

**SIMCO** ION™

An ITW Company

Líderes mundiales en **control de electricidad estática**



# Ionización del aire

## Teoría y Práctica

*Control de la Contaminación Estática y de Partículas Mediante Tecnología de Ionización*



# Descripción general

Cualquiera que haya caminado sobre una alfombra y luego haya tocado la manija de puerta ha sentido los efectos de la electricidad estática. La descarga “insignificante” de la manija de puerta puede haber ascendido a 5000 voltios en el cuerpo de la persona y tiene el potencial de derretir las vías conductoras de muchos microchips.

La descarga electrostática puede dañar fácilmente los dispositivos electrónicos sensibles de varias maneras. La carga estática atrae partículas contaminantes a las superficies de los productos, como las obleas de semiconductores. A menudo, el bloqueo del microprocesador en dispositivos robóticos y las dificultades de manipulación de materiales se pueden atribuir a la presencia de carga estática. La pérdida de dinero debido a la electricidad estática es asombrosa y sus efectos no se limitan de ninguna manera a la industria electrónica.

La electricidad estática afecta las tasas de producción y la calidad del producto, lo que reduce la rentabilidad. Desde el componente hasta el producto terminado, la posibilidad de daños debido a descargas electrostáticas (ESD), contaminación o problemas de manipulación del producto siempre está presente. El costo de estos problemas aumenta a medida que un producto avanza en su ciclo de fabricación. Los daños en los componentes que pueden no aparecer durante las pruebas de producción pueden causar fallas en el campo, donde la confiabilidad es un factor mucho más crítico.

Si bien la carga electrostática no se puede eliminar por completo, se puede controlar, y el propósito de este folleto es explicar cómo se puede lograr este control.

Ionización del aire, teoría y práctica es una descripción general de los conceptos básicos de la electricidad estática: qué es, cómo y por qué es un problema, qué medidas correctivas se pueden tomar para contrarrestar sus efectos y, por último, un análisis de por qué la ionización del aire debe incluirse en cualquier programa exitoso para controlar la carga estática en el lugar de trabajo.



# Electricidad estática

La electricidad estática es un fenómeno conocido, pero a menudo mal entendido, asociado con la carga eléctrica estacionaria. Las leyes de la naturaleza intentan mantener un equilibrio de carga positiva y negativa, y lo ideal sería que los objetos permanecieran neutrales sin carga neta.

La carga estática se produce cuando las moléculas en la superficie de un objeto se cargan o se polarizan. La carga puede ser negativa o positiva, dependiendo de si la superficie cargada tiene un exceso o deficiencia de electrones.

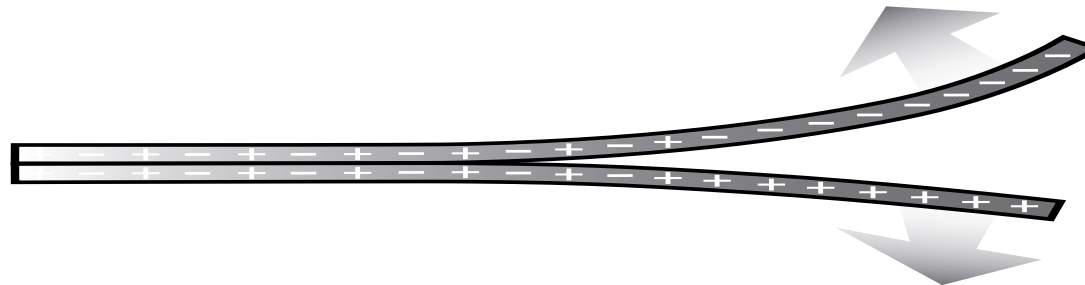
Los materiales que se caracterizan por su capacidad de permitir el movimiento de una carga eléctrica se conocen comúnmente como materiales conductores o disipadores de estática. Los materiales no conductores o aislantes, por el contrario, no permiten que se mueva una carga eléctrica. El agua del grifo y la mayoría de los metales son excelentes conductores de electricidad, mientras que el plástico, el cuarzo y el vidrio son ejemplos de no conductores. Cualquier tipo de material puede cargarse con electricidad estática. Las formas más comunes de generar electricidad estática son la inducción y la carga triboeléctrica.

## Problemas causados por la carga estática

- Contaminación debido a la atracción electrostática y la unión de partículas a superficies cargadas
- Destrucción de dispositivos sensibles debido a un evento de descarga electrostática (ESD)
- Mal funcionamiento o bloqueo de microprocesadores debido a una descarga estática
- Problemas de flujo de productos o fabricación causados por la carga estática

### Carga Triboeléctrica

Siempre que se separan dos superficies en contacto cercano, una superficie pierde electrones y se carga positivamente. La otra superficie gana electrones y se carga negativamente.



## Carga por inducción

La carga inductiva se produce cuando un objeto cargado crea un campo electrostático estacionario. Es difícil cargar no conductores por inducción. Sin embargo, conectar a tierra un objeto conductor cuando está en el campo hace que adquiera una carga estática de polaridad opuesta al campo sin haber tocado el objeto cargado original.

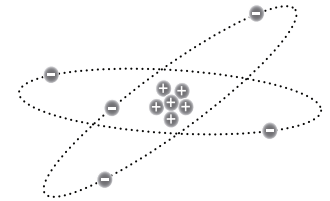
El campo electrostático del objeto original atrae (o induce) una carga de polaridad opuesta a la superficie del nuevo objeto colocado dentro del campo. Si luego se aísla ese objeto de la tierra y se lo retira del campo, mantendrá una carga electrostática.

## Carga triboeléctrica o por fricción

La fricción es el principal medio de generación de electricidad estática. Siempre que se separan dos superficies en contacto cercano, una superficie pierde electrones y se carga positivamente, mientras que la otra superficie gana los mismos electrones y se carga negativamente. La carga total de los dos materiales permanece igual e incluso puede ser cero. Sin embargo, después de la separación, cada superficie conserva su carga positiva o negativa, a menos que la superficie sea conductora y se proporcione una ruta a tierra.

Cualquier material (sólido, gas o fluido), ya sea conductor o no conductor, puede cargarse triboeléctricamente. La magnitud y polaridad de la carga dependen de las características de los dos materiales y se ven afectadas por varios factores, como el estado de la superficie, el tamaño del área que se frota o separa, la presión entre las superficies y

*La carga triboeléctrica se produce cuando el roce u otras fuerzas físicas hacen que los electrones abandonen su órbita y se desplacen de la superficie de un material a la superficie de otro.*

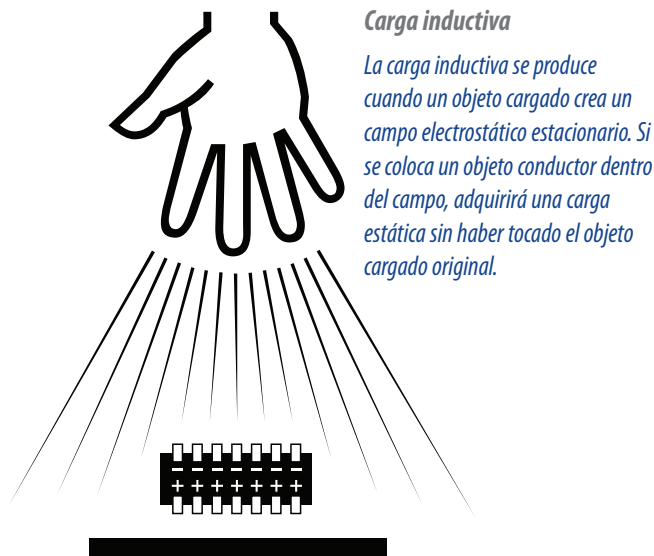




la velocidad de separación o frotamiento. En general, las superficies más lisas, las superficies más grandes y la mayor velocidad o presión entre las superficies generan niveles más altos de carga electrostática.

La serie triboeléctrica es una clasificación de materiales en orden de probabilidad de cargarse positiva o negativamente. Si se frota entre sí dos materiales enumerados en esta tabla, el que se encuentra más arriba en la lista se carga positivamente, mientras que el que se encuentra más abajo adquiere una carga negativa. Cuanto mejor sea el aislante, más fácilmente se cargará por fricción. Los materiales no conductores, como el plexiglás™ o el teflón™, se cargan fácilmente y pueden generar grandes cantidades de carga estática, a veces superiores a los 25,000V.

Un aislante puede cargarse triboeléctricamente por contacto y separación con un conductor, incluso si el conductor está conectado a tierra. El conductor, si está aislado de la tierra, puede cargarse por separación del no conductor.



## Serie Triboeléctrica

### Positiva

- Aire
- Manos Humanas
- Agua
- Vidrio
- Mica
- Cabello humano
- Nailon
- Lana
- Plomo
- Aluminio
- Papel
- Algodón
- Acero
- Madera
- Caucho duro
- Niquel y cobre
- Latón y plata
- Oro y platino
- Rayón acetato
- Poliéster
- Poliuretano
- Polietileno
- PVC (vinilo)
- Silicio
- Teflón

### Negativa

## ¿Por qué es un problema la carga estática?

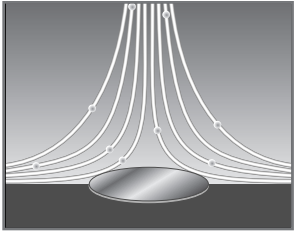
Todo, incluido el movimiento de personas, las partes móviles de la maquinaria y el flujo de fluidos, puede generar carga estática. Si la presencia de estática es tan extensa, ¿por qué es un problema?

Cuando la carga estática se acumula en un producto sensible, una superficie de trabajo, un equipo o una persona, el resultado puede ser destructivo. Los productos pueden resultar dañados, los procesos pueden degradarse y pueden surgir una larga lista de otros problemas, a veces misteriosos.

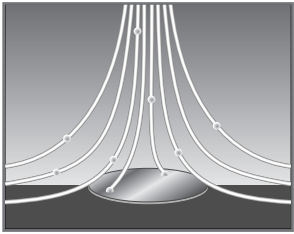
### Contaminación

Una sala limpia no es exactamente lo que su nombre indica. Una sala limpia es un área de trabajo en la que los sistemas de filtración de aire de alta eficiencia eliminan las partículas del aire cuando ingresan a la sala. Pero una sala limpia también contiene personas, máquinas y varios tipos de equipos de proceso, cada uno de los cuales contribuye a la contaminación del medio ambiente.

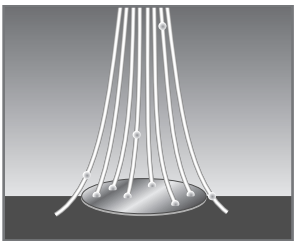
Los materiales que se utilizan normalmente en la sala limpia (plástico, cuarzo, cerámica, vidrio y silicio) son buenos aislantes y se cargan fácilmente. Debido a que el aire que ingresa a la sala limpia pierde su contenido iónico normal a medida que avanza a través del sistema de filtración de aire, pierde sus cualidades disipadoras de electricidad estática. Por lo tanto, las salas limpias modernas fomentan niveles más altos de carga estática que permanecen en los objetos durante largos períodos de tiempo. La naturaleza misma de la sala limpia dificulta la aplicación de medidas antiestáticas porque la mayoría de los tratamientos de superficie y muchos materiales disipadores de electricidad estática no son compatibles con la sala limpia.



Oblea sin carga estática



Oblea cargada a 500V



Oblea cargada a 4000V

*La carga estática afecta fuertemente al comportamiento aerodinámico de las partículas. El experimento de Inoue utiliza una técnica de fotografía mejorada con láser para mostrar cómo se comportan las esferas de látex cuando se dispersan en un flujo de aire laminar de 100 pies por minuto sobre una oblea cargada. El experimento demuestra de manera espectacular cómo las partículas son extraídas de un flujo de aire laminar y atraídas hacia una oblea cargada.*

Si una superficie crítica del producto se carga, como sucede a menudo durante el proceso de producción, y si la carga no se elimina, la superficie atrae partículas suspendidas en el aire en la sala limpia. Independientemente del sistema de filtración, el personal, la maquinaria y los procesos pueden introducir partículas en el aire. La atracción electrostática que afecta a estas partículas es sorprendentemente fuerte. Una vez adheridas a una superficie cargada, es muy difícil eliminar la contaminación. La contaminación de esta naturaleza es un contribuyente importante a la degradación del producto y al fallo del dispositivo.

A finales de los años 1980 y principios de los años 1990 se realizaron numerosas investigaciones sobre el fenómeno de la atracción de partículas hacia superficies cargadas. En la reunión técnica del Instituto de Ciencias Ambientales (IES) de 1991, Roger Welker de IBM, San José, concluyó que "el uso de iones de aire produce una reducción significativa de las tasas de contaminación de superficies en comparación con condiciones de prueba idénticas sin iones de aire". En la sala limpia donde se realizaron las pruebas, los recuentos de partículas en suspensión en el aire de fondo eran bastante bajos, sólo 2,0 partículas de 0,5 µm y más grandes por pie cúbico.

En un artículo publicado por Masanori Inoue ("Deposición de Aerosol Sobre Obleas", Inoue, et.al., 1988) y presentado en la reunión técnica del IES de 1988, Inoue demostró que la carga electrostática en una sala limpia es el factor más importante que causa la contaminación de superficies por partículas de aproximadamente 0,3 micrones de tamaño. Además, en sus condiciones de prueba, observó que la carga electrostática era un factor 1000 veces mayor que la difusión o la gravedad en la deposición de partículas sobre obleas.

Un estudio realizado por D.W. Cooper, "Deposición de Partículas de Aerosol Submicrónicas Durante la Fabricación de Circuitos Integrados: experimentos" (Cooper et. al., 1988), respalda la observación realizada por Inoue. Cooper revisó experimentos en los que las obleas tienden a cargarse en una sala limpia en funcionamiento y descubrió que los efectos electrostáticos pueden ser el mecanismo de deposición de partículas dominante para partículas entre 0,1 y 1,0 micrones de diámetro.

Otro artículo de Michael Yost, "Atracción Electroestática y Control de Partículas" (Yost et. al., 1986), explora la física del proceso de atracción y calcula la fuerza de unión entre una partícula de 1 micrón y una oblea de 4" con una carga superficial de 1000 voltios. Las fuerzas electrostáticas que mantienen una partícula adherida a una superficie cargada son muy fuertes en comparación con la gravedad o las fuerzas aerodinámicas, como un chorro de aire. Los resultados demuestran claramente que la carga estática presente en la sala limpia hace que las superficies de las obleas se contaminen y sean difíciles de limpiar. Un artículo relacionado con equipos de Long, Peterman y Levit (Long et. al., 2006) demostró que la eliminación de la carga estática de las superficies de las obleas mejoraba significativamente la eficiencia de limpieza de esas superficies.

## Descarga Electroestática (DES)

No hay duda de que la DES provoca fallos en los dispositivos electrónicos durante varios procesos de producción, embalaje y prueba. A medida que las dimensiones y tolerancias críticas de los componentes y circuitos se hacen cada vez más pequeñas, se vuelven menos tolerantes a la ESD. En los circuitos diseñados para funcionar a voltajes cada vez más bajos, niveles mínimos de carga pueden provocar daños o destruir un dispositivo.

Cuando se examinan los dispositivos averiados con un microscopio electrónico de barrido, se hacen visibles los efectos catastróficos de la ESD. Los cortocircuitos debidos a fallas de óxido y las líneas de metal vaporizado son solo dos de los efectos observados.

Estudios recientes han demostrado que la descarga estática puede causar problemas incluso más graves que la simple reducción del rendimiento general. La degradación del dispositivo debido a la descarga estática puede no aparecer en las pruebas de componentes. Si un dispositivo falla más adelante en un ensamblaje, se genera un costo adicional para rehacerlo o reemplazarlo. Pero cuando un

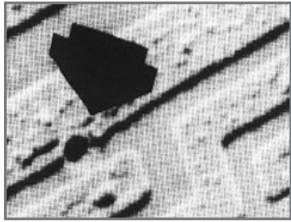
### ***Niveles de Carga Típicos que se Encuentran en la Sala Limpia***

*Muchos objetos comunes en la sala limpia pueden contener niveles de carga electrostática altamente destructivos.*

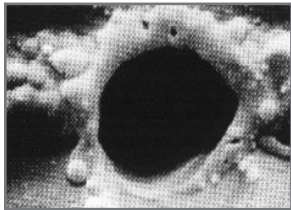
Obleas	5 kV
Tableros de Mesa	10 kV
Batas	10 kV
Artículos de Cuarzo	15 kV
Cubiertas de Acrílico	20 kV
Gabinets de Almacenamiento	30 kV
Portadores de Obleas	35 kV
Cinta de Plástico	40 kV



dispositivo falla en el campo, el costo de repararlo o reemplazarlo puede llegar a ser fácilmente 100 veces más caro que si se detectara durante la fabricación. Según las estimaciones de la industria, por cada defecto relacionado con DES que se encuentra en la fabricación, se producen entre dos y cinco fallos adicionales en el campo. La DES no solo cuesta millones de dólares en tiempo de inactividad y pérdida de productos, sino que también está minando la valiosa confianza de los usuarios. En el peor de los casos, la falla de un dispositivo crítico en una aplicación militar, aeroespacial o médica podría ser fatal.



200x



5000x

### Bloqueo de microprocesadores/robots

A medida que los dispositivos se han vuelto cada vez más complejos y sofisticados, también lo ha hecho el equipo diseñado para producirlos y manipularlos. Casi todos los equipos de producción nuevos tienen múltiples microprocesadores que los controlan y, por lo tanto, son cada vez más sensibles a los problemas relacionados con la DES.

Los microprocesadores y los dispositivos robóticos controlan la fabricación de un número cada vez mayor de componentes. Los niveles de electricidad estática que antes podían destruir un solo dispositivo en una oblea ahora tienen la capacidad de destruir un lote completo de obleas. Aunque los dispositivos robóticos pueden estar conectados a tierra, los productos que manipulan a menudo tienen niveles significativos de carga electrostática. Es posible que un solo evento de DES en un punto a lo largo de una línea de ensamblaje robótico pueda ser suficiente para detener toda la operación. También es posible, en determinadas condiciones, que el personal transmita altos niveles de electricidad estática a través de un teclado a dispositivos electrónicos sensibles dentro del equipo de producción.

### ***Daños debidos a DES***

*Un solo evento de DES puede causar daños fatales a dispositivos electrónicos sensibles. La flecha en la foto superior muestra el lugar del daño por DES en un semiconductor. La segunda foto proporciona una vista detallada del puente de metal que se ha formado entre las dos líneas de metal por el evento de DES.*

*Fotos de SEM cortesía de 3M.*

## Manipulación de materiales

La carga estática dificulta el manejo de una infinidad de materiales y puede crear problemas en sectores tan diversos como la impresión y la agricultura. Por lo general, un material fino que se procesa en hojas o en bandas y se mueve sobre superficies crea un alto nivel de carga electrostática. Por ejemplo, la película de plástico que se utiliza en fotografía es muy susceptible a lo que comúnmente se conoce como “adherencia estática”. Además, el polvo y la electricidad estática son atraídos electrostáticamente a la película, dejando manchas y motas reveladoras en las diapositivas y las impresiones terminadas. La electricidad estática atrae polvo y pelusa a las cámaras, escáneres y equipos de procesamiento de fotografías, lo que da lugar a costosas remakes. En la industria de la impresión, la carga estática en la sala de impresión puede hacer que el polvo se adhiera a las placas y las mantillas, y que el papel se atasque en las prensas.

Más desastroso es la posibilidad de problemas de electricidad estática en lugares de trabajo como elevadores de granos o plantas de procesamiento de petróleo. Cuando los materiales pulverizados pasan por conductos o los destilados de petróleo fluyen por tuberías, siempre existe el peligro de acumulación de electricidad estática. Los productos cargados se adhieren a los equipos de procesamiento, lo que restringe el flujo. Peor aún, la descarga electrostática en una atmósfera combustible puede causar explosiones e incendios.



## Métodos de control de la electricidad estática

Por lo general, es imposible eliminar por completo la electricidad estática de los entornos de producción, pero con el uso adecuado de los equipos y los procedimientos correctivos, la mayoría de los problemas de electricidad estática se pueden controlar. A lo largo de los años se han probado muchos enfoques para controlar la carga estática. Está claro que no existe un método único para controlar todos los problemas de electricidad estática. Una consideración importante al seleccionar el método adecuado es si el material cargado es un conductor o un aislante. La electricidad estática en un conductor se puede controlar fácilmente si el objeto se puede conectar a tierra. La conexión a tierra simplemente proporciona un camino para que la carga pueda migrar hacia o desde el suelo. Cuando un conductor se conecta a tierra, toda su carga se neutraliza y permanece en potencial de tierra. Pero como las cargas no migran sobre los aisladores, la conexión a tierra no funciona. La conexión a tierra de un aislador no elimina la carga ni afecta la capacidad del aislador de cargarse.

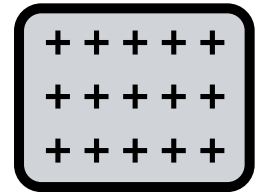
Siempre que se siga una rutina estricta, el personal puede conectarse a tierra mediante el uso de trajes, batas, guantes y correas para las muñecas y los talones que disipen la electricidad estática. Las estaciones de trabajo pueden protegerse con tableros y tapetes que disipen la electricidad estática y pisos conductores. Los materiales y dispositivos pueden transportarse en bolsas, contenedores y cajas protectoras hechas de materiales conductores o que disipen la electricidad estática. Estos procedimientos

“pasivos” no siempre se pueden emplear y están sujetos a errores humanos. Muchos objetos utilizados en la producción están hechos de materiales como Teflon™, cuarzo o Lexan™. Estos materiales son buenos aislantes para los que no existe un sustituto “antiestático”.

Los materiales antiestáticos o disipativos suelen contener aditivos que migran a la superficie del material y atraen una fina capa de agua. Esta fina capa de agua hace que la superficie del material sea conductora, lo que permite que la carga estática se desplace desde la superficie hasta el suelo. Si se pierde la capa de agua, se pierden las propiedades antiestáticas y el material se comporta como un aislante. Otros materiales disipadores de electricidad estática se fabrican mezclando partículas conductoras, como el carbono, con materiales no conductores. Sin embargo, estos materiales suelen sufrir desprendimientos y causar problemas de contaminación.

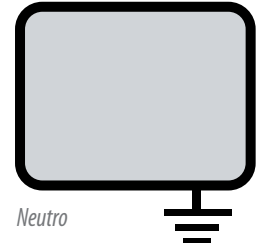
Muchos de estos métodos tienen limitaciones cuando se aplican a las operaciones de una instalación de sala limpia típica. El proceso de fabricación a menudo requiere una gran cantidad de movimiento de personas y productos entre estaciones de trabajo, lo que hace que el uso de muñequeras sea poco práctico. La mayoría de los materiales antiestáticos o disipativos tienen aditivos que provocan la contaminación de la sala limpia.

Conductor aislado



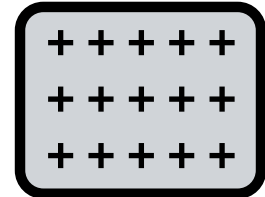
Cargado +

Conductor puesto a tierra



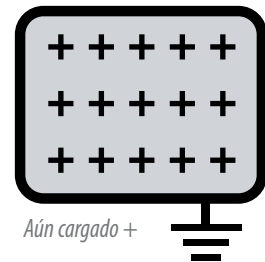
Neutro

Aislante



Cargado +

Aislante puesto a tierra



Aún cargado +



# Una palabra sobre el aumento de la humedad

Los materiales aislantes más comunes, como tela, madera, papel y mampostería, contienen una cierta cantidad de humedad que depende de la humedad relativa del aire. Hasta cierto punto, el contenido de humedad afecta la conductividad de estos materiales y su capacidad para mantener la carga estática. Cuando mayor sea la humedad relativa (>50%), mayor será la conductividad. Por el contrario, cuanto menor sea la humedad (<30%), más aislantes serán estos materiales y más carga mantendrán. Lógicamente, se deduciría que la humedad alta sería un medio eficaz para controlar la estática. Sin embargo, se ha demostrado que esto es un concepto erróneo. Incluso con una humedad relativa alta, se pueden generar niveles inaceptables de carga estática y permanecer durante largos períodos de tiempo. Además, la humedad alta puede contribuir a otros problemas, como la oxidación y las dificultades de soldadura. El uso de la humedad alta como medio para controlar la carga estática es lento, incómodo, costoso y, a menudo, ineficaz.

## Ionización del aire – Conductive Air<sup>SM</sup>

La ionización del aire se utiliza cada vez más para controlar o neutralizar la carga estática que se encuentra en entornos críticos. Los ionizadores hacen que el aire sea lo suficientemente conductor como para disipar la carga estática tanto en los aisladores como en los conductores aislados.

### Los iones del aire y el proceso de ionización

Los iones del aire son moléculas de aire que han perdido o ganado un electrón. Los iones están presentes en el aire normal, pero se “eliminan” cuando el aire se somete a filtración y acondicionamiento. Se producen por emisión radiactiva, fotones de rayos X o por un fenómeno llamado “descarga de corona”, donde se aplica un alto voltaje a una punta afilada.

Todos los sistemas de ionización del aire funcionan inundando la atmósfera con iones positivos y negativos. Cuando el aire ionizado entra en contacto con una superficie cargada, esta atrae iones de polaridad opuesta. Como resultado, se neutraliza la electricidad estática que se ha acumulado en productos, equipos y superficies.

Por lo general, el aire es muy aislante y tiene una resistividad que supera los  $10^{15}$  ohms/metro. Si se aumenta la cantidad de iones en el aire, es posible reducir la resistividad del aire a  $10^{11}$  ohmios/metro, lo que hace que el aire sea más conductor. Conductive Air<sup>SM</sup> puede neutralizar la carga estática en todas las superficies con las que entra en contacto. El campo de una superficie cargada atrae iones de polaridad opuesta hasta que se neutraliza la carga de la superficie.

### ¿Cómo funciona realmente la ionización del aire?

*Todos los sistemas de ionización del aire funcionan inundando la atmósfera con iones positivos y negativos. Cuando el aire ionizado entra en contacto con una superficie cargada, esta atrae iones de polaridad opuesta. Como resultado, se neutraliza la electricidad estática que se ha acumulado en los productos y equipos.*

### Continuo de resistividad

*Mediante el uso de la ionización, la resistividad del aire ambiente disminuye en cuatro órdenes de magnitud, lo que hace que el aire sea más conductor.*







## Ionización bipolar

Se requieren iones de ambas polaridades porque se crean cargas tanto positivas como negativas en el área de trabajo. Existen numerosas formas de crear y proporcionar ionización bipolar del aire, y puede que no exista un único método “mejor” de ionización para todas las situaciones. La decisión sobre qué método es mejor para una aplicación específica depende del entorno, el problema a resolver y la naturaleza del trabajo que se realiza en el área. Los iones se mueven por campo y por flujo de aire, y la eficacia de un sistema depende de varias condiciones ambientales.

A lo largo de los años, se han desarrollado varios sistemas para generar iones. Un factor principal que los distingue de otros es si el sistema utiliza elementos de CA de alto voltaje, CC, corriente continua pulsada, nucleares o de rayos X para crear iones. Estos cinco tipos de sistemas varían en eficiencia. A veces, los problemas con la recombinación de iones y los puntos calientes (áreas con desequilibrio iónico) deben resolverse antes de que un sistema funcione correctamente.

A continuación, se incluye una breve descripción de las diferencias en las tecnologías de ionización y algunos ejemplos de dónde se ha utilizado cada tecnología.

### Corriente alterna (CA)

Se aplica un alto voltaje a una serie de puntos emisores muy espaciados, que funcionan de forma alternada (negativa y positiva) a la frecuencia de línea (50/60 Hz). La tecnología de CA se utiliza en rejillas, sopladores ionizadores, pistolas y barras. Debido al ciclo rápido y la recombinación iónica resultante, los sistemas de CA deben tener altos niveles de flujo de aire para expulsar los iones de los puntos emisores.

#### Tipos de ionización del aire

- Corriente alterna (CA)
- CC en estado estable
- CC pulsada
- Nuclear
- Rayos X

### CC en estado estable

Con este método, se proporcionan puntos emisores separados para cada polaridad. El alto voltaje positivo se aplica continuamente a la mitad de los puntos emisores, mientras que el alto voltaje negativo se aplica continuamente a la otra mitad. La corriente continua en estado estacionario se utiliza en sistemas de sala, campanas de flujo laminar, sopladores ionizantes y pistolas de soplado ionizantes. La corriente continua en estado estacionario funciona con flujo de aire bajo y alto, siempre que los puntos emisores estén lo suficientemente separados para reducir la recombinación de iones, sin crear puntos calientes.

### Corriente continua pulsada

Positive and negative emitter points are alternately encienden and apagan de forma alternada, lo que crea nubes de iones positivos y negativos. La corriente continua pulsada se puede utilizar en salas no limpias, así como en salas limpias y campanas de flujo laminar. Por lo general, no se utiliza en sopladores ionizantes ni pistolas de soplado ionizantes.

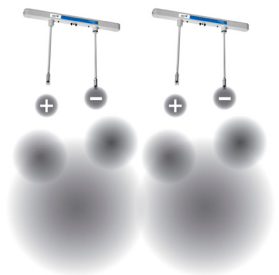
La ventaja de este sistema es su flexibilidad y versatilidad, ya que la temporización del ciclo se puede ajustar a las condiciones específicas del flujo de aire. Por ejemplo, en áreas de bajo flujo de aire, puede requerirse un tiempo más prolongado para superar la recombinación de iones y permitir que los iones lleguen al área de trabajo. En ciertos tipos de entornos, puede ser necesaria una mayor proporción de una polaridad sobre la otra. La corriente continua pulsada permite que cualquiera de las dos polaridades permanezca activada durante el tiempo que sea necesario. Algunos sistemas cuentan con tiempos de apagado ajustables en los que ninguna polaridad está activada, lo que permite una dispersión más eficaz de los iones.

### Ionización por corriente continua pulsada

Los sistemas de CC pulsada utilizan puntos emisores positivos y negativos que se encienden y apagan alternativamente para crear nubes de iones positivos y negativos. La polaridad y la sincronización del ciclo se pueden ajustar para proporcionar el equilibrio y el nivel de control estático necesarios en un entorno específico.



Emisor de techo



Los sistemas de CC pulsada crean nubes de iones positivos y negativos



## Nuclear

Diseñados para su uso en barras ionizadoras, pistolas y sopladores, los ionizadores nucleares suelen contener polonio 210 como fuente radiactiva. La desintegración radiactiva del polonio emite partículas alfa que ionizan el aire. Los ionizadores nucleares solo están disponibles en régimen de alquiler, ya que las reglamentaciones federales prohíben la venta directa de dispositivos radiactivos.

## Rayos X

Diseñados para su uso dentro de equipos de producción, rayos X o fotones, los ionizadores utilizan rayos X de baja energía para ionizar el aire. A medida que los rayos X pasan a través del aire dentro de una herramienta de producción, ionizan el aire a lo largo de un camino de aproximadamente un metro. No se requiere flujo de aire para dispersar los iones por todo el ionizador del equipo. Las regulaciones federales exigen blindaje y enclavamientos eléctricos para fuentes de rayos X con energías superiores a 5 keV. Para fuentes inferiores a 5 keV, se requieren controles mínimos, aunque el sentido común dicta que se debe tener cuidado cuando se utiliza el ionizador.

## Aplicación de Ingeniería

Manejar eficazmente la carga estática puede ser un problema bastante complejo que requiere una variedad de soluciones. Al elegir un sistema de ionización de aire, hay varios factores importantes que se deben tener en cuenta.

### Flujo de aire

Algunos dispositivos de ionización requieren flujo de aire para funcionar correctamente, mientras que otros no. Si se eligen ionizadores que requieren flujo de aire, deben depender del flujo de aire disponible o incluir ventiladores en su diseño. Se debe determinar si los ventiladores para distribuir iones de aire son compatibles con el entorno de trabajo. Los ionizadores de gas comprimido requerirán una fuente de gas (generalmente aire o nitrógeno) y un filtrado compatible con su área de uso.

### Distribución y control de energía

Los ionizadores autónomos requieren energía de 120V CA y se deben tomar las medidas necesarias para suministrar esta energía a cada ionizador. Los sistemas más grandes distribuyen energía desde un controlador central utilizando cableado de bajo o alto voltaje. Los requisitos de control varían según la aplicación. Las situaciones menos críticas se pueden satisfacer con configuraciones de control de fábrica o un solo ajuste de un área completa mediante un controlador central. En aplicaciones críticas, o en áreas que carecen de condiciones uniformes, la creación de pequeñas zonas mediante el ajuste fino de cada punto emisor puede proporcionar un control preciso tanto del equilibrio iónico como del nivel. Los sensores de retroalimentación proporcionan supervisión y control en aplicaciones críticas.

### Ingeniería

*Manejar de manera eficiente la carga estática puede ser un problema complejo que requiere una variedad de soluciones. Al elegir un sistema de ionización de aire, hay una serie de cuestiones importantes que deben examinarse.*

- Características del flujo de aire
- Distribución de energía
- Materiales del punto emisor
- Consideraciones de instalación
- Confiabilidad y mantenimiento
- Pruebas y evaluación
- Servicio y garantía
- Costo del sistema

## **Materiales del punto emisor**

El método convencional utilizado para crear iones, la descarga de corona, puede erosionar los puntos emisores metálicos. Aunque las partículas perdidas por erosión son de tamaño submicrónico, pueden llegar a las superficies del producto o del equipo y causar defectos. Se ha descubierto que los puntos emisores hechos de silicio monocristalino generan muy pocas partículas metálicas, y es poco probable que estas resulten en defectos del producto. Para la amplia variedad de aplicaciones de los ionizadores, es importante que haya una variedad de materiales disponibles para los puntos emisores, incluido el silicio monocristalino. La sensibilidad del entorno de fabricación siempre debe tenerse en cuenta al seleccionar los materiales para los puntos emisores. El silicio monocristalino es el material emisor más adecuado para la fabricación de obleas de silicio. En esta aplicación, se deben evitar los puntos metálicos.

## **Consideraciones de instalación**

Los métodos utilizados para montar y conectar el dispositivo de ionización son consideraciones importantes y deben ser compatibles con todos los códigos de seguridad y requisitos de las instalaciones. Si la instalación se realizará en una sala limpia en funcionamiento, no debe interferir con la producción en curso ni comprometer la integridad del entorno.

## **Confiabilidad y mantenimiento**

ATodos los dispositivos de ionización requieren un mantenimiento periódico. Normalmente, el mantenimiento consiste en un simple procedimiento de limpieza del punto emisor que se realiza cada tres a doce meses. La frecuencia de dicho mantenimiento depende del material de la punta del punto emisor, su geometría, los parámetros operativos y, lo más importante, la concentración de contaminantes moleculares transportados por el aire (AMC) en el aire. Este mantenimiento puede ser realizado por los usuarios finales o por el personal del fabricante. La confiabilidad y estabilidad a largo plazo son esenciales para los equipos que se utilizan constantemente.

## **Pruebas y evaluación**

A menudo, un sistema de evaluación en el área de trabajo real es la única forma de determinar los niveles de rendimiento requeridos y establecer especificaciones. Es fundamental elegir un fabricante que ayude a redactar especificaciones significativas para una aplicación en particular.

## **Servicio y garantía**

Los fabricantes deben brindar asistencia para especificar la ionización del aire, la instalación en el sitio de un sistema de evaluación, la certificación del rendimiento al finalizar una instalación y el mantenimiento y el servicio de seguimiento si es necesario.

La mayoría de los equipos de ionización están cubiertos por una garantía de fábrica. Determine siempre la duración de la garantía, lo que cubre y lo que se requiere para mantenerla vigente.

## **Costo**

El usuario debe calcular el costo total de propiedad al comparar sistemas de ionización. El costo total de propiedad incluye los costos de equipo, instalación, operación y mantenimiento. Es importante examinar el costo de no instalar un sistema de ionización de aire. A menudo, el costo de la pérdida de producto debido a problemas relacionados con la estática es muchas veces mayor que el costo real del sistema.



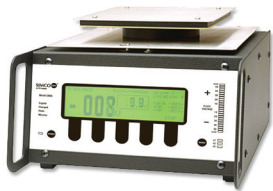
## Estándares de ionización

Tanto la Asociación ESD (ESDA) como el Instituto de Ciencias y Tecnología Ambientales (IEST) tienen estándares para el desempeño de la ionización del aire. Estos estándares, ANSI/ESD STM3.1, ESD SP3.3, ESD SP3.4, especifican una metodología para comparar diferentes sistemas o el mismo sistema a lo largo del tiempo. El instrumento clave utilizado se conoce como monitor de placa de carga (CPM). El CPM tiene una placa conductora aislada que se puede cargar a un voltaje conocido. Luego mide el tiempo requerido para que el ionizador reduzca la carga al 10% de su valor inicial. Generalmente, la medición del tiempo de descarga se realiza cargando la placa a 1000 voltios y determinando el tiempo que tardará el voltaje en caer a 100 voltios. En aire normal con una humedad relativa del 60%, la tasa de decaimiento es de aproximadamente 12 horas. Un sistema de ionización normalmente puede lograr los mismos resultados bajo una campana laminar en <15 segundos; <60 segundos en una sala limpia y <300 segundos en una sala abierta con un mínimo de aire acondicionado. En el caso de la ionización del aire en el punto de uso, los sopladores pueden lograr los mismos resultados en <10 segundos y las pistolas de aire ionizante pueden tardar solo uno o dos segundos.

La ionización es un requisito para controlar la carga estática en cualquier programa de control de la estática eficaz. La ESDA ha publicado el programa de control de la estática ANSI/ESD S20.20, que define el rendimiento de los ionizadores necesarios para proteger los dispositivos sensibles a la ESD. Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI) ha publicado dos normas, SEMI E78 y SEMI E129, que especifican los niveles aceptables de carga estática para equipos e instalaciones de semiconductores, respectivamente. La ionización del aire es esencial para alcanzar los niveles recomendados en estas normas.

### Estándares

*Tanto la Asociación ESD como el Instituto de Ciencias y Tecnología Ambientales han redactado estándares de ionización que especifican una metodología para comparar sistemas de ionización de aire. Con un monitor de placa cargada (CPM), se puede medir con precisión el tiempo necesario para reducir una carga de 1000V al 10% de su valor inicial.*



Monitor de placa cargada

## Conclusión

Claramente, el riesgo de daño debido a la carga estática aumenta con la sofisticación tecnológica y la miniaturización de productos y procesos. La investigación científica ha demostrado que la falla en los dispositivos electrónicos es a menudo el resultado directo de la descarga electrostática. La ionización del aire junto con la “conciencia estática”, la capacitación del personal y las técnicas adecuadas de conexión a tierra pueden lograr resultados notables en la reducción de pérdidas debido a la ESD. En la sala limpia, así como en otras áreas de producción críticas, la ionización del aire puede ser el factor más importante para eliminar los problemas de ESD y contaminación asociados con la carga estática. Desde la sala de prensa hasta la fábrica de unidades de disco y la fabricación de obleas, el control de la electricidad estática mediante la ionización del aire puede traducirse en ahorros de costes, aumento de la productividad y productos de mayor calidad. En un número cada vez mayor de instalaciones de fabricación de alta tecnología, la producción exitosa es imposible sin la ionización del aire.



# Referencias

ANSI/ESD S20.20 "Protección de piezas, conjuntos y equipos eléctricos y electrónicos", ESD Association, Roma, Nueva York. [www.esda.org](http://www.esda.org)

E78-1102 "Guía para evaluar y controlar la descarga electrostática (ESD) y la atracción electrostática (ESA) en equipos semiconductores", Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI), San José, California. [www.semi.org](http://www.semi.org)

E129-1103 "Guía para controlar la carga electrostática en una instalación de fabricación de semiconductores", Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI), San José, California. [www.semi.org](http://www.semi.org)

ESD TR55.0-01-04 "Electrostatic Guidelines and Considerations for Clean Rooms and Clean Manufacturing", ESD Association, Roma, Nueva York. [www.esda.org](http://www.esda.org)

Electrostatic Discharge (ESD) Technology Roadmap (2005), ESD Association, Roma, Nueva York. [www.esda.org](http://www.esda.org)

International Technology Roadmap for Semiconductors (2003 Edition), International SEMATECH, Austin, Texas. [www.sematech.org](http://www.sematech.org)

Beets, Gregory, "ESD... Enemy #1", Quality, septiembre de 1985.

Cooper, D.W., Miller, R.J., Wu, J.J., "Deposición de partículas de aerosol submicrónicas durante la fabricación de circuitos integrados", Experiments, 9th ICCCS Proceedings, 1998.

Fuqua, Norman, "Control de ESD en el entorno de fabricación", IIT Research Institute para el DOD Reliability Analysis Center, 1986.

Guliano, Jerry/Julie, Inc., "Descargando la amenaza estática", Computer/Electronic Service News, enero de 1988.

Inoue, M., Sakata, S., Chirifu, S., Yoshida, T. Okada, T., "Deposición de aerosoles en obleas", IES Proceedings, 34th Technical Meeting, 1988.

Liu, B.Y.H., y Ahn, K. H., "Particle Deposition on Semiconductor Wafers", Aerosol Sci. Technol. 6; 215-224 (1987).

Long, C.W., Peterman, J., y Levit, L., "Implementing a Static Control Program to Increase the Efficiency of Wet Cleaning Tools", MICRO, enero/febrero de 2006.

Montoya, J.A., Levit, L., y Englisch, A., "A Study of the Mechanisms of ESD Damage for Reticles", Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium Proceedings, 394-405 (2000).

Stalker, Richard D., "NFPA 77 Static Electricity, 1988 Edition", National Fire Protection Association.

Steinman, Arnold, "Ionización de sala limpia para el control de ESD", Exposición de sobreesfuerzo eléctrico, 1984.

Steinman, Arnold, "Semiconductor Trends Affecting Air Ionization", Proceedings of Taiwan ESD Symposium, Taiwan ESD Association, Hsinchu, Taiwán, 2004.

Taylor, David H., "A Review of the Benefits of Air Ionization in the Cleanroom", Conferencia NONEC de primavera de 1990, abril de 1990.

Personal técnico de KeyTek Instrument Corporation, "Electrostatic Discharge Protection Handbook", Wilmington, MA, 1986.

Welker, R., "Effectiveness of Isolated Panels and Air Ionization on Cleanroom Performance in a Direct Access Storage Assembly Line". Presentado en la 37.ª reunión técnica de la IES, 1991.

Yost, M, Steinman, A., "Atracción electrostática y control de partículas", Microcontaminación, junio de 1986.



An ITW Company

## **Simco-Ion**

*Technology Group*

1141 Harbor Bay Pkwy, Ste 201  
Alameda, CA USA 94502

Tel: +1 (510) 217.0600 • +1 (800) 367-2452

Fax: +1 (510) 217-0484

Servicios de ventas: +1 (510) 217-0460

Soporte técnico: +1 (510) 217-0470

[ioninfo@simco-ion.com](mailto:ioninfo@simco-ion.com)

[saleservices@simco-ion.com](mailto:saleservices@simco-ion.com)

[techsupport@simco-ion.com](mailto:techsupport@simco-ion.com)

[www.simco-ion.com/technology](http://www.simco-ion.com/technology)

