en la que se observan dos grupos de datos. Aquellos en los que la carga es parecida tras la fricción con ambos materiales (entre los que se encuentra un subgrupo de materiales que apenas se cargan) y aquellos en que la fricción con acetato genera una mucha mayor carga que en el papel (los barnices B3 y el suelo técnico 1).

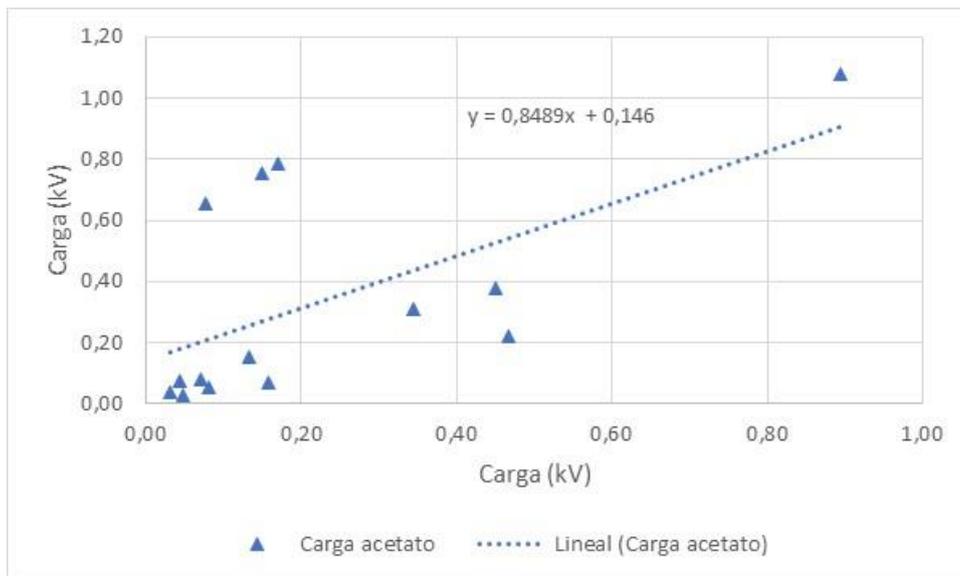


Figura 11: Cargas superficiales tras la fricción con papel (abscisas) y acetato (ordenadas). Medidas de campo (kV a 2,5mm (1")).

Para evaluar la efectividad de un detergente antiestático se tomó como muestra el producto (véase anexo 5) Jontec Destat F9b diluido tal como recomienda el fabricante (1 parte de detergente / 14 agua). Se extendió con un trapo una fina capa sobre los materiales que habían presentado mayores valores de carga electrostática y se realizaron tres medidas de carga tras fricción con papel que dieron como valores los que se disponen en la siguiente tabla siguiente junto con los que se habían obtenido sin tratamiento:

Material	(kV)	(kV) anti.
5379-59	0,48	0,01
	0,34	0
	0,53	0
Linóleo 2	0,56	0,03
	0,36	0,01
	0,48	0,01
ST1	0,19	0
	0,19	0
	0,13	0
ST2	0,87	0,01
	0,81	0
	1	0

Se han representado conjuntamente los datos de resistividad superficial y de carga triboeléctrica para ver si se determinaba una relación de dependencia pero, tal como se intuía de los resultados individuales, no existe correlación lineal.

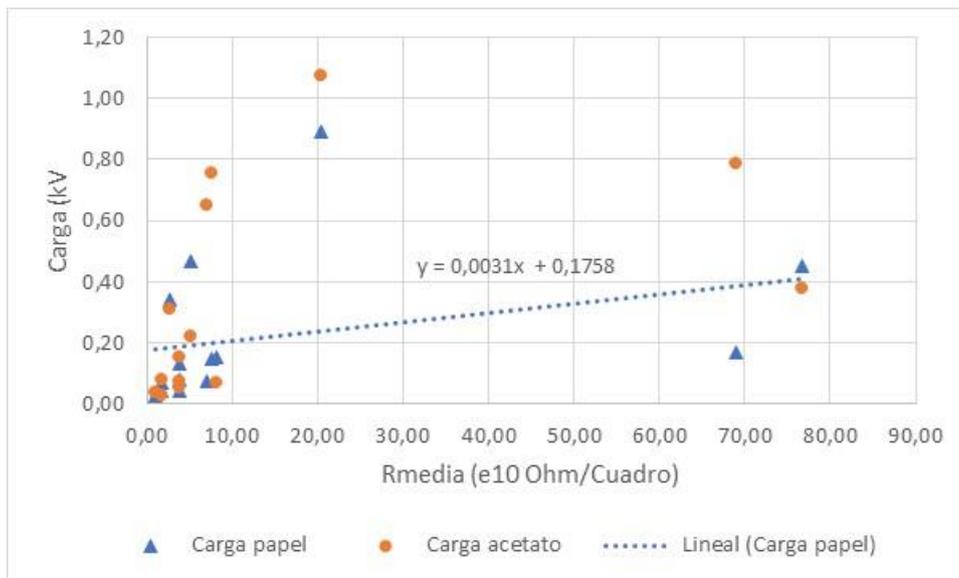


Figura 12: Datos de resistividad y de carga superficial

### b. Pruebas en el puesto de trabajo

En el puesto de trabajo se realizaron tres tipos de pruebas:

1. Resistividad superficial y carga triboeléctrica en la mesa de trabajo y en el suelo (moqueta)
2. Resistencia punto a punto (silla-suelo-mesa)
3. Medidas de campo electromagnético

### i. Medidas de resistividad y carga triboeléctrica

Se midió en la mesa de la (figura 5) la resistividad superficial del tablero (madera y cuero). También se midió la resistividad superficial de la moqueta (completamente aislante) y de las partes de la silla: ambos reposabrazos (se muestra solo la media) y del asiento (figura 13)



Figura 13: Silla de trabajo. Medida de resistividad superficial del asiento

Los valores medios junto con las desviaciones estándar de las medidas (en valor absoluto y relativo) fueron (unidades  $\Omega/\text{sq}$ ):

	$R_m$ ( $10^{10}\Omega/\text{sq}$ )	$\sigma$ ( $10^{10}\Omega/\text{sq}$ )	$\sigma$ (%)
Madera	14,4	0,08	0,6%
Cuero	46,6	0,48	1,0%
Moqueta	$>1e12$		
Asiento	<b>77,8</b>	1,53	2,0%
Reposabrazos	59,1	1,25	2,1%

La madera de la mesa posee un barniz pero desgastado por el uso. Posiblemente contiene otras partículas adheridas. El valor de resistividad obtenido supera el valor medido para todos los tipos de los suelos de madera.

El cuero presenta un valor de resistividad superficial superior a la madera pero inferior al suelo 5379 (PVC). De nuevo se trata de un material con un tratamiento superficial (repujado y encerado) que ha sufrido desgaste con los años y que probablemente tiene diversidad de partículas adheridas.

La moqueta es completamente aislante (el valor obtenido estaba por encima del umbral máximo del ohmímetro). El asiento, como se observa en la figura 13 no está realizado en un material continuo sino en un trenzado de material polimérico elástico. La resistividad superficial fue difícil de medir por las

discontinuidades que presentaba pero finalmente se consiguió llegar a un valor con dispersión aceptable (2%) y representativo de su estructura. El reposabrazos presenta una resistividad elevada (acolchado con recubrimiento plástico) parecido al valor del suelo de PVC o al del ST1.

Las pruebas de triboelectricidad se realizaron frotando con papel y acetato tanto el borde de la mesa (madera) como el tablero y arrojaron los siguientes resultados

Material	papel (kV)	$\sigma$ (kV)	$\sigma$ (%)	Acet. (kV)	$\sigma$ (kV)	$\sigma$ (%)
Madera (borde)	0,87	0,12	14%	0,65	0,24	36%
Madera (sup)	<b>1,71</b>	0,31	18%	1,24	0,35	28%
Cuero	1,58	0,29	18%	<b>1,84</b>	0,29	16%

Son sorprendentes los valores elevados obtenidos de carga (siempre negativa) en la madera del tablero tras la fricción con papel y en el cuero, en el que casi se estaría llegando al umbral de sensibilidad (en algunos casos se ha considerado que podría estar incluso en 2kV).

La razón de realizar la prueba de carga electrostática sobre el borde era que este posee un canto metálico que puede perturbar la carga acumulada, que el rozamiento relevante para la lipoatrofia se produce no solo con el tablero sino por el contacto con el borde y que la concentración de carga es más elevada en las esquinas, en este caso además puntiagudas. Sin embargo, tal como se muestra en la tabla, se observa que la carga es menor en el borde que en el tablero.

Finalmente, para comprobar el nivel de carga sobre los brazos se friccionó el cuero de la mesa con piel (mano) y con tela observándose los siguientes valores:

Material	tela (kV)	$\sigma$ (kV)	$\sigma$ (%)	piel (kV)	$\sigma$ (kV)	$\sigma$ (%)
Cuero	0,67	0,27	40%	0,01	0,02	115%

Se observa que los valores obtenidos son muy inferiores a los que se dan con la fricción con papel o acetato, en el caso de piel, prácticamente despreciables. Asimismo, se comprobó que tras la fricción con el ratón del ordenador, la carga electrostática era nula. Destaca la elevada dispersión de medidas pero como se ha dicho, no afectarían a las conclusiones por tratarse de valores muy inferiores a los mostrados anteriormente por fricción con papel o acetato.

En cuanto a la silla de trabajo, se midió la carga electrostática de sus partes tras ocupación (fricción con tela) y desocupada (se deja transcurrir un tiempo). Los resultados, que poseen elevada dispersión se muestran en la siguiente tabla:

Material	tela (kV)	$\sigma$ (kV)	$\sigma$ (%)
Asiento	<b>4,20</b>	2,18	52%
Reposabrazos	<b>8,65</b>	0,64	7%

Sorprende la carga acumulada sobre el reposabrazos y sobre el asiento por fricción con tela. Las cargas en área desocupada (tras un tiempo) fueron todas inferiores a 0,1kV y por tanto despreciables.

## ii. Resistencia punto a punto (silla-suelo-mesa)

Para terminar el examen del puesto de trabajo, se midieron las resistencias punto a punto (véase figura 5):

	Rm ( $10^{11}\Omega$ )	$\sigma$ ( $10^{11}\Omega$ )	$\sigma$ (%)
Asiento-suelo	2,11	0,34	16%
Asiento-rueda	0,99	0,08	8%
Reposabrazos-suelo	1,67	0,16	10%

Mesa-suelo	0,48	0,11	24%
------------	------	------	-----

Se observa que la resistencia asiento-suelo es mucho más elevada que la de mesa-suelo. La resistencia superficial de la moqueta se ha medido y se ha observado que es completamente aislante, sin embargo, no se pueden extraer conclusiones sobre la disipación de cargas. Para ello habría que ver la conductividad entre la mesa y el sustrato inferior a la moqueta cuyo contacto será tanto mayor cuanto más elevada sea la presión de las patas de la mesa sobre el suelo.

### iii. Medidas de campo electromagnético

Se presentan a continuación los resultados de las medidas realizadas con la sonda de campo electromagnético. Todas las medidas se comparan con los niveles de actuación (NA) superior (línea roja) e inferior (verde) que se definen en la Directiva 2013/35/UE (exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) anexo II (véase normativa de aplicación). Las disposiciones de esta directiva se basan en las recomendaciones establecidas por la Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) y contemplan todos los efectos biofísicos directos conocidos y los efectos indirectos causados por campos electromagnéticos.

Dichos niveles de actuación dependen de la frecuencia en correlación con los efectos no deseados en el cuerpo humano. Concretamente, en el artículo 2 se definen como los niveles de actuación máximos y mínimos para campo eléctrico y magnético:

“i) para los campos eléctricos, se entenderá por «niveles de actuación **inferiores**» y «niveles de actuación **superiores**» los niveles relacionados con **medidas específicas de protección** o prevención establecidas en la presente Directiva, y

ii) para los campos magnéticos, se entenderá por «niveles de actuación **inferiores**» los niveles correspondientes a valores límite de exposición relacionados con **efectos sensoriales** y por «niveles de actuación superiores», los correspondientes a valores límite de exposición relacionados con **efectos para la salud.**”

- Medida instantánea de campo eléctrico de 0-400Hz

Se muestra en la figura 14 el aspecto de la intensidad de campo. El máximo está en la frecuencia de 50Hz (red eléctrica de alimentación) para el que se obtienen 3,55 V/m

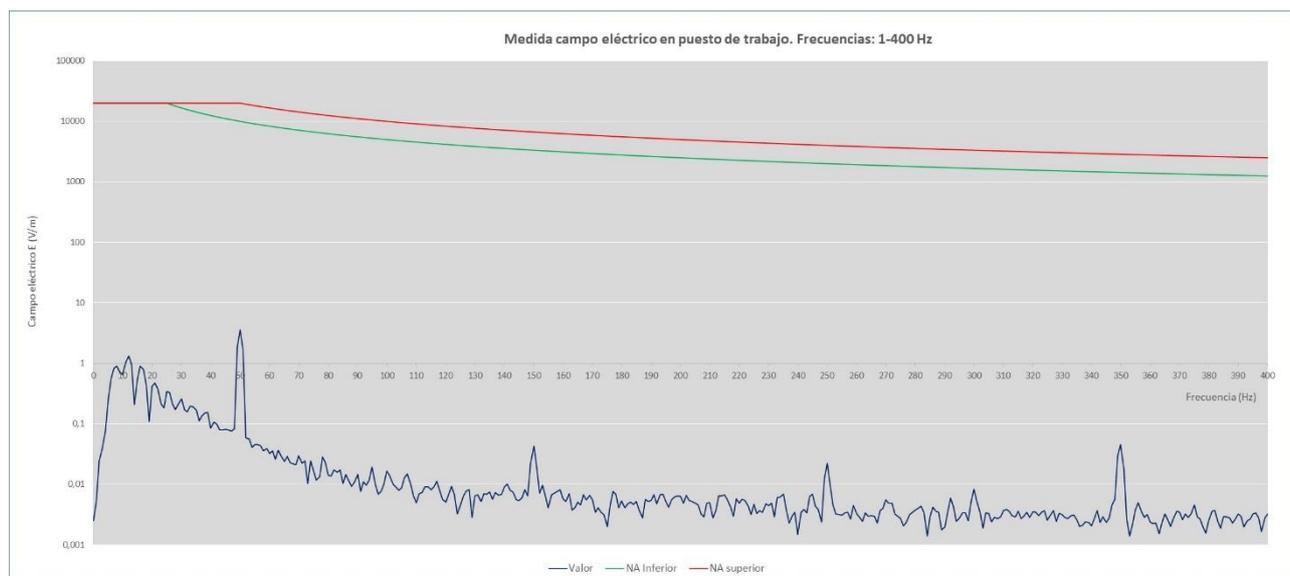


Figura 14: Medida instantánea de campo eléctrico. Escala logarítmica en ordenadas

Los niveles de actuación superior e inferior son constantes e iguales ( $2,0 \times 10^4$  V/m) hasta 25 Hz. Después siguen una relación inversa con la frecuencia (f en Hz), tal como se refleja en el cuadro siguiente (extracto de

la directiva anexo II):

Cuadro B1

Niveles de actuación (NA) para exposiciones a campos eléctricos comprendidos entre 1 Hz y 10 MHz

Intervalo de frecuencias	NA (E) inferior de intensidad del campo eléctrico [Vm <sup>-1</sup> ] (RMS)	NA (E) superior de intensidad del campo eléctrico [Vm <sup>-1</sup> ] (RMS)
$1 \leq f < 25$ Hz	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50$ Hz	$5,0 \times 10^3/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64$ kHz	$5,0 \times 10^3/f$	$1,0 \times 10^6/f$

- Campo eléctrico a 50Hz

Se realizó un registro de 5 minutos del campo eléctrico a 50Hz que se muestra en la figura 15. La sonda realizó un promedio deslizando con intervalo promedio de 30s.

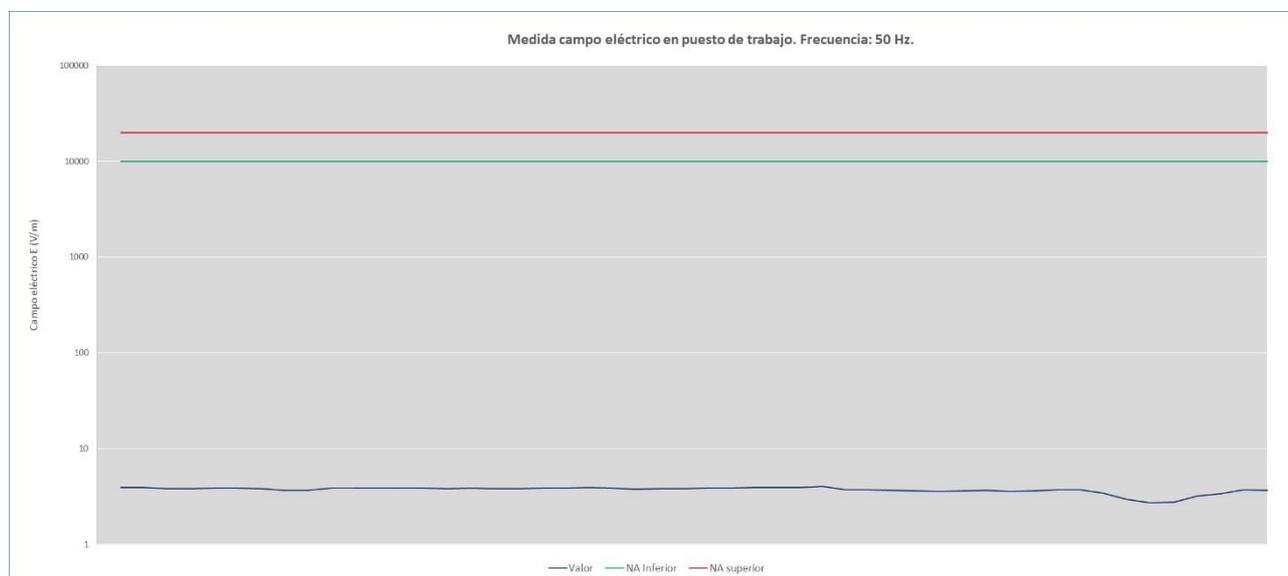


Figura 15: Registro de intensidad de campo eléctrico a 50Hz durante 5 minutos.

Se observa que se mantiene relativamente uniforme. El intervalo de oscilación se sitúa entre 2,67 y 4,01 V/m, lo que concuerda con el máximo obtenido (3,55 V/m) en el espectro instantáneo de frecuencias. Los niveles actuación inferior y superior señalados por la directiva a 50Hz son 10.000 y 20.000 V/m respectivamente.

- Medida instantánea de campo magnético de 0-400Hz

En el cuadro siguiente se representan las fórmulas previstas en la directiva para determinar los niveles de actuación inferior y superior de campo magnético en función de la frecuencia (f en Hz). En general los tramos presentan una dependencia decreciente o constante con la frecuencia.

Intervalo de frecuencias	NA (B) inferior para densidad de flujo magnético [ $\mu\text{T}$ ] (RMS)	NA (B) superior para densidad de flujo magnético [ $\mu\text{T}$ ] (RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$

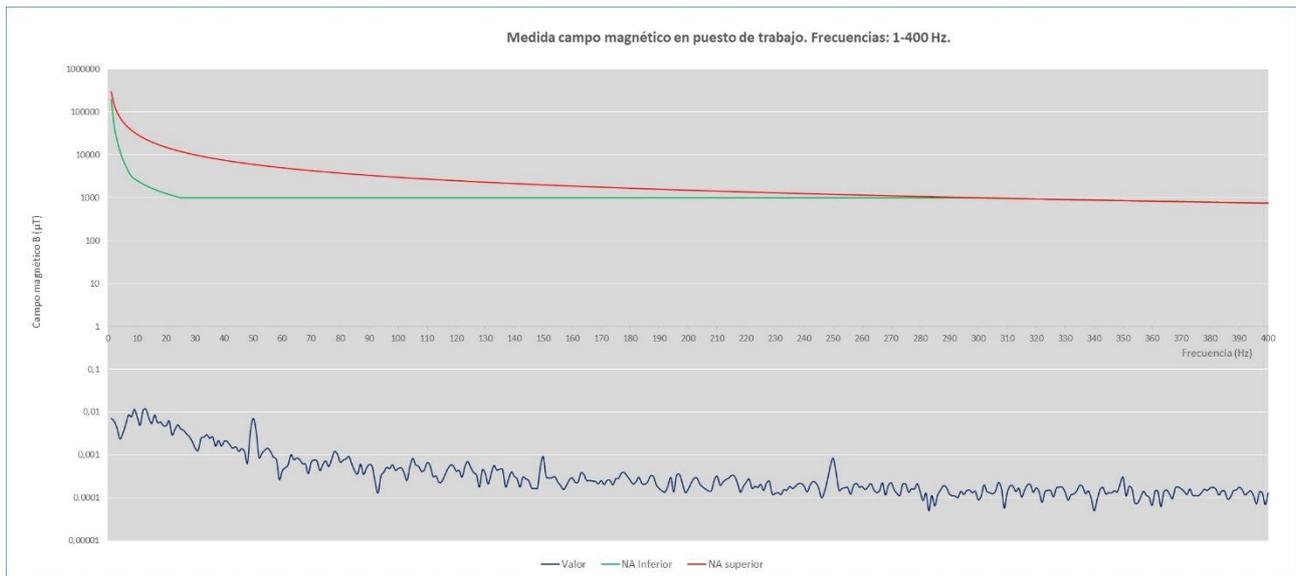


Figura 16: Medida instantánea de campo magnético. Escala logarítmica en eje ordenadas.

El máximo absoluto (figura 16) se encuentra en la frecuencia igual a 13Hz para el que se obtienen  $0,011 \mu\text{T}$ , para 50Hz se observa un máximo local de  $0,007 \mu\text{T}$ . La curva de registro, mucho más suave que la de campo eléctrico, presenta un perfil decreciente hasta los 100 Hz aproximadamente y después se mantiene constante. Se observa de nuevo que para cualquier frecuencia los valores son muy inferiores a los NA de la directiva.

- Campo magnético a 50Hz

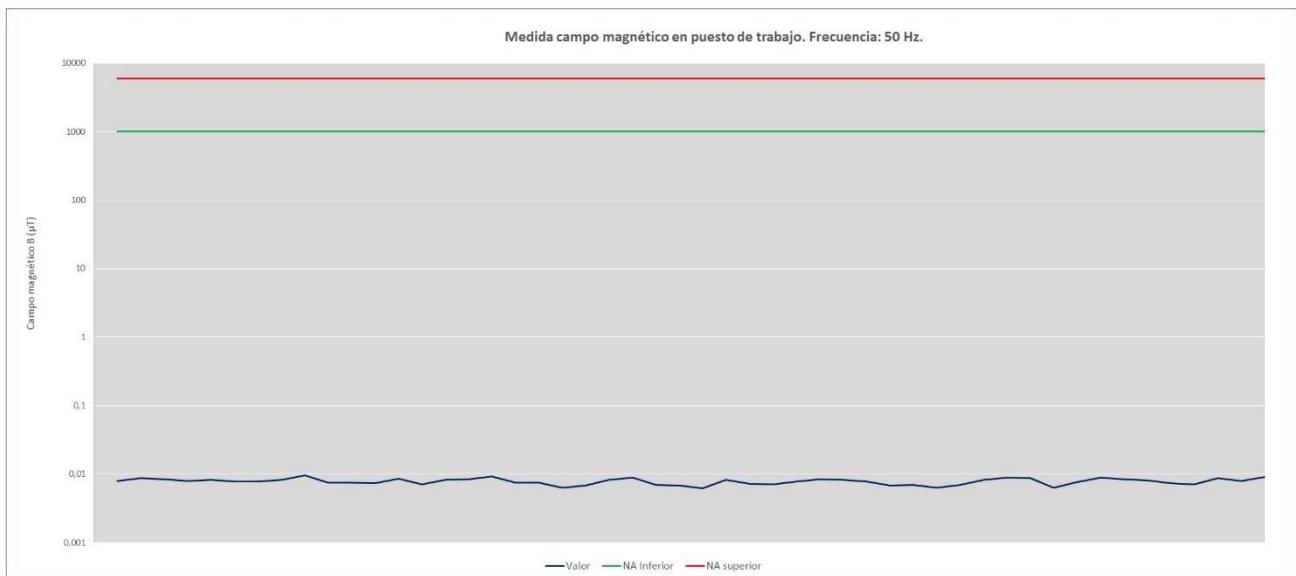


Figura 17: Registro de intensidad de campo magnético a 50Hz durante 5 minutos.

Al igual que el campo eléctrico, el campo magnético presenta pocas variaciones durante el intervalo medido. El intervalo de oscilación se sitúa entre 0,0114 y 0,0056  $\mu\text{T}$ , lo que concuerda con el máximo obtenido (0,007  $\mu\text{T}$ ) en el espectro instantáneo de frecuencias. Los NA de la directiva para 50Hz son 1.000 y 6.000  $\mu\text{T}$ , 5 órdenes de magnitud por encima de las medidas observadas.

A modo de comparación se ha dispuesto de medidas de pruebas de campo electromagnético realizadas en un centro de transformación (fig. 18):



Figura 18: Medidas de campo en el centro de transformación

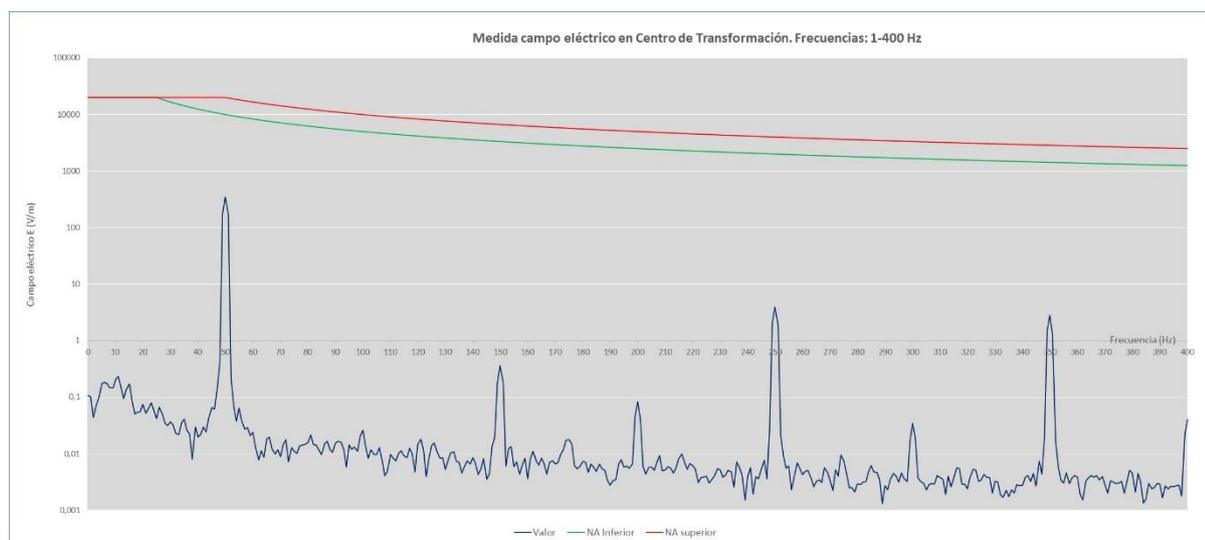


Figura 19: Medida instantánea de campo eléctrico. Escala logarítmica en ordenadas

De nuevo se observa el valor máximo a la frecuencia de 50 Hz aunque con mucha mayor intensidad (344,5 V/m) es decir 2 órdenes de magnitud por encima de lo observado en despacho aunque muy por debajo de los niveles de actuación. Aquí aparecen otros picos intensos a 250Hz y 350 Hz que corresponden probablemente a otra maquinaria presente en las instalaciones.

### 7. Discusión de los resultados

Las medidas de resistividad superficial muestran una gran diversidad de valores dependiendo del material examinado. Con diferencia el que mayor aislamiento presentaría y, por tanto, menor capacidad de disipación, sería el denominado 5379, compuesto al 100% de PVC (véase anexo 5), uno de los aislantes más utilizados en baja tensión (resistividad de  $10^{17} \Omega/\text{cm}$ ) y por tanto está justificado su alto valor. Este sería pues un material a evitar cuando sea relevante la presencia de campos electromagnéticos.

Se ha constatado que la madera en estado natural es la que menor resistividad presenta, aunque este no es un material recomendable para suelos de uso en oficina, por su poca practicidad en lo que a higiene respecta. Los barnices de madera B3 (resina sintética) y B1(resina acrílica) modifican la resistividad de forma que es independiente de la madera que tenga el sustrato. El barniz B2 es en realidad un tratamiento para madera a base de aceite (véase anexo 5) y por tanto altera menos su resistividad que los barnices sintéticos. Por otro lado, el Flint natural tiene un comportamiento similar a la madera con barniz B3. Esto concuerda con su composición de madera de roble con tratamiento superficial.

Las medidas de carga superficial presentan mucha más dispersión entre ellas por varios factores:

1. Algunos de los materiales apenas se cargan electrostáticamente tras el rozamiento con el material (papel o acetato). El valor del campo detectado es del orden de la precisión del aparato.
2. La medida mostrada por el detector de campo es muy inestable. Aunque se ha intentado observar detenidamente, no es posible detectar y mantener el máximo de carga<sup>4</sup>.

En conclusión, este ensayo de carga superficial no sería válido a efectos de realizar medidas en valor absoluto. Para ello debería diseñarse un montaje que permita realizar un registro de los valores de carga instantáneos y posteriormente seleccionar los más elevados. Esto se podría lograr mediante la colocación de una cámara de video enfrentada a la pantalla del medidor de campo. Pero además, debería utilizarse para aquellos materiales que tengan menor capacidad de carga un dispositivo de medida con mayor precisión para valores del orden de 10V. Se tiene conocimiento de que con cargo al presupuesto de 2020, se pretende adquirir un dispositivo de medida que sí incorpora la mejora del registro de valores máximos de carga electrostática.

Aun siendo conocedores de estas limitaciones, se ha suplido la inestabilidad de las medidas mediante la realización de sucesivos ensayos de fricción. Por otro lado, con la precisión disponible, el ensayo es válido para ordenar y seleccionar los materiales en función de su capacidad de carga. Es decir que permitirá determinar cuales son los materiales más adecuados para el caso en que los campos electromagnéticos sean relevantes.

Todos los materiales presentaron medidas de carga triboeléctrica con signo negativo, tanto cuando se frotaron con papel como con acetato, cosa que concuerda con la escala (anexo 5) respecto de la madera (pequeña carga negativa) y de los barnices (similares al poliestireno, y al acrílico). Así pues, al frotar con papel (pequeña carga positiva) el barniz o la madera, se cargan negativamente absorbiendo los electrones.

Al representar conjuntamente los valores de carga tras fricción papel y acetato (fig. 11), se observaron dos grupos de datos. Aquellos en los que la carga por fricción con ambos materiales presenta valores parecidos (entre los que se encuentra un subgrupo de materiales que apenas se cargan) y aquellos en que la fricción con acetato genera una mucha mayor carga que en el papel (los barnices B3 y el suelo técnico 1). No se ha encontrado explicación a este hecho.

Otro de los resultados experimentales interesantes es la poca capacidad de disipación de cargas que poseen algunos de los materiales probados. Se ha observado que incluso tras minutos de haber practicado rozamiento en una zona (varios cm<sup>2</sup>), se registran cargas importantes. Se han tenido que utilizar zonas distintas del mismo material (era suficientemente amplio) que no estuvieran cargadas para realizar nuevas medidas fiables.

Se observó que el efecto del detergente antiestático es totalmente eficiente. Los materiales que más se habían cargado con papel apenas presentaban carga tras la aplicación del detergente, tanto en estado puro como diluido. Posiblemente será esta una solución más económica que el cambio de mobiliario, aunque dependerá de otros factores como el plan de renovación de mobiliario/suelo de oficinas.

No se observa correlación entre los valores de resistencia superficial y carga electrostática. Es decir que no es necesariamente más aislante aquel material que es capaz de acumular carga tras la fricción. Para el caso de la LS el efecto más importante es la capacidad de acumulación de carga y por tanto será este el que determine el

<sup>4</sup> Aunque aparentemente el detector dispone de la función "hold" para realizar medidas y mantener el visor en la última, mientras se está pulsando para el proceso de medición y por tanto no se sabe si se ha llegado al máximo.

criterio de selección del material más adecuado para el mobiliario.

Las pruebas realizadas en despacho mostraron que la madera del tablero de la mesa posee una resistividad superficial superior a la de cualquiera de los tipos de suelos de madera ensayados y que el cuero es casi tan aislante superficialmente como el suelo 5379 (PVC). Ninguno de los dos resultados tiene una explicación sencilla ya que la mesa tiene probablemente un desgaste por los años de uso cuyo resultado confluye en sustratos variada composición. La moqueta es completamente aislante, es decir, el valor de resistividad está por encima del umbral superior de medida del aparato. El reposabrazos de la silla presenta una resistividad elevada (acolchado con recubrimiento plástico) parecido al valor del suelo de PVC o al del ST1.

En cuanto a la carga superficial, son sorprendentes los valores obtenidos de carga (siempre negativa), mucho más elevados que en cualquiera de los suelos medidos, en la madera del tablero tras la fricción con papel y en el cuero con acetato, en el que casi se estaría llegando al umbral de sensibilidad (en algunos casos se ha considerado que podría estar incluso en 2kV). Por tanto, esto haría que la mesa fuera el elemento que convendría modificar en caso de que confluyeran otros factores (campos eléctricos elevados, portátil debajo de la mesa, bandejas metálicas) causantes de la LS. Si no se quisiera cambiar la mesa, se podría conectar a tierra o se le podría aplicar el tratamiento superficial de detergente antiestático, cuya efectividad ha quedado demostrada. Los valores de carga obtenidos por fricción del cuero con tela y piel son inferiores a los obtenidos con papel o acetato por lo que posiblemente no se produzcan descargas si no se trabaja con papel, simplemente con documentos en pantalla.

La razón de realizar la prueba de carga electrostática sobre el borde era que este posee un canto metálico que puede perturbar la carga acumulada, que el rozamiento relevante para la lipoatrofia se produce no solo con el tablero sino por el contacto con el borde y que la concentración de carga es más elevada en las esquinas, en este caso además puntiagudas. Se observa sin embargo, que la carga es menor en el borde que en el tablero.

Por otro lado, la silla presenta la mayor capacidad de carga electrostática en los brazos, seguida del asiento, aunque con mucha dispersión. Estas medidas de carga superficial son las más elevadas de entre todos los materiales ensayados. Dado el elevado coste de estas sillas, si no se quieren sustituir, se podría colocar una almohadilla antiestática sobre las mismas (tanto reposabrazos como asiento).

No hay aspectos reseñables sobre las medidas de resistencia punto a punto más allá de decir que presentan valores muy elevados, es decir que no hay transmisión de corriente entre los distintos elementos. Si se quisieran poner a tierra, habría que hacerlo para cada uno por separado.

El campo eléctrico en el despacho presenta un espectro de potencia decreciente con la frecuencia, con un máximo a 50Hz. Durante 5 minutos, a 50Hz, se observa que la potencia se mantiene relativamente uniforme (entre 2,67 y 4,01 V/m), muy por debajo de los niveles actuación inferior y superior señalados por la directiva (10 y 20 kV/m respectivamente).

El campo magnético también presenta un espectro de potencia decreciente en función de la frecuencia hasta 100 Hz, con meseta posterior. El máximo absoluto instantáneo se encontró para 13Hz ; fueron 0,011  $\mu$ T, (para 50Hz máximo local de 0,007  $\mu$ T). Se observa de nuevo que para cualquier frecuencia los valores son muy inferiores a los NA de la directiva. Además, si se comparan con el artículo [8], para las pruebas realizadas sobre células, los niveles que se probaron con influencia sobre la diferenciación de células adiposas fueron del orden de 100  $\mu$ T, es decir 4 órdenes de magnitud superiores a las medidas tomadas. Además, el campo magnético en el ambiente debería ser aún mucho más elevado para que las células del tejido adiposo lo percibieran localmente a un valor determinado ya que los materiales biológicos (piel, grasa) no son paramagnéticos (véase [9], [10]) además de que algunas moléculas presentan ciertos elementos con efecto pantalla.

## 8. Conclusiones

**Conclusión principal:** Las mediciones realizadas en el despacho seleccionado (tanto de campo electromagnético como de resistencia, resistividad y triboelectricidad) han mostrado que no se dan las condiciones externas (supuestamente) necesarias para que se produzca la LS. No es necesario modificar ni el mobiliario ni el suelo del despacho ya que no se dan las condiciones necesarias para que se pueda desarrollar la patología.

Los parámetros más importantes por los que hubiera sido casi descartable de inicio su presencia son el tipo de mobiliario (mesa de madera sin bandejas metálicas y equipo informático de sobremesa) y de la construcción del propio despacho (edificio no inteligente con ventanas practicables). Aun así, como ejercicio de aprendizaje, se han querido medir las características más influyentes en la LS tanto del ambiente como relativas al mobiliario.

Los campos electromagnéticos registrados quedan muy por debajo de los niveles de actuación de la directiva UE 2013/35. La resistividad del suelo (moqueta) es muy elevada (totalmente aislante) y aunque en principio, son los suelos disipativos los que deberían utilizarse para evitar la LS, en este caso, no es necesario dado el material de la mesa. En el caso de la silla, se ha constatado que el asiento y el respaldo presentan una elevada resistencia superficial y especialmente los brazos se cargarían electrostáticamente. Por otro lado, el cuero del tablero de la mesa presenta una capacidad de carga tan elevada que llegaría a sobrepasar el umbral de sensibilidad.

Los ensayos de resistividad superficial y de carga triboeléctrica han permitido clasificar los materiales de forma que sea posible seleccionarlos en caso de que sea necesario por presencia de otros factores favorables a la LS. Se ha constatado la efectividad del detergente antiestático, que podría constituir una solución más económica que la sustitución de un suelo o del mobiliario.

## 9. Referencias bibliográficas

- [1] Kurvers, Bart. (Director del servicio de prevención de riesgos en KBC). Lipoatrophia semicircularis. 1995-**2010**. Presentación del grupo KBC.
- [2] Cruceta, G. (Dir. SEGLA) 3r Congreso internacional de calidad ambiental en interior de edificios. (9-10-11. 05.**2007** Madrid).
- [3] Osalan - Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. Cuestionario de información clínica sobre la lipoatrofia semicircular. [www.osalan.net](http://www.osalan.net)
- [4] Lipoatrofia semicircular. Consejería de empleo y mujer. Comunidad de Madrid. (Folleto informativo). <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM013026.pdf>
- [5] Massip, S. Investigación de la lipoatrofia semicircular desde una óptica electrostática en entornos ofimáticos. Nota técnica (**2007**) <https://electrostatica.com/nota-tecnica-lipoatrofia-semicircular-2/>
- [6] Gamboa Aguilera, D. Prevención de la lipoatrofia semicircular en la administración andaluza. PREVEXPO **2008**. IX Congreso andaluz de seguridad y salud laboral. Junta de Andalucía. Consejería de empleo.
- [7] Lipoatrofia semicircular: Protocolo de actuación. Generalitat de Catalunya, Departament de Salut, Departament de Treball.
- [8] Úbeda Maeso, A., Martínez Pascual, M.A., Cid Torres, M.A., Trillo Ruiz, M.A., Paíno Belarrinaga, C.L. Weak magnetic fields and lipoatrophia semicircularis. Seguridad y medio ambiente. Year 31. Nº123, **2011**.
- [9] Santa Marta Pastrana, C. M. Fundamentos Físicos de la Imagen Médica II. Apuntes curso 2018-2019. Cap. Resonancia Magnética.
- [10] Wendell A. Gibby, MD. Basic principles of magnetic resonance imaging. Neurosurg Clin N Am 2005
- [11] CGT Lipoatrofia semicircular. Folleto informativo

## 10. Normativa de aplicación

DIRECTIVA 2013/35/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de junio de 2013 sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) (vigésima Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE), y por la que se deroga la Directiva 2004/40/CE.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos)

Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Anexo 1

Cuestionario OSALAN [3] (hojas sobre información clínica y sobre el puesto de trabajo)

**CUESTIONARIO DE INFORMACIÓN CLÍNICA SOBRE LA LIPOATROFIA SEMICIRCULAR  
DATOS DE LA LESIÓN**

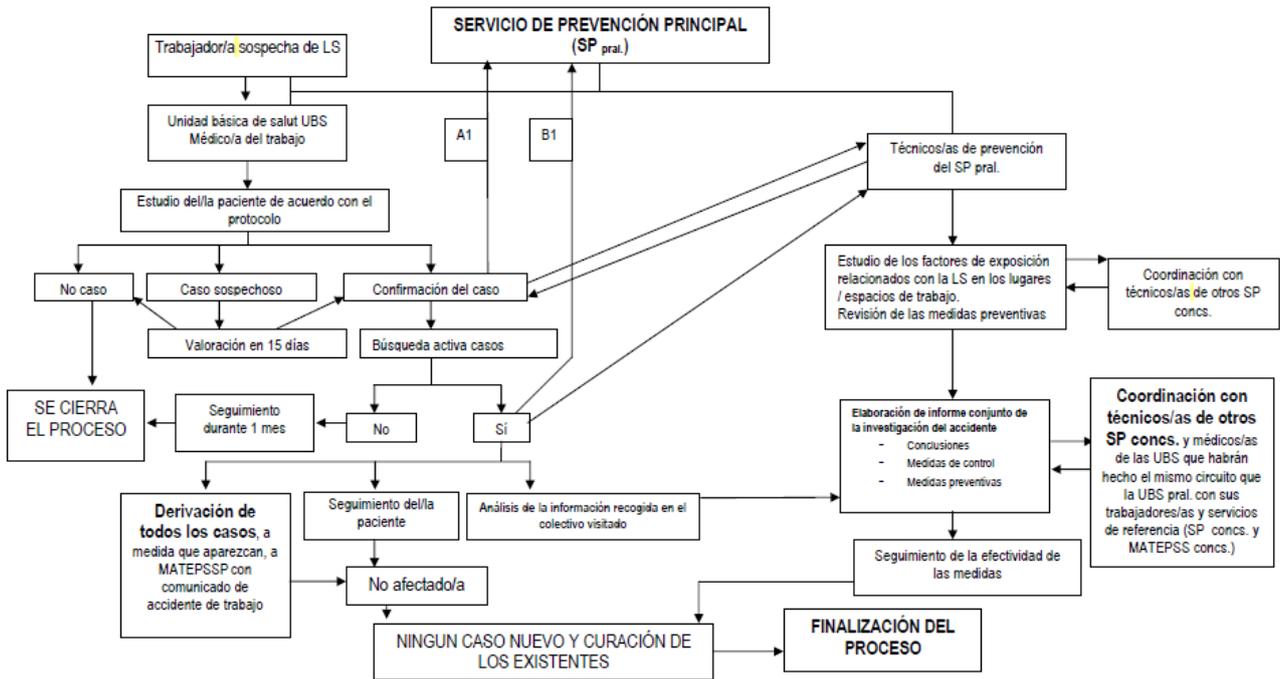
<b>LESIÓN</b>			
<b>LOCALIZACIÓN EN MUSLOS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pierna</li> </ul> Unilateral derecha <input type="checkbox"/> Unilateral izquierda <input type="checkbox"/> Bilateral <input type="checkbox"/>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localización en la pierna</li> </ul> Anterior <input type="checkbox"/> Lateral <input type="checkbox"/> Posterior <input type="checkbox"/>	
Marque con una X las casillas necesarias (puede marcar más de una) Ej.: Si es antero lateral en los dos muslos, marque: bilateral, anterior y lateral			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de la lesión con el calzado habitual</li> </ul> Pierna derecha <input type="text"/> centímetros Pierna izquierda <input type="text"/>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidas de la lesión</li> </ul> Anchura de la lesión <input type="text"/> <input type="text"/> centímetros Longitud de la lesión <input type="text"/> <input type="text"/>		DERECHA centímetros	IZQUIERDA centímetros
<b>LOCALIZACIÓN EN ANTEBRAZOS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Brazo</li> </ul> Unilateral derecha <input type="checkbox"/> Unilateral izquierda <input type="checkbox"/> Bilateral <input type="checkbox"/>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Localización en el antebrazo</li> </ul> Anterior <input type="checkbox"/> Lateral <input type="checkbox"/> Posterior <input type="checkbox"/>	
Marque con una X las casillas necesarias (puede marcar más de una) Ej.: Si es antero lateral en los dos muslos, marque: bilateral, anterior y lateral			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de la lesión en la postura de riesgo de contacto</li> </ul> Brazo derecho <input type="text"/> centímetros Brazo izquierdo <input type="text"/>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidas de la lesión</li> </ul> Anchura de la lesión <input type="text"/> <input type="text"/> centímetros Longitud de la lesión <input type="text"/> <input type="text"/>		DERECHO centímetros	IZQUIERDO centímetros
<b>OTRA LOCALIZACIÓN</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Localización: <input type="text"/></li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de la lesión en la postura de riesgo de contacto</li> </ul> <input type="text"/> centímetros			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidas de la lesión</li> </ul> Anchura de la lesión <input type="text"/> <input type="text"/> centímetros Longitud de la lesión <input type="text"/> <input type="text"/>			

**QUESTIONARIO DE INFORMACIÓN CLÍNICA SOBRE LA LIPOATROFIA SEMICIRCULAR  
DATOS DEL PUESTO DE TRABAJO**

<b>PUESTO DE TRABAJO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación del puesto : [REDACTED]</li> </ul>		
† El puesto debe ser inequívocamente identificable por la empresa		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Breve descripción del puesto: [REDACTED]</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios recientes en el puesto de trabajo (en el último año)</li> </ul>		
Cambio reciente de edificio	<input type="checkbox"/>	Fecha [REDACTED]
Cambio reciente de mobiliario	<input type="checkbox"/>	[REDACTED]
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de mobiliario cambiado [REDACTED]</li> </ul>		
<b>MESA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura</li> </ul>		
Metálica	<input type="checkbox"/>	SI
NO metálica	<input type="checkbox"/>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Soporte de recogida del cableado</li> </ul>		
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie</li> </ul>		
Madera	<input type="checkbox"/>	Bordes
Resina sintética	<input type="checkbox"/>	Estrecho y angular
Otras	<input type="checkbox"/>	Ancho y angular
		Ancho y redondeado
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
<b>SUELO DEL LUGAR DE TRABAJO</b>		
Natural (madera, otros)		<input type="checkbox"/>
Metálico		<input type="checkbox"/>
Sintético		<input type="checkbox"/>
Cerámico (hormigón)		<input type="checkbox"/>
<b>SILLA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Forro de la silla</li> </ul>		
Material textil natural	<input type="checkbox"/>	SI
Material textil sintético	<input type="checkbox"/>	NO
Material plástico	<input type="checkbox"/>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Silla con ruedas</li> </ul>		
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO O PRESIÓN CONTINUADO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se conoce la existencia del contacto o presión continuada</li> </ul>		
SI		<input type="checkbox"/>
NO		<input type="checkbox"/>
Contacto con el borde de la mesa		<input type="checkbox"/>
Contacto con la barra inferior de la mesa		<input type="checkbox"/>
Contacto con otro tipo de mueble		<input type="checkbox"/>
ESPECIFICAR EL OTRO TIPO DE MUEBLE		<input type="checkbox"/>
[REDACTED]		

## Anexo 2

Procedimiento de actuación de la empresa ante los casos de Lipoatrofia Semicircular del protocolo de actuación establecido por la Generalitat de Cataluña.



### Anexo 3

Cuestionario del protocolo de actuación establecido por la Generalitat de Catalunya.

#### DATOS DEL PUESTO DE TRABAJO

Los datos que se indican a continuación se deberán rellenar para cada tipología de puestos de trabajo homogéneos, es decir, agrupando los puestos que dispongan de las mismas instalaciones, mobiliario y equipos de trabajo:

- Identificación del tipo de puesto de trabajo (este campo debe ser común al campo que tiene el mismo nombre del anexo 2 de recogida de información médica, por lo cual se recomienda una codificación inequívoca interna de la empresa, por ejemplo LLT001...):
  
- Instalaciones generales del edificio:
  - o Sistema de ventilación general
    - Tipo:  forzado  natural
    - Renovación:.....%
    - Ventanas practicables:  sí  no
  - o Sistema de climatización  sí  no
    - Integrado en el sistema general de ventilación:  sí  no
  - o Sistema de humidificación del aire  sí  no
    - portátil
    - fijo independiente del sistema general de ventilación
    - fijo integrado en el sistema general de ventilación
  - o Instalación eléctrica

Distribución del cableado en los puestos de trabajo

suelo  pared  columnas

El cableado eléctrico dispone de aislamiento suplementario con respecto a las partes metálicas de la mesa:  sí  no

Tipo de aislamiento:.....

o Tipo del suelo

Suelo técnico:  sí  no

Material de la superficie del suelo:

- moqueta
- alfombra
- metálico
- pavimento sintético
- pavimento cerámico (baldosa, mármol, gres...)
- madera (parquet)

Tratamiento antiestático en la superficie de origen  sí  no

Aplicaciones periódicas de líquido antiestático<sup>(1)</sup>:  sí  no

Zona de aplicación:

- en torno al puesto de trabajo
- accesos al puesto de trabajo
- áreas de servicios

Producto:.....

Periodicidad:.....

<sup>(1)</sup> Adjuntar ficha de datos de seguridad y procedimiento de aplicación del líquido antiestático.

o Otros equipos:

Disponen en los puestos de trabajo de equipos tales como:

- |  | Frecuencia (Hz) |
|--|-----------------|
| <input type="checkbox"/> emisoras de radio ( <i>walkie-talkies</i> ) | .....           |
| <input type="checkbox"/> amplificadores de señal de telefonía móvil  | .....           |

- Mobiliario

o Mesa de trabajo<sup>(2)</sup>

Modelo: .....

Fabricante: .....

Distribuidor: .....

Material superficial:

madera

resina sintética

otros.....

Material de la estructura:

metálico

no metálico

Dispone de soporte (bandeja) de recogida de cableado  sí  no

Toma de tierra de protección eléctrica:  sí  no

Agrupación de mesas:  sí  no

Biombos de separación de mesas:  sí  no

<sup>(2)</sup> Adjuntar esquema de las vistas frontal y lateral (incluir medidas)

o Silla

Modelo: .....

Fabricante: .....

Distribuidor: .....

Material de la superficie:

fibra textil sintética

fibra textil natural

material plástico

Silla antiestática:

- ruedas:  sí  no

- asiento:  sí  no

- respaldo:  sí  no

o Reposapiés:

sí  no

Material:

metálico

no metálico

- Equipos de trabajo en la mesa de trabajo:

PC de sobremesa

PC portátil

impresoras / escáner

otros

o Ubicación CPU:

sobre la mesa

bajo la mesa y en el suelo

bajo la mesa en estructura metálica

o Ubicación de la impresora:

sobre la mesa personal

centralizada

## Anexo 4

### Escala triboeléctrica

Materiales de la secuencia triboeléctrica	
Los materiales tienden a ceder electrones	
MAYOR CARGA POSITVA	
+	
16	Aire
15	Piel humana
14	Cuero
13	Piel de conejo
12	Vidrio
11	Cuarzo
10	Mica
9	Cabello humano
8	Nylon
7	Lana
6	Plomo
5	Piel de gato
4	Seda
3	Aluminio
2	Papel (pequeña carga positiva)
1	Algodón (sin carga)
0	0
-1	Acero (sin carga)
-2	Madera (pequeña carga negativa)
-3	Polimetilmetacrilato
-4	Ámbar
-5	Lacre
-6	Acrílico (polímero)
-7	Poliestireno
-8	Globo de goma
-9	Resinas
-10	Goma dura
-11	Níquel, Cobre
-12	Azufre
-13	Bronce, Plata
-14	Oro, Platino
-15	Acetato, Rayón
-16	Goma sintética
-17	Poliéster (tela)
-18	Espuma de poliestireno
-19	Orlón
-20	Papel film para embalar (plástico)

## Anexo 5

Materiales y tratamientos sometidos a pruebas. Las características descriptivas se han obtenido de la información suministrada por los fabricantes (web) o distribuidores.

B1	Barniz al agua brillante incoloro con resina de poliuretano
----	---

### PROCOBAR AQ BRILLANTE

- Barniz transparente a base de resinas acrílicas modificadas con poliuretano en base agua.
- Propiedades: Gran resistencia a la abrasión, excelente dureza y elasticidad, con resina de poliuretano, no se mancha por contacto ocasional de productos domésticos tales como licores, colonias, aceite, zumos de frutas, etc., totalmente lavable con agua, jabón, detergentes y demás productos de limpieza de uso doméstico.
- Usos: Barnizado de parquets, suelos de madera y madera interior en general.
- Características técnicas: Vehículo fijo Resinas acrílicas modificadas con poliuretano. Disolvente Agua.
- Espesor de película 60-80 micras húmedas. 22-30 micras secas.

B2	Aceite modificado de alta resistencia (TIMBEREX)
----	--

TIMBERGUARD: aceite natural para la protección de madera exterior diseñado para el tratamiento y cuidado de muebles de madera, puertas, ventanas, tarimas etc. Contiene filtros UV que retardarán el proceso de envejecimiento, manteniendo la madera con un aspecto fresco. Las propiedades antibacteriales, del producto inhiben el crecimiento de algas, mohos y xilófagos.

Timberex penetrates the wood and protects it from the inside. Fast curing, water and wear-resistant, the deep penetrating oils protect wood from within and are superior to thin surface coatings. Refurbishment is easily completed without sanding by simple application of refurbishing oils in conjunction with light buffing.

B3	Barniz sintético satinado incoloro con poliuretano (130 PROCOBAR)
----	---

### PROCOBAR SATINADO

- Barniz tinte transparente a base de resinas sintéticas con poliuretano.
- Propiedades: Acabado satinado, muy transparente y uniforme, excelente dureza y elasticidad, totalmente lavable, gran resistencia a roces y golpes.
- Usos: Para el barnizado de todo tipo de superficies de madera en interiores, también es indicado su empleo en exteriores siempre que estén protegidos del sol directo. Está especialmente indicado para barnizar puertas, paredes y techos de madera, bancos, sillas, mesas y toda clase de muebles en general.
- Características técnicas: Vehículo fijo. Alquídica poliuretana. Disolvente: Hidrocarburos alifáticos.
- Espesor de película : 60-80 micras húmedas. 27-37 micras secas.

9	Flint natural	Pavimento laminado (Ref. 010206)
---	---------------	----------------------------------

- Tipo de Madera: Roble
- Colección: Living Floor. Color: Claro
- Resistencia al desgaste: AC5 – AC6
- Resistencia al fuego: Bfl – s1
- Carga electrostática: <2,04 Kv
- Formato: 1245 x193 mm

10	5379	Suelos vinílicos autoportantes de PVC puro 100% en formato loseta. Roble ceniza.
----	------	--

- Suelos vinílicos autoportantes de PVC puro 100%, en formato loseta.
- Capa de uso de 0,7mm, con tratamiento PU que facilita su mantenimiento, y un espesor total de 5mm. Certificaciones CE, ISO 9011 y 14001.
- Uso: oficinas, instalaciones sobre suelo elevado, grandes superficies, locales comerciales, halls, etc.
- Con tratamiento bacteriostático y fungicida.
- Resistencia al fuego Bfl-S1
- Color: Roble Ceniza

- Formato de lamas, capa de uso 7mm, ancho 180mm, grosor 50mm

11	Linóleo 1		Xtreme Natural Oak 226M VIPRO contact floors
12	Linóleo 2		Xtreme Natural Beech 662 L

- Se trata de dos suelos vinílicos enrollables, por tanto están también compuestos de PVC al igual que el 5379, sin embargo estos presentan una flexibilidad elevada. No se ha podido encontrar la composición exacta.
- Medidas del rollo: 2000 / 4000 mm
- Fabricante: Beauflor (<https://www.beauflor.com/en/products/heavy-duty/xtreme>)

13	Suelo técnico 1		Floover LVT: Original-Natural-white washed (NT1201)
----	-----------------	--	---

- Medidas: 1235 x 230 mm
- Grosor capa superior: 0.3 mm
- Espesor total: 1.6 mm
- Acabado: Super Coating
- Textura: Grano fino
- Loose Lay: 5mm
- Fabricante: Floover (<https://floover.com/es/lvt-original-natural/>)
- La estructura de este suelo podría ser como la del esquema siguiente. Una capa de PVC transparente por encima de una capa de decoración seguida de una capa de PVC reforzada con fibra de vidrio y una base amortiguada.



- ① Layer of transparent PVC 0,55 mm
- ② Printed Decor
- ③ Core layer PVC reinforced with fiberglass
- ④ Backing PVC with micro antiskid



14	Suelo técnico 2		
----	-----------------	--	--

Del suelo técnico 2 no se conocen las características. Había estado en uso y representaría un material similar al ST1 aunque con acabado más brillante y menos rugoso que este.

## **Detergente antiestático**

Diversey Jontec Destat F9b

TASKI Jontec Destat: Limpiador mantenedor para suelos, efecto antiestático.

Limpiador antiestático para el mantenimiento de suelos conductivos o tratados.

Disipa la electricidad estática en los suelos, reduciendo así los problemas de descargas eléctricas.

Características:

- pH
- Adecuado para usar en la mayoría de suelos duros resistentes al agua y sobre suelos tratados.
- Limpia sin eliminar el brillo de la superficie.
- Reduce las descargas eléctricas creadas por cargas estáticas en clientes y personal.
- Puede ser utilizado sobre cualquier superficie dura resistente al agua y también prepara los suelos conductivos para la aplicación de capas posteriores.

Dosificación: Manual: 700ml. por 10l. de solución (7% / 1:14).

