

# Sistemas de suspensiones elásticas antivibratorias en ascensores eléctricos

CARLOS JIMÉNEZ MORENO

Los sistemas de aislamiento vibroacústico utilizados en ascensores permiten reducir el ruido estructural o vibración transmitido al edificio



## Introducción

Actualmente una de las principales causas de preocupación en las grandes urbes es el ruido existente en los edificios de nueva construcción. Existe un ruido estructural o vibración producido por las máquinas rotatorias, ya sea comunitaria o particular. Los compresores de los equipos de climatización (aires acondicionados y bombas de calor), grupos electrógenos, las motobombas de los grupos de presión, las máquinas reductoras con motor eléctrico de los ascensores e incluso algún otro equipo electrónico y eléctrico, son los causantes de las vibraciones, choques y ruidos transmitidos a la estructura del edificio.

A pesar de la creciente subida en los precios de las viviendas, se ha cuidado poco el aislamiento en los edificios, tanto térmicamente como acústicamente. Por ello se han elaborado complejas normativas jurídicas para proteger a los usuarios. El ruido puede llegar a provocar efectos nocivos para la salud, alteraciones del comportamiento y un bajo rendimiento en las personas que lo sufren.

A continuación se indican sistemas de aislamientos para las vibraciones producidas por los ascensores eléctricos, mencionando primero unos conceptos básicos y posteriormente indicando las normativas en vigor que trata sobre ruidos y vibraciones.

## Conceptos

Para estudiar las vibraciones hay que tener en cuenta los parámetros que actúan. Entre ellos está la frecuencia o el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio, sus unidades son los CPM (ciclos por segundo) o Hz (hercios), el desplazamiento o la distancia total que describe el elemento vibrante desde un extremo al otro de su movimiento, la velocidad y la aceleración como valor relacional de los anteriores y, por último, la dirección al poder producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales.

Toda maquinaria que contenga elementos móviles o rotatorios produce un desequilibrio llamado vibración. Si ésta la montamos rígidamente sobre la estructura de un edificio, se transmitirán las vibraciones creadas durante su funcionamiento.

Entre las razones más habituales por las que una máquina rotatoria o elemento de la misma pueden llegar a vibrar, están: las debidas al desequilibrado, a la falta de alineamiento, a la excentricidad, a los rodamientos y cojinetes en mal estado, y a la debida a problemas de engranajes

y correas de transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.).

Cada día las máquinas y equipos se construyen más rápidos, ligeros y potentes. Si no están correctamente equilibradas, presentan tensiones, fuerzas y momentos centrífugos que originan vibraciones, y éstas pueden provocar la rotura de la máquina por fatiga del material, además de provocar ruidos molestos y perturbadores. Cuanto más rápidas sean las máquinas, el equilibrado debe ser más preciso, ya que las fuerzas centrífugas aumentan en proporción al cuadrado de la velocidad. Especialmente es necesario su equilibrado para evitar problemas en el momento de atravesar la zona de resonancia de las partes y elementos que componen la máquina, como el anclaje de la misma, carcargas, protecciones, mordazas, etc.

Las perturbaciones mecánicas de una máquina mal aislada propagan vibraciones en forma de ondas de compresión, ondas de flexión y ondas de torsión por la estructura del edificio de manera diferente según la dirección, originando un ruido estructural. La velocidad del sonido por los sólidos viaja de diez a quince veces más rápido que en el aire. Este ruido estructural se podrá escuchar de manera más clara si colocamos nuestro oído pegado a la pared. Es un ruido inducido por la vibración que concentra gran parte de su energía en la baja frecuencia (de 8 a 250 Hz).

## Ruidos y vibraciones producidos en un ascensor

En un ascensor electromecánico se utiliza una máquina que incorpora un motor eléctrico y un freno electromecánico que son alimentados a través de contactores que son gobernados por una maniobra. En el arranque y parada de la cabina del ascensor han de vencerse los momentos de inercia de toda la masa, además de la carga, ya esté la cabina vacía o a plena carga.

La losa del cuarto de máquinas, cuando está situado en la parte superior del recinto o hueco, tiene que soportar el peso de la máquina tractora rotatoria más el peso correspondiente al conjunto chasis, cabina y su propia carga (pasajeros) más el peso del contrapeso y los cables de tracción. Esta losa de hormigón se apoya sobre las propias paredes del recinto o hueco por el cual se desplaza el ascensor.

Al estar el ascensor trabajando bajo una carga variable y estar sometido a una vibración aleatoria, formada fundamen-

almente por transitorios originados en la arrancada y parada del ascensor, se transmitirá una vibración por los parámetros verticales y horizontales que generan ruidos estructurales. Como las paredes del hueco lindan con las viviendas y con otros recintos del edificio, suele haber problemas de generación de ruidos, y especialmente en las viviendas que están situadas cerca de los cuartos de máquinas.

Para realizar un estudio vibroacústico en el conjunto del ascensor se debe medir en un ciclo completo, es decir, desde el arranque, al funcionamiento en régimen y a la parada del ascensor. En las medidas se utilizarán analizadores de dos canales para medir la vibración de la máquina y la vibración que ésta transmite a la losa que la soporta. Para completar el estudio se deberán realizar medidas en el interior de las viviendas más cercanas al cuarto de máquinas.

El ruido que se puede apreciar en el interior de una vivienda es de baja frecuencia se transmite normalmente por la estructura del edificio. Este ruido es provocado principalmente por el arranque (transitorio), por el funcionamiento en velocidad nominal de la máquina eléctrica del ascensor (continuo), por la actuación del freno de la máquina (transitorio), por el salto de los contactores del cuadro de mando (transitorio) y por el giro del limitador de velocidad (continuo).

El ruido transmitido por vía sólida se percibe por una vibración de frecuencia que suele estar por debajo de los 500 hercios y con unos niveles sonoros que pueden alcanzar los 100 dB. Las fases transitorias presentan niveles por encima del régimen permanente de funcionamiento.

En el momento del arranque de la máquina se pueden alcanzar los 65 dBA y niveles de vibración de 70 a 80 dB. Durante el funcionamiento de la máquina tractora (velocidad nominal) el nivel sonoro baja a aproximadamente los 45 dbA y también disminuye el nivel de vibración. En el momento de la frenada, donde las bobinas del freno actúan sobre los brazos de las zapatas para frenar el movimiento de la máquina, se alcanzan valores en el nivel sonoro similares al del arranque.

## Sistemas empleados para el aislamiento vibroacústico en ascensores

Un sistema antivibratorio debe reducir lo más posible la transmisión de los esfuerzos de excitación del elemento

vibrante de la losa o pared del cuarto de máquinas donde esté instalado. Debe controlar la vibración mecánica que se genera por los desequilibrios dentro de unos valores establecidos, asegurándonos un correcto funcionamiento del conjunto donde forma parte. Estos sistemas de aislamiento de vibración están formados por sistemas mecánicos de masa constante que funcionan a régimen constante y que se colocan entre el elemento vibrante y la pared o losa del cuarto de máquinas.

Generalmente utilizaremos como sistemas antivibratorios los amortiguadores de caucho y los aisladores metálicos de muelle, o ambos a la vez. Como la máquina tractora del ascensor es el elemento que más ruido estructural transmite, nos centraremos en los sistemas utilizados para mejorarlo.

#### **Sistema amortiguador viscoelástico antivibratorio de caucho**

Sistema constituido básicamente por caucho, natural o sintético, de gran elasticidad. Es un material resistente al desgarro y a cargas mecánicas y dinámicas. El caucho sintético está compuesto a base del petróleo. Tiene una mejor resistencia térmica, es estable a fluidos no polares (aceites minerales, lubricantes, carburantes, etc.), y tienen una mayor resistencia a la intemperie que los de caucho natural.

Los amortiguadores de caucho son antivibradores cuya componente amortiguadora está entre el 5-10%. Son idóneos en el rango de frecuencias a partir de 1.500 r.p.m. Este tipo de amortiguador es el más empleado por las empresas del sector ascensorista, pero esto no quiere decir que sea el más conveniente para este tipo de instalaciones.

Teniendo en cuenta algunos datos como el peso, centro de gravedad de la máquina, frecuencia de excitación, tipo de máquina, tiempo de duración de funcionamiento, plano de disposición de bancadas y soportes, etc., se tendrá que utilizar el más adecuado geométricamente y el más acorde según sus características de dureza y carga, con el propósito de reducir las emisiones de ruido y vibración producidas por las máquinas.

En la *figura 1* vemos una solución sencilla y económica para un aislamiento activo. El elastómero de caucho en forma de cilindro o diábolo está utilizado en compresión soportando el propio peso de la máquina y el peso que cuelga de la polea tractora (peso de la cabina y su carga, chasis, cables y contrapeso).

Teniendo en cuenta las tolerancias de dureza y características de los elastómeros se utilizarán los más adecuados dependiendo de la instalación.

En la *figura 2* observamos aisladores con un diseño especial que combina caucho con un soporte metálico que proporciona seguridad contra rotura por impactos, limitando el cabeceo y su rotación. Este diseño proporciona un aumento de rigidez en el elastómero a cargas de compresión y cizalla elevadas, absorbiendo las posibles sobrecargas e impactos.

Estos aisladores están diseñados para máquinas que tienen una componente de su movimiento en el plano horizontal, como una instalación con tiro lateral. Tiene una elasticidad axial superior a la elasticidad radial, controlando el movimiento en las tres direcciones. Su armadura metálica protege al caucho contra agentes agresivos, como por ejemplo, ante una eventual fuga de aceite de la máquina.

Los tacos aislantes tienen una vida útil que puede variar dependiendo de los agentes externos que les agreden, por lo que se deberá observar su estado y sustituirlos en caso necesario.

#### **Sistema aislador lineal antivibratorio basado en resortes helicoidales de acero.**

Los *aisladores* metálicos de muelle son antivibradores básicamente elásticos en más de un 90% respecto a su componente amortiguadora. Son idóneos para trabajar a compresión en equipos cuyas velocidades de giro sean bajas, entre 500 a 1.500 r.p.m. Estos amortiguadores metálicos están formados por muelles que tienen frecuencias de resonancia muy bajas, del orden de 3 Hz, lo que permite obtener atenuaciones de hasta el 98 % en máquinas que funcionan a escasa velocidad.

Es el sistema antivibratorio más eficaz para el aislamiento vibroacústico en ascensores. Es un sistema muy aislante que genera muy baja transmisibilidad vibratoria y cierto amortiguamiento en la fase final de la carrera evitando el ruido estructural. Está compuesto por elementos elásticos lineales de muy baja amortiguación diseñados de tal forma que limita las amplitudes generadas por los transitorios (el principal problema del ruido estructural).

Con este sistema de suspensión elástica se consigue unas deformaciones importantes cuando está sometido a carga dinámica. Cuanto mayor sea la deformación, más baja será la frecuencia natural



Figura 1. Máquina tractora eléctrica con reductor sinfín-corona, utilizada en tiro directo, montada sobre tacos elásticos de caucho para aislarla de la losa.

del sistema. Su comportamiento es lineal al ser su rigidez estática prácticamente igual a la dinámica.

En la *figura 4* podemos observar cómo está aislada la bancada metálica que soporta la máquina y su desvío con esta serie de aisladores totalmente metálicos de baja frecuencia de resonancia. Garantizan la permanencia de sus características y su altura bajo carga a pesar del tiempo transcurrido. Con este tipo de montaje se optimiza el rendimiento del aislador tanto para la fase de impacto (arrancadas y paradas) como para la del régimen continuo (velocidad nominal).

Para solucionar la oscilación libre del sistema en las arrancadas y paradas del ascensor, se incorpora en este tipo de amortiguadores metálicos un elemento viscoelástico realizado con hilo de acero inoxidable tricotado y comprimido. Tiene forma de cojín metálico (ver *figura 4*, está colocado entre los dos muelles).

Debido a que se propagan altas frecuencias por las espiras de los muelles, también se deberán colocar una almohadilla de goma o unas mallas metálicas de acero inoxidable por el interior del muelle, para que las frecuencias dejen de ser audibles (*figuras 5 y 6*).

#### **Otros sistemas**

La mejor solución es utilizar las características que tiene un aislador de resorte metálico con el amortiguador de caucho. Combinando los dos tipos nos iremos a un sistema mixto que formará un con-



Figura 2. Máquina tractora con desvío montada sobre un antivibratorio especial de caucho y metal.



Figura 3. Silleta de una polea de desvío aislada mediante tacos aislantes de caucho. Se puede observar que son agredidos por la grasa utilizada para el engrase del casquillo eje polea.

junto cuyo resultado es el más óptimo. Podemos observar en la *figura 4* que los conjuntos de resortes metálicos tienen, tanto donde apoya con el dado de hormigón como en el lado de la bancada metálica de la máquina, unas alfombras antivibratorias de caucho de baja dureza.

Respecto al diseño del edificio se recomienda independizar, en lo posible, todo el conjunto del ascensor de las habitaciones del edificio mediante materiales de masa considerable o con materiales aislantes adecuados para la no propagación del ruido.

Una buena solución sería colocar la máquina tractora sobre una bancada de inercia, por ejemplo, una losa de hormigón armado. Estas bancadas suelen tener un peso comprendido entre 1,5 y 2 veces el peso de la máquina. Todo el conjunto se debe apoyar sobre amortiguadores para aislarlo de la losa del cuarto de máquinas del ascensor.

Por tanto, en los casos en que la

máquina tractora esté montada sobre perfiles metálicos de sustentación podremos reducir la vibración generada por la propia máquina si cimentamos con hormigón todo el conjunto para aumentar su masa (*figura 7*). Se formará una losa de inercia, y con ella, se aumentará la rigidez de la máquina manteniendo una alineación exacta cuando varía su carga (número de pasajeros), repartiéndose las cargas estáticas y dinámicas en una superficie mayor. Se aumentará la masa de inercia y se mejorará el centro de gravedad de la máquina (estabilizar una masa descentrada). El conjunto se debe aislar mediante muelles de acero o con materiales elásticos de caucho, neopreno, fibra de vidrio, poliuretano, etc., de la losa del cuarto de máquinas.

Otra solución que se debe dar en el diseño del edificio es la de adecuar correctamente el cuarto de máquinas y el hueco del ascensor. Se pueden emplear elementos aislantes dentro de las cámaras de aire

de las paredes, o trasdosar paneles aislantes recubiertos de cartón yeso. En los suelos se emplearán las "losas flotantes" y en ellos se instalará la maquinaria, el limitador y la maniobra del ascensor. Se tendrá que hacer un diseño correcto de detalles para evitar las conexiones rígidas entre las paredes y dicho suelo flotante. Se utilizará un material elástico que asegure una larga vida bajo las cargas elásticas y dinámicas de diseño, teniendo en cuenta su deflexión (incluyendo el deslizamiento) al tener que soportar el peso de la losa flotante. También se deberá utilizar material aislante en los techos, "falsos techos acústicos". Las ventanas de lamas utilizadas para la ventilación del cuarto se deberán separar de las viviendas de los áticos, e incluso se debería pensar en la posibilidad de ubicarlas en el techo empleando silenciadores.

Además de aislar correctamente las paredes del hueco, se debe diseñar el ascensor con un tipo de guía (elemen-

Figura 4. Conjunto de bancada metálica con una máquina tractora y una polea de desvío. Todo ello está aislado de la losa del cuarto de máquinas de un ascensor por medio de aisladores metálicos de muelle.



Figura 5. Soportes de guías de contrapeso de un ascensor aisladas mediante cojines metálicos en hilo de acero inoxidable, de las paredes del hueco.





Figura 6. Soporte del cuadro de maniobra de un ascensor aislado de la pared del cuarto de máquinas mediante muelles metálicos que llevan en su interior una malla de hilo de acero inoxidable.



Figura 7. Máquina de un ascensor montada sobre una bancada metálica cimentada y aislada de la losa del cuarto de máquinas mediante unas planchas de material aislante.



Figura 8. Cuadro de maniobra montado sobre la losa del cuarto de máquinas a través de unos tacos aislantes de caucho.

to que dirigen el recorrido del bastidor de la cabina o contrapeso) que nos permita por sus características sujetarlas únicamente en los forjados del hueco (distancia entre fijaciones). No debemos fijarla en los muros de cerramiento del hueco ya que éstos, al tener menos masa que los forjados, transmitirán más las vibraciones y ruidos.

Se deben utilizar maquinarias eléctricas gobernadas por variadores de frecuencia, ya que su funcionamiento es más suave (con rampas de aceleración y deceleración) evitándose los golpes producidos en los cambios de velocidad. También se deberían diseñar los ascensores con puertas automáticas en vez de semi-automáticas, ya que estas últimas son más ruidosas.

Para evitar ruidos y vibraciones dentro de la cabina del ascensor, se deberá aislarla adecuadamente del chasis que la soporta. Como el chasis se desliza sobre unas guías, éstas deben de estar convenientemente lubricadas, y se tendrán que mantener en perfecto estado las deslizaderas, guarniciones y rodaderas para evitar roces entre las piezas metálicas (chirridos).

Por último, los elementos giratorios que componen un ascensor deben estar en perfecto estado de mantenimiento con el fin de que su sonoridad sea la mínima. Se deberán engrasar periódicamente los elementos móviles que lo necesiten (casquillos de bronce, rodamientos, etc.), vigilar el nivel de aceite del reductor de la máquina sustituyendo el aceite siguiendo las instrucciones del fabricante

(según las horas de funcionamiento), sustituir periódicamente los acoplamientos elásticos entre el reductor y el motor (gomas de embrague, flectores, etc.), y ajustar adecuadamente el freno eléctrico para que no dé golpe y sustituir el ferodo cuando dé síntomas de cristalización o de desgaste.

### Normativa sobre ruido y vibraciones

La gran mayoría de los municipios, ya sean grandes o pequeños, han elaborado complejas normativas jurídicas para protegerse de la contaminación acústica. Con ellas se pretende regular la protección del medio ambiente urbano frente a aquellos ruidos y vibraciones que impliquen un daño, molestia o riesgo para las personas o bienes. Como hablar de cada uno de ellos nos extendería demasiado, a continuación se indicarán las normativas más importantes a nivel estatal y europeo.

Con el *RD 1513/2005* de 16 de diciembre se desarrolla la *ley 37/2003* de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental (BOE n.º 301/17-12-05). Su finalidad es prevenir, reducir o evitar los efectos nocivos, incluyendo las molestias derivadas de la exposición al ruido ambiental, según el ámbito de la aplicación de la Directiva Comunitaria 2002/49 CE, de 25 de junio de 2002. Se regulan las actuaciones necesarias para el cumplimiento de sus objetivos: prevenir, reducir o evitar los efectos nocivos del ruido ambiental. Se elaboran mapas estratégicos de ruido para determi-

nar la exposición de la población al ruido ambiental, se adoptan planes de acción para prevenir y reducir, y se informa sobre los efectos del ruido y planes de acción derivados, en cumplimiento del mismo.

Con el *RD 314/2006* de 17 de marzo se aprueba el “Código Técnico de la Edificación”, BOE de 28 de marzo de 2006. Con esta normativa se garantiza la seguridad de las personas, el bienestar social, la sostenibilidad de la edificación y la protección medioambiental. Trata sobre temas relacionados con la seguridad estructural, la protección contra incendios, la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético y la accesibilidad para personas con movilidad reducida.

La aprobación del Código Técnico de la Edificación supone la modernización del vigente marco normativo de la edificación, que estableció las Normas Básicas de la Edificación *NBE-CA88* sobre Condiciones Acústicas, como disposiciones de obligado cumplimiento en el proyecto y la ejecución de los edificios.

La directiva *89/106/CE* se aplica a los productos de la construcción y sólo se podrán comercializar si llevan el marcado CE por el Área Económica Europea. Estos productos deberán permitir la construcción de obras que cumplan determinados requisitos esenciales, entre ellos la protección contra el ruido. La directiva *89/392/CEE* indica cómo evaluar in situ los niveles de vibración, de presión y potencia sonora emitidos por máquinas.



Figura 9. Sistema aislador lineal antivibratorio ideal para bancadas de máquinas de ascensores basado en resortes helicoidales con cojines de malla de acero en su interior que se apoyan exteriormente en unas alfombrillas de caucho. Todo el conjunto consigue un óptimo resultado antivibratorio en un rango de frecuencias mayor.

## Conclusión

En la actualidad, con la proliferación de los áticos en las nuevas viviendas, nos podemos encontrar adosadas habitaciones con las salas de máquinas de ascensores. Desde el punto de vista vibroacústico esto suele comportar problemas de transmisión continuada de ruidos estructurales o vibraciones.

Los causantes principales de la vibración y del ruido estructural en un ascensor tienen su origen en los transitorios creados en el arranque-parada y en el cambio de velocidad, y en la vibración continua generada en la velocidad nominal del ascensor.

En este artículo se han indicado algunos de los sistemas antivibratorios utilizados en la instalación de ascensores para reducir la transmisión de la vibración generada por los elementos que la componen y aminorar la transmisión del ruido estructural inducido por la misma. Para este tipo de instalaciones a veces no es suficiente la utilización de tacos de caucho. Son los aisladores metálicos de muelle, el sistema más eficaz para el aislamiento vibroacústico en ascensores, al reducir la vibración generada lo suficiente para evitar el ruido estructural.

Para evitar todos estos problemas antes de que lo sufran los usuarios, se tendrá que adoptar medidas de control y aislamiento vibroacústico a priori, en la fase de proyecto. En el diseño de un edificio se tendrán en cuenta los estudios que los expertos en acústica puedan aportar, al igual que los estudios de las empresas ascensoristas

sobre un correcto cálculo de las características necesarias reales del ascensor dependiendo de las necesidades de diseño de cada edificio.

Antes de montar un ascensor es importantísimo realizar un buen acondicionamiento, diseño y ubicación del cuarto de máquinas para garantizar un adecuado confort acústico. Solucionar problemas de ruidos una vez montado el ascensor es más complicado y caro, ya que se deberá realizar un estudio acústico que nos determine las causas de la transmisión del ruido para buscar las medidas correctoras para su atenuación. A posteriori dependeremos de un espacio útil, que a veces no existe, para realizar las rectificaciones y un gasto extra para sustituir los elementos no adecuados.

## Bibliografía

- Antivibradores de muelle*, catálogo publicitario de la casa AIRSUM. Internet: [www.tecnigrupo.com](http://www.tecnigrupo.com)
- Suspensiones antivibratorias*, catálogo publicitario de la casa AMC. Aplicaciones Mecánicas del Caucho, S.A. Internet: [www.mecanocaucho.com](http://www.mecanocaucho.com)
- Cimentaciones aisladas*, catálogo publicitario de la casa FARRAT. Internet: [www.farrat.com](http://www.farrat.com)
- Sistemas para el control de ruidos, vibraciones y choques*, catálogo publicitario de la casa Lesol. Internet: [www.lesol.es](http://www.lesol.es)
- Suspensiones metálicas gama Vibrachoc*, catálogo publicitario de la casa Paulstra. Internet: [www.vibrachoc.es](http://www.vibrachoc.es)
- Montajes antivibratorios en instalaciones térmicas*, artículo escrito por Rafael Torres del Castillo. Internet: [www.inive.org/members\\_area/medias/pdf/lnive%5Cclimamed%5C30.pdf](http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/lnive%5Cclimamed%5C30.pdf)
- Aislamiento de vibraciones y ruido en ascensores eléctricos*, escrito por Rafael Torres del Castillo. Editado por CIC Información noviembre 2-297/96.
- Sistemas de aislamiento vibroacústico en instalaciones de ascensores*, escrito por Rafael Torres del

Castillo. Internet: [www.ia.csic.es/sea/Terrassa05/AEV003.pdf](http://www.ia.csic.es/sea/Terrassa05/AEV003.pdf)

*Aislaciones acústicas. Casos Prácticos*, por Marcelo Moreno Arellano. Revista Construir. Internet: [www.construir.com/econsult/construir/Nro68/aislaciones\\_ac/aislaciok.htm](http://www.construir.com/econsult/construir/Nro68/aislaciones_ac/aislaciok.htm)

*Recintos de equipos comunitarios*, por Francisco Lidón Juan, publicado en septiembre de 2004 en el n.º 75 de la revista *Noticias* del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Valencia.

*El ruido en las instalaciones*, por Francisco Lidón Juan, publicado en abril de 2002 en el n.º 51 de la revista *Noticias* del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Valencia. Internet: [www.arquitectura-tecnica.com/arti\\_apare\\_val.htm](http://www.arquitectura-tecnica.com/arti_apare_val.htm)

*Control de motores en ascensores con variadores de velocidad*, manual de formación editado por Schneider Electric en 2.006.

## AUTOR

**Carlos Jiménez Moreno**  
 cjimenez@duplexelevacion.es

Ingeniero técnico industrial eléctrico en la intensificación de Electrónica Industrial, y técnico especialista en Instalaciones y Líneas Eléctricas. Actualmente trabaja como jefe de montaje en Dúplex Elevación, empresa dedicada a la instalación, sustitución, reparación y mantenimiento de ascensores, montacargas y plataformas.