NOTA TÉCNICA

MIL-STD-1275, 810 y 461 para cargadores de baterías: una lista de verificación de diseño para cargadores robustos de vehículo de 24 V

La especificación de un cargador robusto puede arrastrar unas 1.400 páginas de normas militares, pero menos de 150 cambian el diseño. Esta lista de verificación asigna a cada requisito la decisión de diseño que impone y el ensayo que lo demuestra, con las cuentas detrás de los difíciles.

Tan Shuai · tanshuai.com · i@tanshuai.com

23 de noviembre de 2026

Resumen

Un cargador de baterías robusto de 24 V para vehículos y campaña es, en el fondo, un cargador conmutado corriente envuelto en cuatro problemas difíciles. MIL-STD-1275 aplica a su entrada una sobretensión de 100 V desde una fuente de 0,5 Ω que ningún diodo de recorte puede absorber, así que la etapa de entrada necesita un limitador de sobretensión en serie construido con componentes de clase 150 V. MIL-STD-461 hace que lo difícil sean las emisiones, no la inmunidad: cada entrada de potencia necesita un filtro de dos etapas en la pared de conectores, y la caja tiene que sellar eléctricamente además de mecánicamente. MIL-STD-810 pide una caja estanca que disipe el calor a +55 °C al sol, sobreviva a 26 caídas y respire en altitud sin dejar entrar agua. Un MTTF de 40.000 horas no deja sitio para un ventilador. Todo lo demás, desde la humedad y la niebla salina hasta la ESD, la temperatura al tacto y el informe de fiabilidad, sigue las buenas prácticas y se verifica con ensayos o documentos. La mayoría de las especificaciones aún citan revisiones de los años ochenta y noventa; diseñar según las actuales y entregar una tabla de equivalencias no cuesta nada y evita rehacer trabajo. Una calificación creíble requiere tres muestras y de 8 a 16 semanas y, a las tarifas publicadas de los laboratorios de China continental, cuesta aproximadamente de 20.000 a 55.000 dólares.

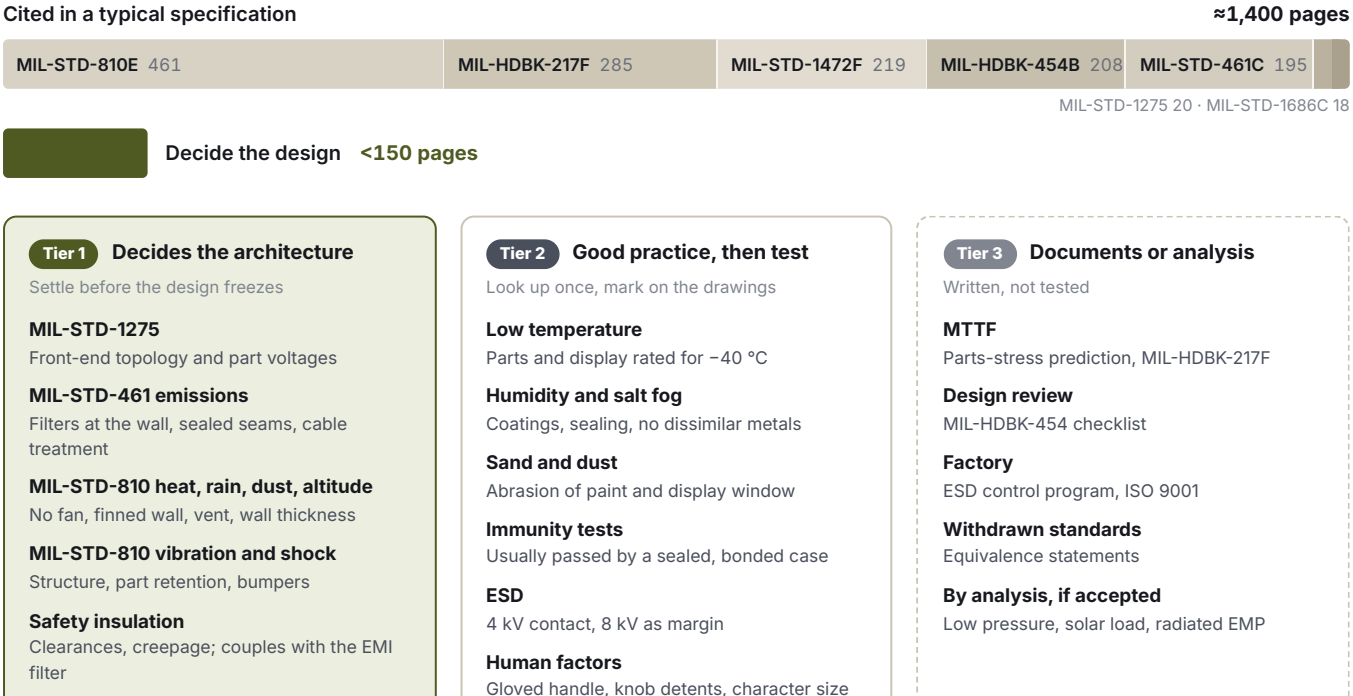
Por qué escribí esto

Las solicitudes de cargadores robustos llegan como una página de requisitos y una lista de normas: MIL-STD-810 para el entorno, MIL-STD-461 para la compatibilidad electromagnética, MIL-STD-1275 para la alimentación del vehículo, una norma de seguridad, una cifra de MTTF y algunas reglas de factores humanos. Los documentos detrás de esa lista suman unas 1.400 páginas. Leídos al pie de la letra, convierten un cargador en un proyecto de investigación. Leídos por encima, esconden las tres o cuatro cláusulas que deciden el diagrama de bloques, la caja y el precio.

Hace poco revisé una especificación así línea por línea, leí las normas mismas en lugar de sus resúmenes y clasifiqué cada cláusula según lo que hace al diseño. Esta nota es el resultado, escrita como lista de verificación para los ingenieros que tienen que convertir una especificación así en hardware, y para los compradores que quieren saber lo que están pidiendo. Todas las cifras son de noviembre de 2026, y los importes están en dólares estadounidenses.

Resultados de un vistazo

Figura 1. De unas 1.400 páginas de normas, menos de 150 deciden el diseño. El resto son buenas prácticas y papeleo.



Fuente: The author's reading of the standards cited; page counts are those of the published documents.

La lista de verificación en sí, del requisito a la decisión de diseño que impone y a la forma de demostrarlo:

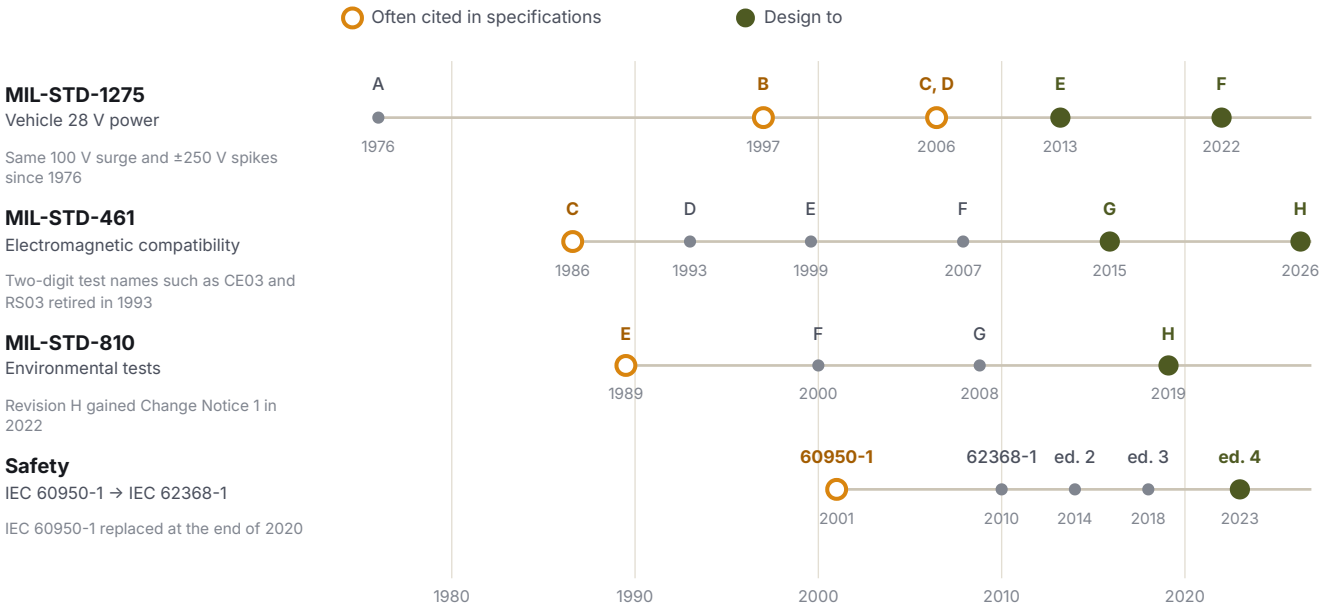
Requisito	Lo que hace al diseño	Cómo se verifica
MIL-STD-1275, alimentación de vehículo de 24 V	Limitador de sobretensión en serie con MOSFET y componentes de clase 150 V, TVS para los picos, bloqueo de polaridad inversa sin caída de diodo; carga de 16 a 33 V, pausa y reanudación automática durante los arranques	Ensayo con un generador de transitorios construido para la revisión citada
MIL-STD-461, EMI	Un filtro LC de dos etapas en cada entrada de potencia, montado en la pared de conectores; juntas conductoras en cada unión; frecuencias de los convertidores planificadas; preescaneos en el primer prototipo	Ensayo en cámara, tras preescaneos propios
MIL-STD-810, entorno	Compartimento electrónico estanco sin ventilador, con el calor saliendo por aletas; respiradero de ePTFE para la altitud; parachoques de esquina y conectores empotrados para las caídas; componentes para almacenamiento de −40 a +71 °C	Una muestra en la cadena climática, otra en la mecánica
Temperatura de carga del Li-ion	Medir cada batería y cargar solo dentro de su ventana, normalmente de 0 a 45 °C; pausar, mostrar el motivo, reanudar solo; precalentamiento opcional	Ensayo en los extremos de temperatura
Seguridad, IEC 62368-1	Distancias en aire diseñadas según la lectura más amplia de las tablas; envolvente metálica contra el fuego por encima de 100 W; asas y mandos de polímero por la temperatura al tacto	Informe de ensayo CB e inspección
ESD	Descarga por contacto de 4 kV en todo lo que alcanza una mano, 8 kV como margen	Ensayo, alrededor de medio día
MTTF de 40.000 horas	Un presupuesto de 25 fallos por millón de horas para todo el cargador: sin ventilador, componentes con reducción de esfuerzo	Predicción MIL-HDBK-217F, con el método acordado de antemano

Requisito	Lo que hace al diseño	Cómo se verifica
Factores humanos, MIL-STD-1472	Un asa dimensionada para guantes, retenes del mando separados de 15 a 40°, caracteres legibles a la distancia del brazo	Inspección y demostración con guantes

Paso cero: diseñar según las revisiones actuales

Las especificaciones de equipos robustos suelen ser más antiguas de lo que parecen. Es habitual encontrar MIL-STD-810E (1989) y MIL-STD-461C (1986) junto a normas de seguridad retiradas desde entonces, porque las oficinas de compras van copiando sus plantillas. Los nombres de ensayo de dos letras y dos cifras de la 461C, como CE03 y RS03, se retiraron en 1993. MIL-STD-810 está hoy en la revisión H (enero de 2019, con el aviso de cambio 1 en 2022); MIL-STD-461 en la G (diciembre de 2015), seguida de la H en abril de 2026; MIL-STD-1275 en la E (marzo de 2013) y la F (2022). IEC 62368-1 sustituyó a IEC 60950-1 a finales de 2020 y está en su cuarta edición (2023). EN 50091-1, que todavía aparece en especificaciones de cargadores, es una norma de SAI retirada en 2005.

Figura 2. Las especificaciones todavía citan revisiones de los años ochenta y noventa. Diseñe según las actuales e informe frente a ambas.



Fuente: Revision dates from the standards themselves and from a US test lab's revision list; IEC publication dates.

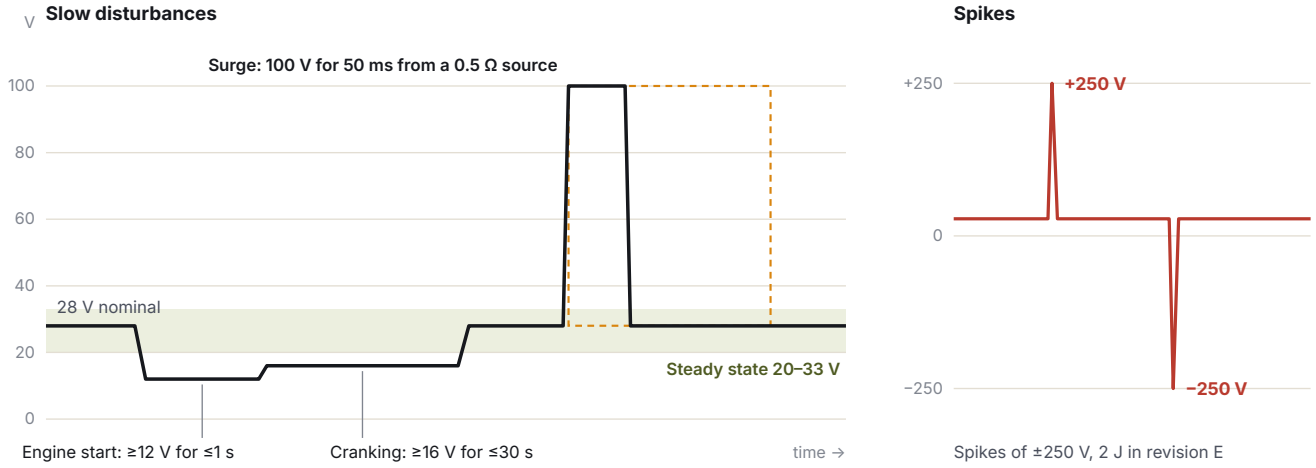
Las severidades por defecto de MIL-STD-810 apenas cambiaron entre 1989 y 2019, y los dos esfuerzos que dan forma a una etapa de entrada MIL-STD-1275 son los mismos desde 1976, así que diseñar según las revisiones actuales no cuesta nada. Lo que se gana es un diseño que seguirá aprobando si el cliente actualiza la especificación, y laboratorios que todavía ejecutan los métodos. Mi regla es diseñar según 810H, 461G o H, 1275E o F e IEC 62368-1:2023, informar los resultados frente a los números de método que citó el cliente y entregar una tabla de una página que relacione lo antiguo con lo nuevo. Donde un método antiguo solo sobrevive en unos pocos laboratorios, como las emisiones conducidas CE03 de la 461C, acuerde el equivalente actual antes de reservar una cámara.

Dos preguntas van en el primer correo, porque las respuestas cambian el coste: qué revisión de MIL-STD-1275 se aplica, con qué criterio de aceptación, y qué significa "protección EMP". La inyección en cables de senoides amortiguadas (CS116, o CS10 y CS11 en la 461C) lleva alrededor de un día de cámara. Un ensayo de pulso radiado (RS105, o RS05 en la 461C) es otro presupuesto, y la 461H solo lo aplica a equipos con un requisito EMP explícito.

MIL-STD-1275: la entrada de 24 V decide el diagrama de bloques

Todas las revisiones de MIL-STD-1275, desde la A de 1976 hasta la E de 2013, contienen los mismos dos esfuerzos que definen el diseño: una sobretensión hasta +100 V durante 50 ms desde una fuente de 0,5 Ω, y picos de ±250 V. Lo que cambió entre revisiones es contabilidad: los modos de funcionamiento, la energía de los picos (15 mJ en B y D, 2 J en E), el suelo de la caída de tensión en el arranque (no menos de 6 V durante 1 s en las revisiones antiguas, 12 V en la E, y luego no menos de 16 V hasta 30 s durante el arranque) y la ventana en régimen permanente, de 20 a 33 V en la E. La revisión F, a juzgar por la documentación de los generadores de ensayo construidos para ella, alarga la sobretensión a unos 500 ms desde una fuente mucho más rígida y reduce la energía de los picos a 250 mJ.

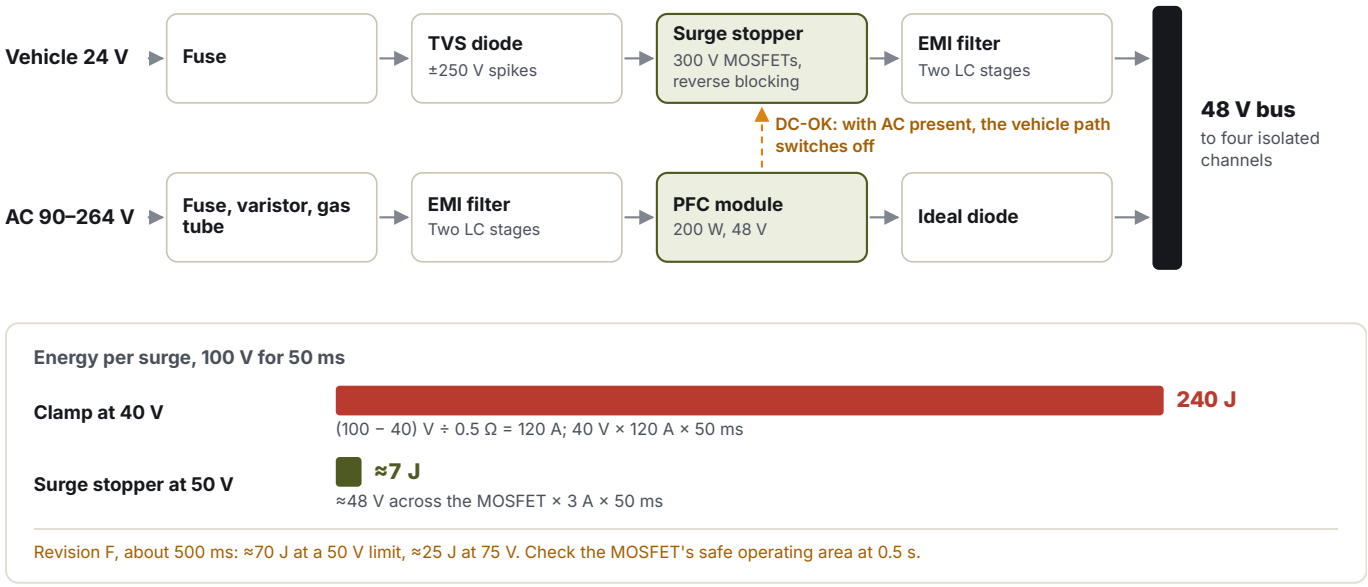
Figura 3. La envolvente de MIL-STD-1275E en un bus de vehículo de 28 V.



Fuente: MIL-STD-1275E (2013); the revision F note is inferred from the documentation of F-rated test generators.

La sobretensión es lo que descarta la respuesta obvia. Recórtela a 40 V con un diodo TVS o un varistor, y la fuente empuja (100 − 40) / 0,5 = 120 A hacia el recortador durante 50 ms, lo que mete 40 V × 120 A × 0,05 s = 240 J en una sola pieza. Ningún recortador de tamaño razonable aguanta eso de forma repetida. Un limitador de sobretensión en serie hace el trabajo de otra manera: un MOSFET en la ruta de alimentación limita su salida a una tensión fijada y deja caer el resto, así que solo disipa la diferencia entre la sobretensión y esa tensión, multiplicada por la corriente de carga. Para una carga de 150 W mantenida a 50 V, eso son unos 48 V × 3 A, es decir, unos 150 W durante 50 ms: unos 7 J, treinta veces menos que el recortador.

Figura 4. Un recortador tendría que absorber 240 J; un limitador de sobretensión en serie disipa unos 7 J.



Fuente: The author's design; energies calculated for a 150 W load.

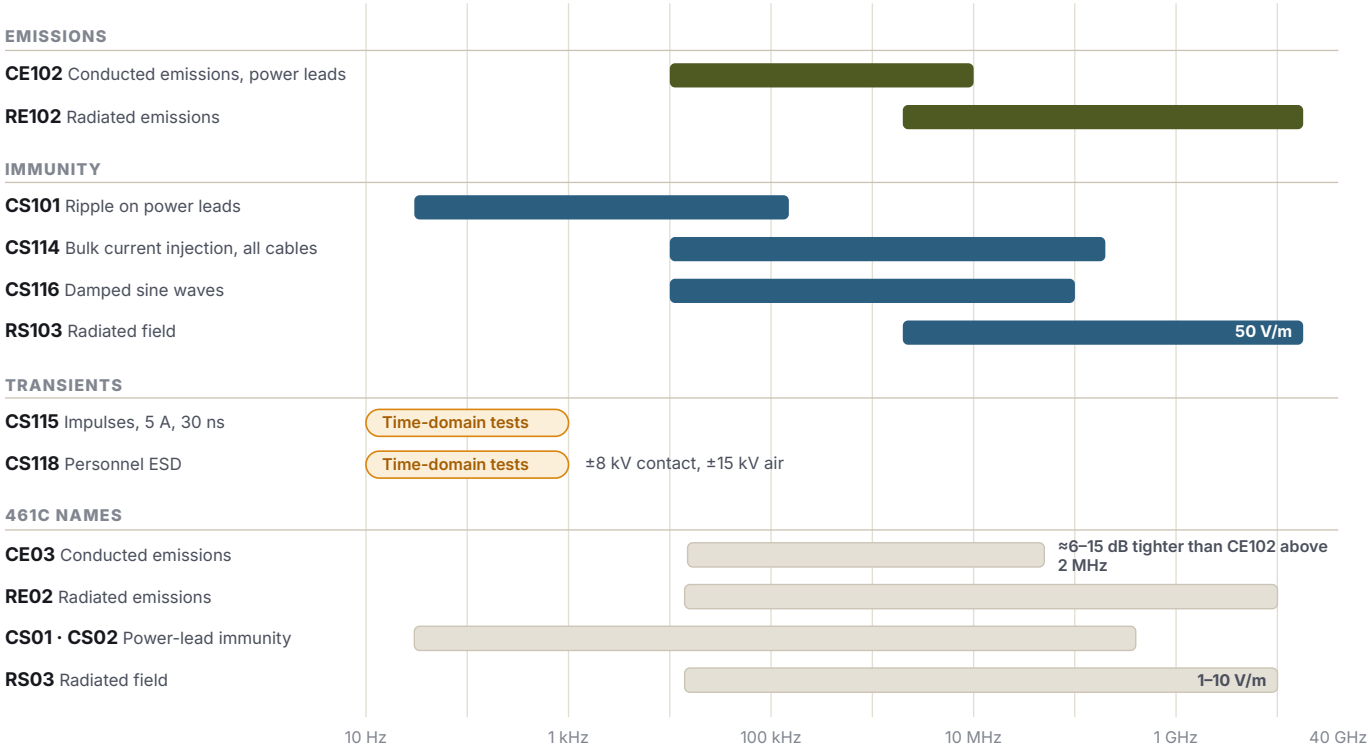
El resto de la etapa de entrada se deduce de ahí:

- **Componentes de 150 V o más** en la ruta de la sobretensión. Uso un MOSFET de 300 V, que da margen frente a los picos.
- **La revisión F cambia las cifras.** A 500 ms, el mismo límite de 50 V metería unos 70 J en el MOSFET. Subir el límite a unos 75 V, que los módulos CC-CC con entrada de 18–75 V aceptan de forma continua, baja la corriente a 2 A y la tensión en el MOSFET a unos 24 V, unos 25 J en total; compruebe en cualquier caso el área de funcionamiento seguro del MOSFET a 0,5 s.
- **Un TVS sigue atrapando los picos.** Con 2 J (o 250 mJ en la F), es un trabajo a su alcance.
- **La polaridad inversa se bloquea con MOSFET enfrentados** gobernados por un controlador de diodo ideal, no con un diodo en serie, que desperdiciaría varios vatios.
- **Los arranques son un modo, no un fallo.** Siga cargando hasta 16 V cuando sea posible. Por debajo, pause, mantenga vivos la pantalla y los registros y reanude sin que nadie toque la unidad. Dígalo así en la respuesta a la especificación.
- **Los módulos con entrada de 18–75 V ayudan.** Suelen tolerar 100 V durante 1 s, así que basta una etapa de protección delante de ellos.
- **El rizado también cuenta.** La 1275D admite 7 V de pico de rizado hasta 200 kHz, que el filtro de entrada tiene que manejar sin resonar.

MIL-STD-461: las emisiones son lo difícil

Para los equipos terrestres del Army, MIL-STD-461G aplica ocho ensayos: CE102, emisiones conducidas en los cables de alimentación (de 10 kHz a 10 MHz); RE102, emisiones radiadas (de 2 MHz a 18 GHz para equipos terrestres); CS101, rizado de audiofrecuencia en los cables de alimentación (de 30 Hz a 150 kHz); CS114, inyección de corriente en cada cable (de 10 kHz a 200 MHz); CS115, impulsos rápidos; CS116, senoides amortiguadas (de 10 kHz a 100 MHz); CS118, ESD de personas (±8 kV por contacto, ±15 kV en aire); y RS103, inmunidad radiada, 50 V/m de 2 MHz a 18 GHz. La revisión 461H de abril de 2026 mantiene los límites de los equipos terrestres del Army y endurece los procedimientos.

Figura 5. Los ensayos de MIL-STD-461G para equipos terrestres del Army, y los ensayos de la 461C que las especificaciones antiguas todavía nombran.



Fuente: MIL-STD-461G (2015), Table V and test sections; MIL-STD-461C (1986), Part 4.

Un cargador de baterías es un caso difícil en emisiones. Contiene varios convertidores conmutados: un corrector del factor de potencia, un convertidor aislado por canal y una etapa de carga reductora-elevadora por canal. Cuatro canales funcionando a frecuencias ligeramente distintas producen batidos, y los cables de las baterías y del vehículo son buenas antenas. La inmunidad suele ser el lado fácil, aunque los 50 V/m de RS103 merecen respeto. Una especificación antigua inclina aún más la balanza: por encima de 2 MHz, el límite CE03 de la 461C es unos 6 dB más estricto que CE102 en una entrada de 28 V y unos 15 dB en una entrada de 230 V, y llega hasta 50 MHz en lugar de 10, mientras que su requisito de inmunidad radiada es de solo 1 a 10 V/m.

Lo que funciona:

- **Un filtro LC de dos etapas en cada entrada de potencia,** construido en la pared de conectores para que el cableado filtrado y el no filtrado nunca compartan compartimento. Según mi estimación, un cargador necesita de 40 a 60 dB de atenuación en sus frecuencias de conmutación y de 50 a 70 dB entre 2 y 50 MHz para cumplir CE03 con margen.
- **El compartimento electrónico estanco hace también de blindaje.** Las juntas conductoras y una unión continua en cada junta convierten la caja en una jaula de Faraday sin coste adicional.
- **Planifique las frecuencias de los convertidores.** Sincronice los convertidores de canal o ensanche su espectro, y suavice los flancos de conmutación donde el rendimiento lo permita.
- **Ponga choques en los cables de batería.** Un choque de modo común en cada salida evita que los cables de batería radien.
- **Mida pronto.** Un preescaneo de emisiones conducidas en el primer prototipo cuesta un día con una LISN y un analizador de espectro; encontrar un problema en la cámara oficial cuesta semanas.

MIL-STD-810: una caja estanca que disipa calor, respira y sobrevive a las caídas

Los diez entornos que suele nombrar una especificación de cargador corresponden uno a uno a los métodos 500.3, 501.3, 502.3, 505.3, 506.3, 507.3, 509.3, 510.3, 514.4 y 516.4 de la 810E, que pasaron a ser 500.6, 501.7, 502.7, 505.7, 506.6, 507.6, 509.7, 510.7, 514.8 y 516.8 en la 810H. Sus severidades por defecto apenas cambiaron en treinta años. Ninguno es difícil por sí solo; juntos describen una caja estanca, y una caja estanca tiene tres problemas: calor, presión e impactos.

Método (810E / 810H)	Severidad por defecto	Respuesta de diseño
Baja presión (500.3 / 500.6)	4.570 m, 57 kPa	Una caja estanca ve unos 44 kPa a través de sus paredes; en una tapa de 340 × 240 mm son unos 3,6 kN. Un respiradero de ePTFE iguala la presión e impide la entrada de agua.
Alta temperatura (501.3 / 501.7)	Ciclo cálido-seco: de 32 a 49 °C ambiente, de 33 a 71 °C inducidos dentro de vehículos y envolventes	Convección natural sin ventilador por una pared con aletas; cada pieza caliente conduce hacia ella; el firmware reduce la potencia de carga por encima de 50 °C.
Radiación solar (505.3 / 505.7)	1.120 W/m², ciclos de 24 horas	Un color más claro reduce la ganancia solar; acuerde si un análisis puede sustituir al ensayo.
Baja temperatura (502.3 / 502.7)	Frío básico hasta unos −32 °C; categorías más frías por acuerdo	Componentes y pantalla para −40 °C; las baterías no se cargan por debajo de 0 °C (véase más abajo).
Lluvia (506.3 / 506.6)	10 cm/h, viento de 18 m/s, 30 minutos por cara	Compartimento electrónico IP67, junta de tapa continua, válvulas de drenaje en las cavidades de batería.
Humedad (507.3 / 507.6)	Ciclos de 10 días	Compartimento estanco y barniz de protección.
Niebla salina (509.3 / 509.7)	NaCl al 5 % a 35 °C, 48 h húmedo y 48 h seco	Capa de conversión bajo pintura en polvo o CARC, tornillería inoxidable, ningún contacto entre metales distintos.
Arena y polvo (510.3 / 510.7)	Polvo 10,6 g/m³ a 8,9 m/s; arena 1,1 g/m³ a 18–29 m/s	Compartimento estanco; recubrimiento y ventana de pantalla resistentes a la abrasión.
Vibración (514.4 / 514.8)	Perfil de vehículo de ruedas o de cadenas: pregunte cuál	Fije las piezas pesadas; una almohadilla de espuma en la tapa sujeta las baterías; cargue baterías reales durante el ensayo para demostrar el funcionamiento en marcha.
Choque y caída en transporte (516.4 / 516.8)	26 caídas desde 122 cm	Unos 10 mm de deformación controlada en los parachoques de esquina; conectores empotrados; nada cae sobre un conector.

La combinación que pilla a la gente es el calor con la estanqueidad. A +55 °C a pleno sol, una caja estanca no puede usar el aire exterior, así que todas las pérdidas tienen que salir por conducción y convección natural. A 120 W de salida, un cargador con un rendimiento del 79 al 83 % pierde de 25 a 32 W, que una pared de aluminio con aletas puede disipar, pero un módulo CA-CC que reduce su potencia un 2 a 3 % por grado por encima de 50 °C tiene que dimensionarse para ello. Si la potencia completa tiene que estar disponible a +55 °C, o el módulo sube una talla o el firmware recorta la corriente de carga y lo indica.

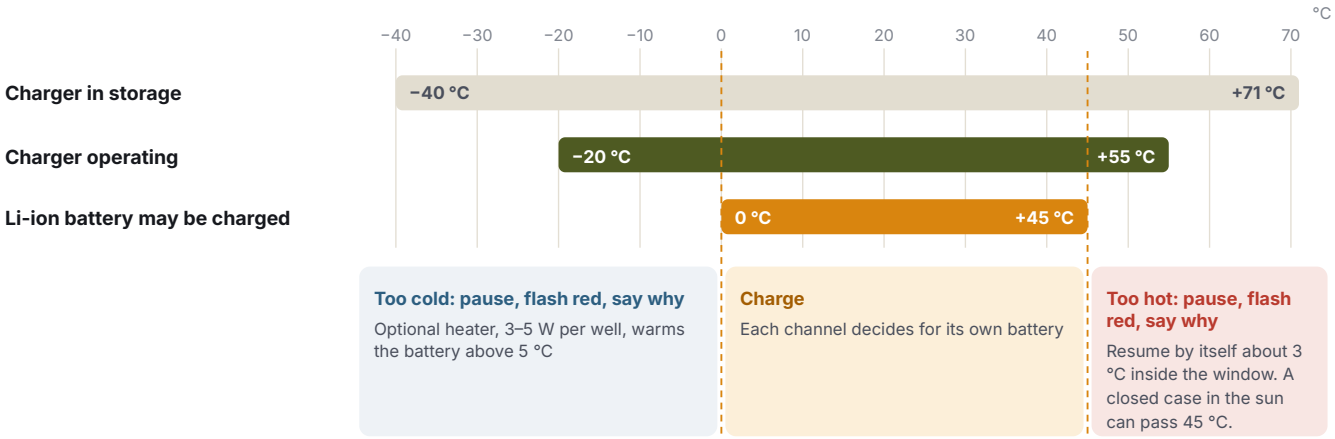
Sin ventilador, por el MTTF

Un MTTF exigido de 40.000 horas es un presupuesto de 25 fallos por millón de horas para todo el cargador. La forma habitual de demostrarlo es una predicción por esfuerzo de componentes según MIL-HDBK-217F Notice 2 en el entorno terrestre móvil, donde los condensadores llevan un factor de entorno veinte veces el de uno benigno. Un rodamiento de ventilador tiene una vida característica de unas 35.000 horas a 60 °C y 22.000 a 70 °C; en esa predicción, un solo ventilador aporta unos 43 fallos por millón de horas, más que todo el presupuesto. Eso lo decide: nada de ventilador dentro, componentes con reducción de esfuerzo, y el método de predicción, el entorno y la temperatura acordados con el cliente antes de que nadie haga las cuentas. Demostrar la cifra por ensayo no es práctico: los planes de demostración estándar necesitan decenas de miles de horas-unidad sin fallos.

La batería tiene su propia ventana de temperatura

Una batería Li-ion solo puede cargarse dentro de la ventana de temperatura que permite su fabricante, normalmente de 0 a 45 °C, mientras que al cargador se le suele pedir que funcione desde −10 o −20 °C hasta +55 °C. Cargar una celda fría deposita litio metálico y la destruye; cargar una caliente acorta su vida. Por eso el cargador tiene que conocer la temperatura de cada batería, por el termistor del pack o por sus datos de batería inteligente, y decidir para cada canal por separado.

Figura 6. El cargador tiene que funcionar en un rango más amplio que aquel en el que puede cargarse la batería.



Fuente: Typical Li-ion charging window from battery datasheets; charger ranges and behavior from the author's design.

El comportamiento que especifico: fuera de la ventana, ese canal deja de cargar mientras la pantalla, la lectura de datos y el autodiagnóstico siguen funcionando; su LED parpadea en rojo y la pantalla dice por qué, en el idioma del operador; cuando la batería vuelve a la ventana, con unos 3 °C de histéresis, la carga se reanuda sin que nadie la toque. Si un cliente necesita cargar a −10 °C, una almohadilla calefactora de 3 a 5 W en cada cavidad lleva antes la batería por encima de 5 °C. Y como las cavidades de una caja cerrada al sol pueden superar los 45 °C, un tiempo de carga prometido solo vale a temperatura moderada, y eso va en los supuestos por escrito.

Seguridad, temperatura al tacto, ESD y factores humanos

Seguridad. IEC 62368-1 sustituyó a IEC y UL 60950-1 a finales de 2020, y su edición de 2023 revisó las cláusulas de carga de baterías. Las lecturas publicadas de su tabla de distancias en aire no coinciden (1,5 y 3,0 mm en un informe de ensayo, 1,8 y 3,6 mm en la lectura de un fabricante de semiconductores), así que diseño según los valores mayores: al menos 1,8 mm de aislamiento básico y 3,6 mm de reforzado hasta 2.000 m, multiplicados por 1,48 a 5.000 m. Un cargador que entrega más de 100 W es un circuito PS3 y necesita una envolvente contra el fuego; una caja metálica lo es. Un informe de ensayo CB que cubra el anexo de carga de baterías es la forma eficiente de demostrarlo todo.

Temperatura al tacto. MIL-HDBK-454 admite 49 °C en los mandos, 60 °C en otras partes que alcanza una mano y 70 °C en el resto, a 25 °C de ambiente. A +55 °C de ambiente, el metal desnudo ya supera los 49 °C, así que asas, mandos y parachoques de esquina son de polímero o elastómero, y las superficies calientes se señalizan. La misma guía pide una corriente de fuga de 3,5 mA como máximo, una resistencia de unión de 0,1 Ω como máximo y condensadores que se descarguen por debajo de 30 V en 2 s.

ESD. El requisito habitual es una descarga por contacto de 4 kV según el modelo de cuerpo humano en cada mando que pueda tocar un operador y en el centro de cada superficie, con 2 kV en los pines de interfaz sin alimentar. Ensayar también a los 8 kV del CS118 de la 461G añade margen casi sin coste. La fábrica necesita su propio programa de control de ESD, según ANSI/ESD S20.20 o IEC 61340-5-1.

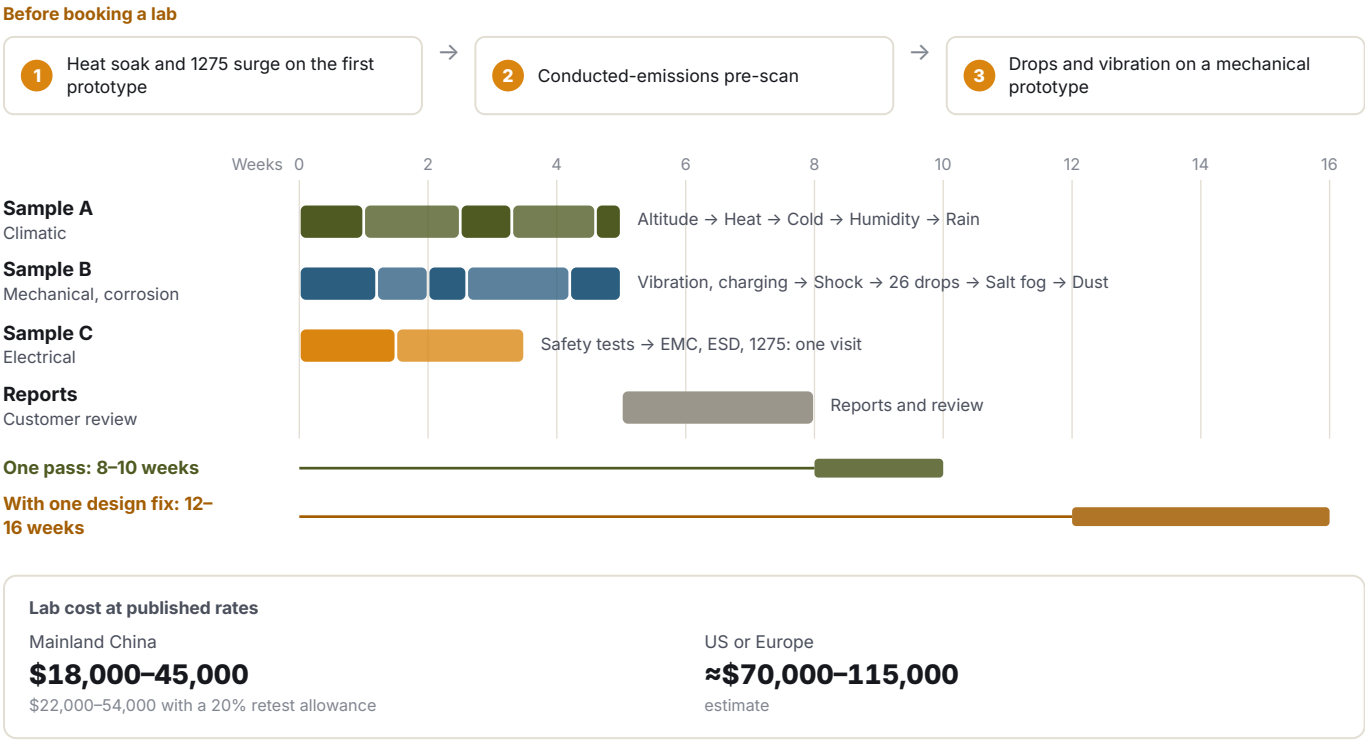
Factores humanos. MIL-STD-1472 dimensiona un asa de una mano para una mano enguantada con 125 mm de anchura interior, 50 mm de holgura para los dedos y 100 mm de profundidad (111, 48 y 75 mm a mano desnuda; 135, 75 y 150 mm con manoplas), el par de los mandos entre 115 y 680 mN·m con retenes separados de 15 a 40°, y

caracteres de 2,5 a 5 mm de altura a una distancia de lectura de 710 mm. Todo se verifica por inspección y una demostración con guantes, sin coste de laboratorio.

Calificación: tres muestras, dos cadenas en paralelo, una visita EMC

Tres muestras es el número cómodo para la calificación, dos el mínimo. La muestra A recorre la cadena climática: baja presión, almacenamiento y funcionamiento a alta temperatura, baja temperatura, radiación solar si se ensaya, humedad y lluvia. La muestra B recorre la cadena mecánica y de corrosión: vibración mientras carga, transporte, choque funcional y manipulación en banco, las 26 caídas, niebla salina y polvo. La muestra C recorre la cadena eléctrica: ensayos de tipo de seguridad, MIL-STD-461, ESD y MIL-STD-1275. En paralelo, las dos primeras cadenas llevan de cuatro a cinco semanas; la EMC y los transitorios de alimentación, de semana y media a dos; los informes y la revisión del cliente añaden de dos a tres. Eso hace de 8 a 10 semanas si todo aprueba, y de 12 a 16 semanas con una corrección de diseño.

Figura 7. Un plan de calificación con tres muestras: de 8 a 10 semanas si todo aprueba, de 12 a 16 con una corrección de diseño.



Fuente: The author's plan; lab rates from a Jiangsu provincial institute (2025), Taiwan's standards bureau and two US labs.

El orden importa más que el laboratorio. Antes de reservar nada, haga la estabilización térmica y la sobretensión 1275 en el primer prototipo, después un preescaneo EMC, y después las caídas y la vibración en un prototipo mecánico. Entonces varios ahorros salen casi gratis: funcionamiento en calor y en frío en una sola reserva de cámara; baterías cargando durante la vibración, lo que además demuestra el funcionamiento en marcha; datos de calentamiento para el informe de seguridad tomados durante la estabilización a +55 °C; ESD y 1275 en la misma visita que la EMC; un único plan de ensayos que cubre 810, 461 y 1275, aprobado una vez por el cliente, que después solo presencia la EMC, las caídas y la vibración. La baja presión, la radiación solar y un pulso EMP radiado pueden demostrarse a menudo por análisis en lugar de ensayo.

Ningún laboratorio publica precios de ensayos militares, así que los costes hay que construirlos a partir de tarifas públicas. Un instituto de ensayos provincial de Jiangsu ofrece cámaras climáticas a 4,50–37 dólares la hora y una cámara EMC a 119–149 dólares la hora; la oficina de normalización de Taiwán ofrece vibración por unos 121 dólares, un ensayo de caída por unos 73 dólares, ESD por unos 364 dólares y un conjunto EMC completo por unos 2.610 dólares; en EE. UU., un laboratorio anuncia ensayos MIL-STD-461 desde 3.999 dólares y otro factura el tiempo de ingeniería a 157–377 dólares la hora. Construido a partir de esas tarifas, un conjunto completo (461, 1275, ESD, diez

métodos de 810 y un informe de seguridad) cuesta aproximadamente de 18.000 a 45.000 dólares en China continental, o de 22.000 a 54.000 dólares con un 20 % de reserva para repetir un ensayo, y lo estimo en 70.000 a 115.000 dólares en EE. UU. o Europa. Los laboratorios públicos de Taiwán no son más caros que los del continente a sus tarifas publicadas. Si un comprador acepta los informes de un laboratorio concreto es una cuestión comercial que conviene resolver antes de la primera reserva.

¿Necesita un cargador construido según esta lista?

Esta lista de verificación sale de diseñar uno: un cargador estanco y sin ventilador de cuatro bahías con entradas de red y de vehículo de 24 V, construido como una plataforma que escala de dos a ocho bahías. Cómo está construido, cómo se cubren los huecos de una especificación y cómo pasa de una especificación a muestras de ingeniería en 16 semanas está en Cargadores de baterías multibahía robustos a medida en 2026, y lo que cuestan cargadores así, en Precios de los cargadores de baterías militares multibahía en 2026.

Si tiene una batería que necesita un cargador robusto, envíe su modelo o su hoja de datos, el número de bahías, la potencia de entrada, las normas que necesita y la cantidad a i@tanshuai.com. Respondo con las preguntas que deciden el diseño.

Fuentes

1. MIL-STD-1275E, Characteristics of 28 Volt DC Input Power to Utilization Equipment in Military Vehicles (2013). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886/
2. MIL-STD-1275B (1997). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL_STD_1275B_777/
3. Transient Specialists, PG-1275F transient generator user manual (revision F waveforms). https://transientspecialists.com/cdn/shop/files/Users_manual_PG-1275F_rev2.pdf
4. Texas Instruments, TIDUDG1, MIL-STD-1275 protection reference design guide. https://ti.com/lit/pdf/tidudg1
5. MIL-STD-461G, Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics (2015). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461G_53571/
6. MIL-STD-461C (1986). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461C_19034/
7. In Compliance Magazine, MIL-STD-461H: a review. https://incompliancemag.com/mil-std-461h-a-review/
8. MIL-STD-810E, Environmental Test Methods and Engineering Guidelines (1989), and 810H (2019) method equivalents. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0800-0899/MIL-STD-810E_13775/
9. MIL-STD-1472F, Human Engineering. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1400-1499/MIL-STD-1472F_208/
10. MIL-STD-1686C, Electrostatic Discharge Control Program. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1600-1699/MIL-STD-1686C_5522/
11. MIL-HDBK-217F Notice 2, Reliability Prediction of Electronic Equipment. https://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0200-0299/MIL-HDBK-217F_NOTICE-2_14590/
12. MIL-HDBK-454, General Guidelines for Electronic Equipment (listing). https://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0300-0499/
13. Texas Instruments, SLUP419, insulation requirements of IEC 62368-1. https://www.ti.com/lit/pdf/slup419
14. Genorma, EN 50091-1-1:1996 status. https://genorma.com/en/standards/en-50091-1-1-1996
15. Battery University, BU-410: Charging at high and low temperatures. https://batteryuniversity.com/article/bu-410-charging-at-high-and-low-temperatures
16. Jiangsu Administration for Market Regulation, product testing fee schedule (June 2025). https://scjgj.jiangsu.gov.cn/attach/0/7298087b18cf41529a3e43ac75aab677.pdf
17. Bureau of Standards, Metrology and Inspection (Taiwan), test fee table. https://www.bsmi.gov.tw/wSite/public/Attachment/f1784081743483.pdf
18. Sunfire Testing, MIL-STD-461 testing. https://www.sunfiretesting.com/military_device_mil-std-461/
19. Hi-Test Laboratories, 2023 rates. https://hitestlabs.com/s/2023-Rates_Update.pdf

Sobre el autor

Tan Shuai es tecnólogo y fundador con más de veinte años de trabajo en chips, hardware y software de sistema, y 20 patentes concedidas. Su trabajo lo ha llevado por Silicon Valley, Nueva York, Chicago, Taiwán, la Gran Área de la Bahía (Shenzhen y Hong Kong), Vietnam y Malasia, con un largo enfoque en la fabricación avanzada y las cadenas de suministro. Hoy trabaja como investigador y desarrollador de IA, y construye electrónica robusta a medida con socios de fabricación en Shenzhen.

Proyectos de cargadores robustos y conversación técnica: i@tanshuai.com.