

Informe técnico de Rochester Electronics



**Los efectos del almacenamiento
a largo plazo en la integridad
mecánica y el rendimiento
eléctrico de los componentes de
semiconductores**

Rochester Electronics LLC • Worldwide Corporate Headquarters •

16 Malcolm Hoyt Drive • Newburyport, MA 01950 USA

978.462.9332 / www.rocelec.com

Resumen

En la actual industria de los semiconductores, con una capacidad limitada, muchos fabricantes de componentes originales (OCM) adoptan progresivamente ciclos de vida más breves de los productos. Sin embargo, múltiples industrias requieren que los equipos estén operativos y se mantengan durante muchas décadas. Por lo tanto, contar con un suministro continuo de componentes resulta fundamental para el sostenimiento de estas aplicaciones a lo largo del ciclo de vida útil.

El almacenamiento de los componentes de semiconductores durante largos períodos después de la producción final es una solución que se pone en práctica de manera generalizada. Desde 1981, Rochester Electronics ha implementado con éxito el almacenamiento prolongado de componentes para superar las interrupciones de la cadena de suministro en aplicaciones con una vida útil prolongada.

Cuando se utiliza el almacenamiento de componentes a largo plazo, es importante que los usuarios finales confíen en que los componentes serán fiables en el campo. En un informe técnico anterior, los equipos de Calidad y Confiabilidad de Rochester investigaron [los efectos del almacenamiento a largo plazo en la soldabilidad de los componentes de semiconductores](#) en los que no se encontraron defectos [1]. Las pruebas de soldabilidad, de conformidad con la norma IPC/JEDEC J-STD-002E y realizadas por una empresa externa independiente, confirmaron que no existen efectos negativos debidos al envejecimiento de los componentes, ni siquiera después de largos períodos de almacenamiento. Estos resultados indican que los códigos de fecha no suponen una restricción de la vida útil de los componentes de semiconductores.

Este documento examina los efectos del almacenamiento a largo plazo en la *integridad mecánica y el rendimiento eléctrico*. Se inspeccionó y analizó una muestra aleatoria de componentes, que abarcaban una variedad de tipos de encapsulado y permanecían almacenados durante períodos de hasta 17 años, a fin de determinar los efectos del envejecimiento. Las pruebas exhaustivas basadas en imágenes ópticas, de rayos X y SEM, la decapsulación, la inspección transversal y las pruebas eléctricas no indicaron resultados negativos ni fallos.

Índice

1. Introducción
2. Muestras
3. Procedimiento
4. Imágenes ópticas del montaje de placas de circuito impreso (PCB)
5. Imágenes de rayos X y SEM de secciones transversales de montajes de placas de circuito impreso y juntas de soldadura
6. Imágenes de rayos X y SEM de las secciones internas del encapsulado
7. Inspección de troqueles y de la unión de conectores después de la decapsulación
8. Resultados de las pruebas eléctricas
9. Conclusión

1. Introducción

Como ya analizamos en nuestro primer informe técnico [1], los fabricantes de componentes originales (OCM) y los distribuidores autorizados tradicionales suelen almacenar los componentes durante unos años antes de rotar el inventario. Sin embargo, desde 1981, Rochester Electronics ha estado almacenando componentes satisfactoriamente durante períodos prolongados a fin de cubrir las interrupciones de la cadena de abastecimiento para las aplicaciones de vida útil prolongada. Los distribuidores plenamente autorizados, como Rochester Electronics, se consideran de conformidad con la norma aeroespacial SAE, AS6496.

En el marco de la norma AS6496, los requisitos de trazabilidad establecen las necesidades de llevar documentación para las piezas militares y piezas comerciales/industriales. Las piezas militares requieren tanto el certificado de conformidad del fabricante como el del distribuidor, mientras que para las piezas comerciales solo se requiere el certificado de conformidad del distribuidor. También existe una disposición que especifica el contenido del certificado de conformidad del distribuidor autorizado.

La Asociación de Tecnología de Estado Sólido JEDEC ha publicado las mejores prácticas para el almacenamiento a largo plazo de obleas, troqueles y dispositivos de semiconductores en el documento [JEP 160](#). Sin embargo, este documento se publicó por primera vez en 2011. Muchos distribuidores, incluido Rochester Electronics, han almacenado componentes durante períodos mucho más extensos, por lo que el cumplimiento total de estas pautas no siempre resulta realista, especialmente en el caso de los componentes más antiguos.

En varios informes técnicos publicados por Texas Instruments [2], [3] se ha investigado la confiabilidad de los componentes después de un almacenamiento prolongado. En el documento inicial, se destacaba que los productos de semiconductores almacenados adecuadamente en un entorno controlado poseen una vida útil superior a los 15 años, mientras que un documento posterior de Texas Instruments indicaba que no se habían encontrado mecanismos de fallo en componentes almacenados por hasta 21 años. Cabe señalar que estos estudios se basan en componentes que se han almacenado en entornos controlados.

Las investigaciones de Rochester toman una muestra aleatoria de componentes que han estado almacenados en diversos entornos por hasta 17 años, algunos de los cuales, aunque no todos, han sido controlados. Se evaluó una selección de ocho productos diferentes, compuesta por tres tipos de acabado de plomo distintos de cinco proveedores diferentes en total. Además, nuestro análisis incluye un proceso de fabricación por reflujo de pasta de soldadura y montaje en placa estándar de la industria. Una empresa externa independiente de fabricación de componentes electrónicos, con experiencia en el montaje de placas de circuito impreso, llevó a cabo el proceso de montaje. La planta de montaje cuenta con la certificación ISO-9001 y más de 17 años de experiencia en la industria.

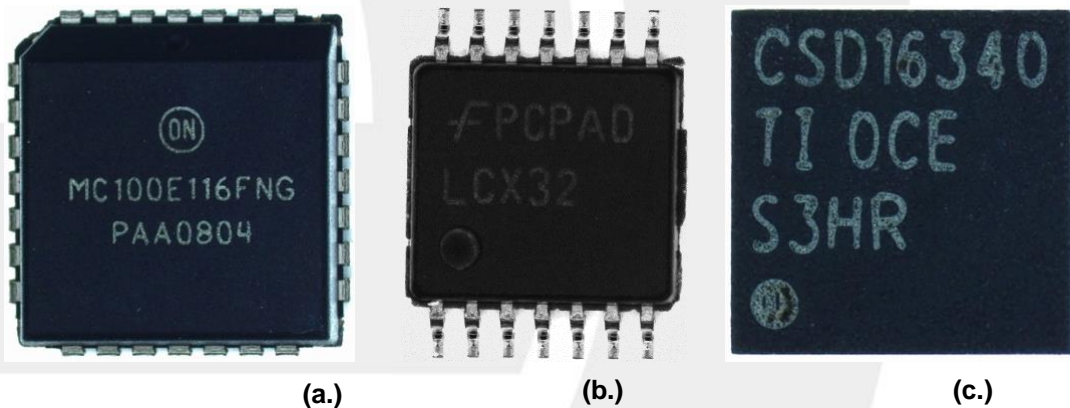
Los equipos de Calidad y Confiabilidad de Rochester han realizado análisis de la integridad interna de los encapsulados, de la calidad de las juntas soldadas entre componentes y placas de circuito impreso, y de los resultados de las pruebas eléctricas, con el fin de validar que los dispositivos semiconductores no se degradan después de un almacenamiento prolongado. Los métodos de análisis incluyen imágenes de rayos X, láser, decapsulación ácida, corte

transversal, microscopía electrónica de barrido (SEM) y pruebas eléctricas funcionales y de temporización.

Para el análisis detallado se seleccionaron aleatoriamente tres encapsulados, un portachip con plomo de plástico (PLCC) de 28 terminales, un encapsulado de contorno pequeño de contracción fina (TSSOP) de 14 terminales y un encapsulado de contorno pequeño muy fino sin plomo (VSON) de 8 almohadillas, con distintos códigos de fecha. En este documento, se detallan los resultados de la evaluación visual, mecánica y eléctrica. Las caracterizaciones eléctricas se obtuvieron utilizando tres encapsulados de plástico de doble línea (PDIP) debido a las soluciones de prueba disponibles.

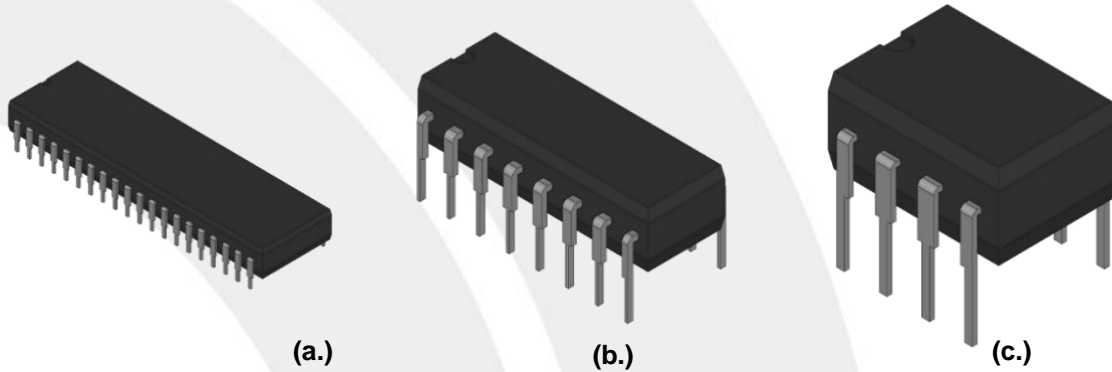
2. Muestras

Se realizó una muestra aleatoria seleccionando tres encapsulados de diferentes tipos con distintos códigos de fecha de dispositivos disponibles para las pruebas. Los tres tipos de encapsulados son un portachip con plomo de plástico (PLCC) de 28 terminales, un encapsulado de contorno pequeño de contracción fina (TSSOP) de 14 terminales y un encapsulado de contorno pequeño muy fino sin plomo (VSON) de 8 almohadillas, como se muestra en la Figura 1.



(Figura 1. En esta investigación, se utilizaron imágenes externas de encapsulados de (a) 28 PLCC, (b) 14 TSSOP y (c) 8 VSON. Algunos códigos de fecha utilizaban ligeras variaciones del troquel del producto, pero compartían encapsulados idénticos).

Se seleccionó otra muestra aleatoria de dispositivos con soluciones de prueba disponibles, lo que dio lugar a los tres encapsulados de plástico de doble línea (PDIP) de la Figura 2 para las pruebas eléctricas.



(Figura 2. Imágenes esquemáticas de dispositivos sometidos a pruebas eléctricas: (a) 9513APC (40 PDIP), (b) 27S21PC (16 PDIP) y (c) UC3835N (8 PDIP). El 9513APC y el 27S21PC son dispositivos digitales, mientras que el UC3835N es analógico).

Producto	Años de almacenamiento	Acabado de plomo	Tipo de encapsulado
MC100E116	14	Sn mate	PLCC
MC100E111	10	Sn mate	PLCC
MC100E101	4	Sn mate	PLCC
LCX02MTCX	13	NiPdAu	TSSOP
LCX32MTCX	9	NiPdAu	TSSOP
LCX02MTCX	6	NiPdAu	TSSOP
CSD16411	12	Sn mate	VSON
CSD16340	11	Sn mate	VSON
CSD25401	7	Sn mate	VSON
9513APC	11	Sn mate	PDIP
9513APC	3	Sn mate	PDIP
27S21PC	9	SnPb	PDIP
27S21PC	6	SnPb	PDIP
UC3835N	17	NiPdAu	PDIP
UC3835N	9	NiPdAu	PDIP

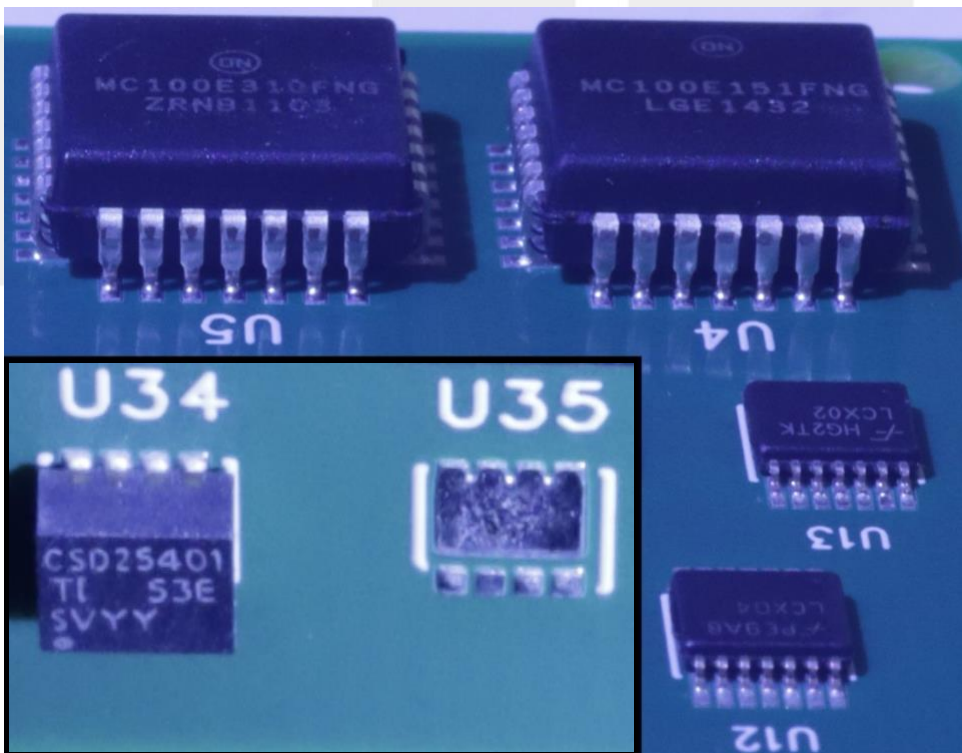
Tabla 1. Dispositivos de la muestra y características clave.

3. Procedimiento

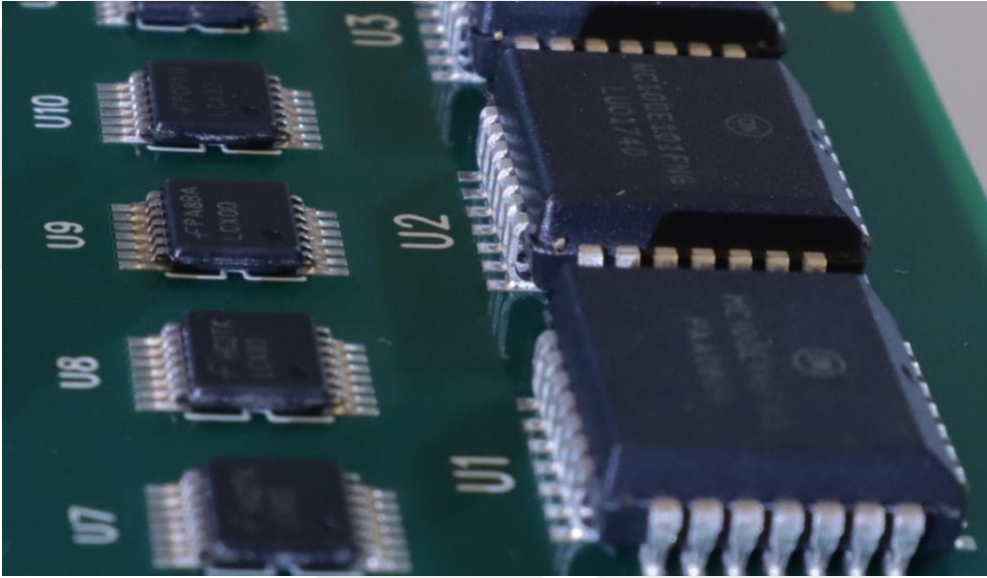
Se realizó una decapsulación láser en los dispositivos seleccionados para exponer el troquel y examinar los defectos. No se encontró corrosión, cráteres ni grietas en la almohadilla de unión. Rochester se asoció con expertos de la industria para el diseño, la fabricación y el uso de placas de circuito impreso para el ensamblado de distintos dispositivos de montaje superficial de diferentes tipos de encapsulados y códigos de fecha. Todos los dispositivos realizaron correctamente el reflujo en el ensamblador independiente de PCB. Rochester verificó estos resultados mediante inspección óptica y por rayos X de las juntas de soldadura, la realización de cortes transversales a lo largo de las soldaduras y la obtención de imágenes por SEM de las juntas de soldadura cortadas. A continuación, se presentan las imágenes ópticas de la inspección externa, las imágenes de rayos X de los dispositivos individuales y de la inspección del conjunto montado, y las imágenes de SEM de la sección transversal y la decapsulación.

4. Imágenes ópticas del montaje de placas de circuito impreso

En ambas caras de cada placa de circuito impreso, se montaron 57 dispositivos de plástico de montaje superficial de 12 contornos diferentes, encapsulados desde 2006. Se inspeccionaron todas las almohadillas y no se encontró ningún fallo, lo que confirma el éxito del montaje de la placa de circuito impreso. Las imágenes de los filetes de soldadura de los dispositivos presentados en esta investigación se muestran en las figuras 3 y 4.



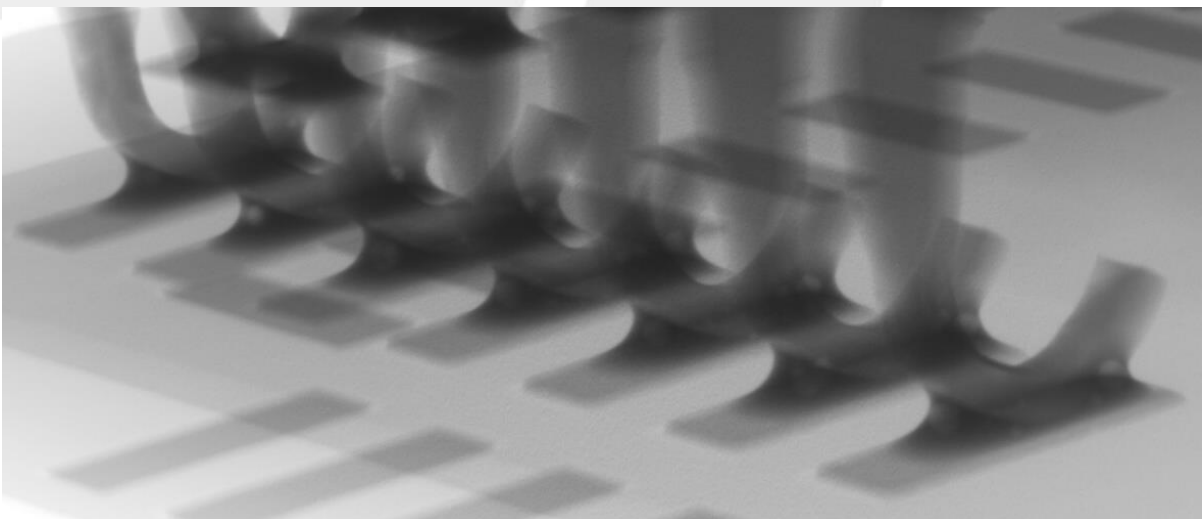
(Figura 3. Imagen óptica de dos dispositivos 28 PLCC montados (arriba) y dispositivos 14 TSSOP (abajo a la derecha). Imagen de un dispositivo 8 VSON montado y su patrón expuesto subyacente superpuesto en la parte inferior izquierda. El patrón expuesto se debe a la falta de una muestra; la pasta de soldadura se depositó sin un dispositivo disponible para montar).



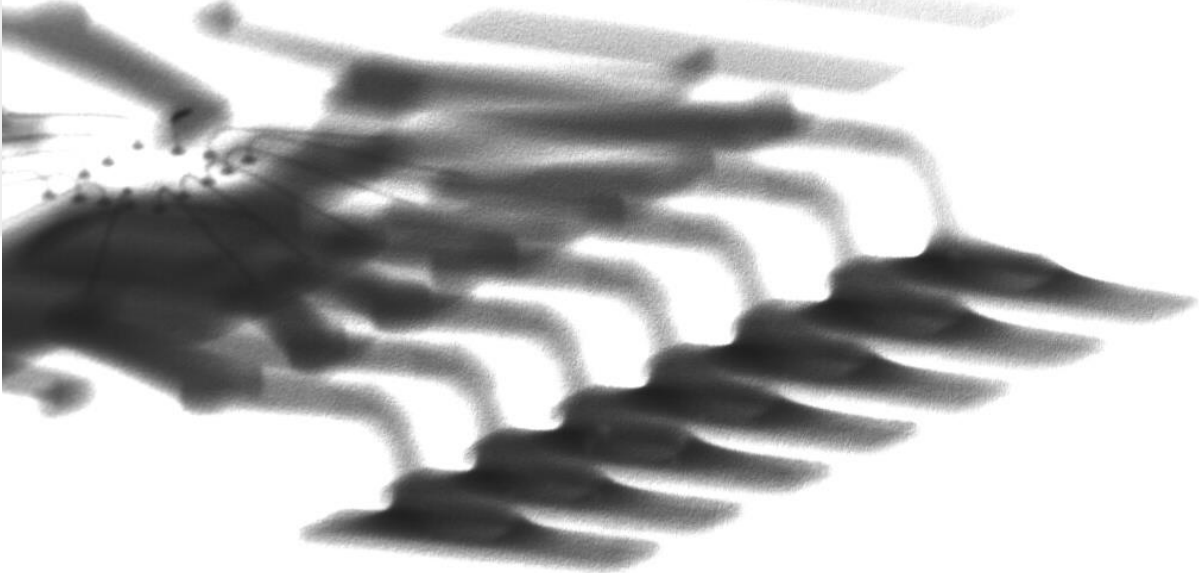
(Figura 4. Imagen óptica que muestra los filetes de soldadura de los dispositivos PLCC y TSSOP montados de perfil).

5. Imágenes de rayos X y SEM de secciones transversales de montajes de placas de circuito impreso y juntas de soldadura

Para obtener más información sobre los filetes de soldadura, que de otro modo quedarían ocultos, se tomaron imágenes de montajes de placas de circuito impreso mediante rayos X en una vista oblicua. Las imágenes del encapsulado VSON no resolvieron ningún detalle adicional debido a la escala de longitud y la densidad de la cobertura de la soldadura. En las figuras 5 y 6, se pueden ver imágenes representativas de los encapsulados PLCC y TSSOP.

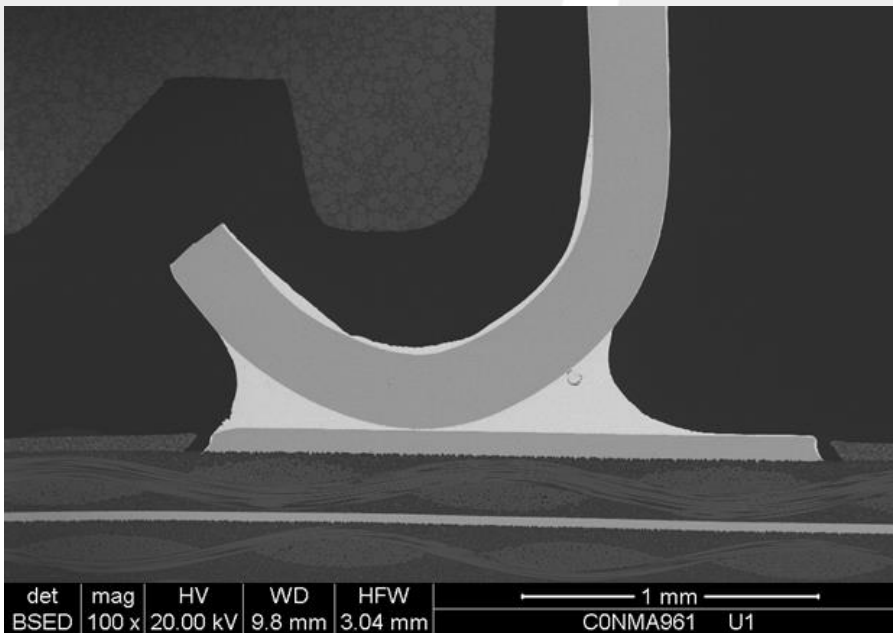


(Figura 5. Imagen de rayos X de dispositivos 28 PLCC montados en una placa de circuito impreso. Nota: Las almohadillas duplicadas se deben a la parte inferior no utilizada de la PCB de doble cara).

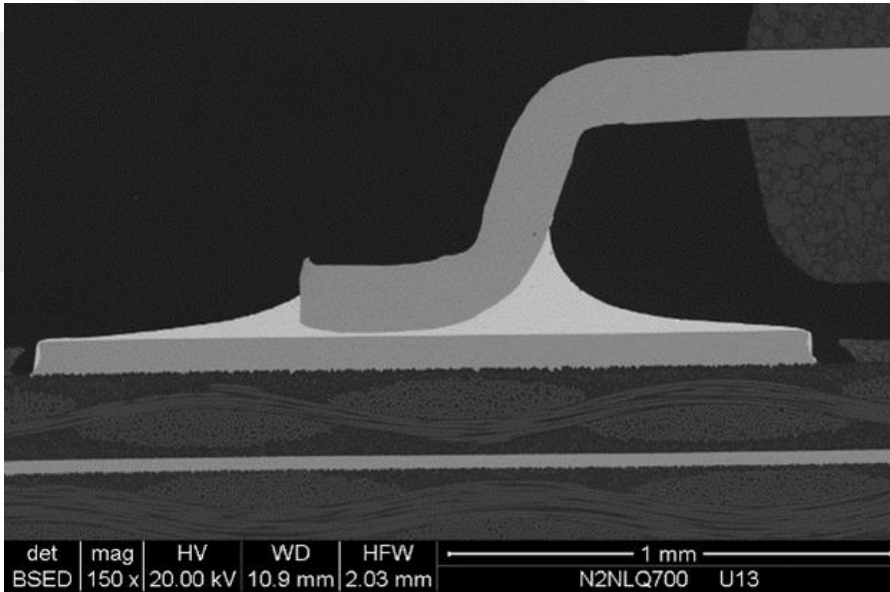


(Figura 6. Imagen de rayos X de dispositivos 14 TSSOP montados en una placa de circuito impreso, con la unión de conectores visible).

Además, se tomaron imágenes de SEM después del corte transversal a través de los conectores, con lo cual se reveló el perfil preciso y la estructura interna de los filetes de soldadura, que se muestran en las figuras 7 y 8. Se comprobó que las estructuras internas de los filetes de soldadura eran íntegras y coincidían con las inspecciones externas, con lo cual se valida aún más el éxito del montaje de las placas de circuito impreso.



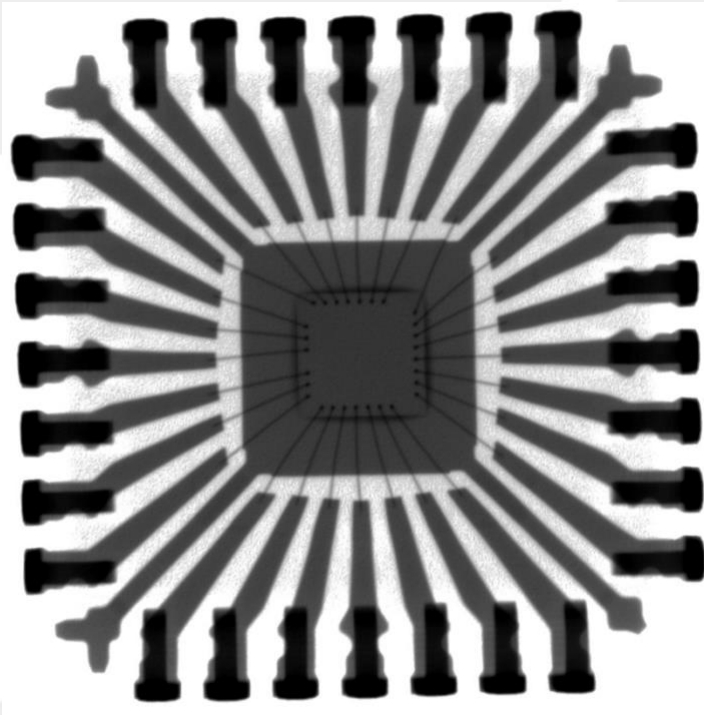
(Figura 7. Imagen de SEM de un plano transversal a través del centro de una conexión en un dispositivo PLCC en la que se capta la unión de la almohadilla de la PCB, la soldadura y el conector).



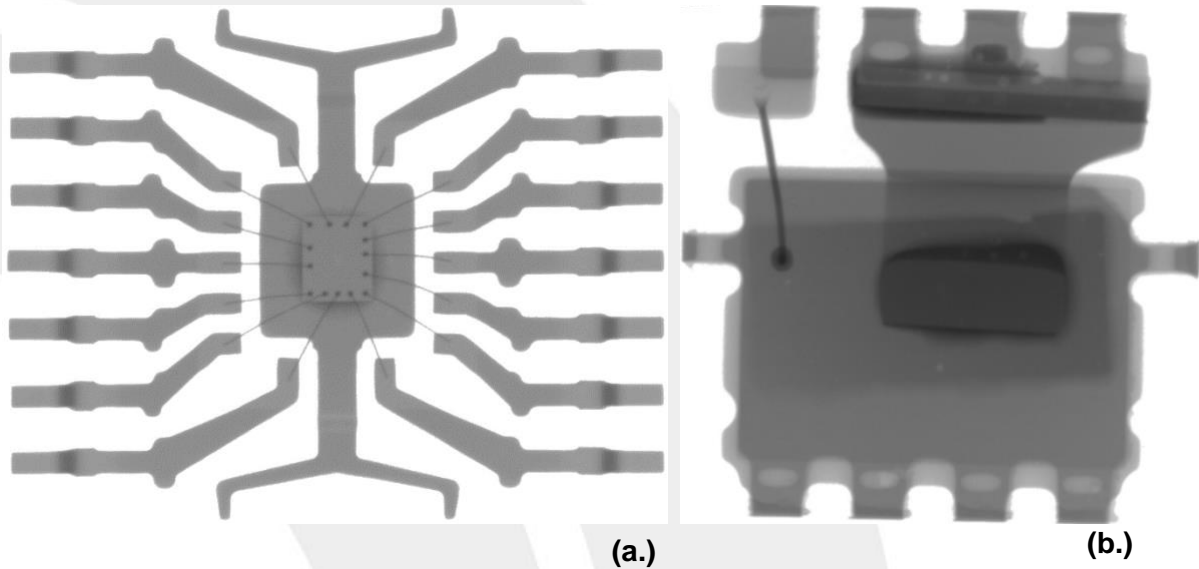
(Figura 8. Imagen de SEM de un plano transversal que capta la misma unión en un dispositivo TSSOP).

6. Imágenes de rayos X y SEM de las secciones internas del encapsulado

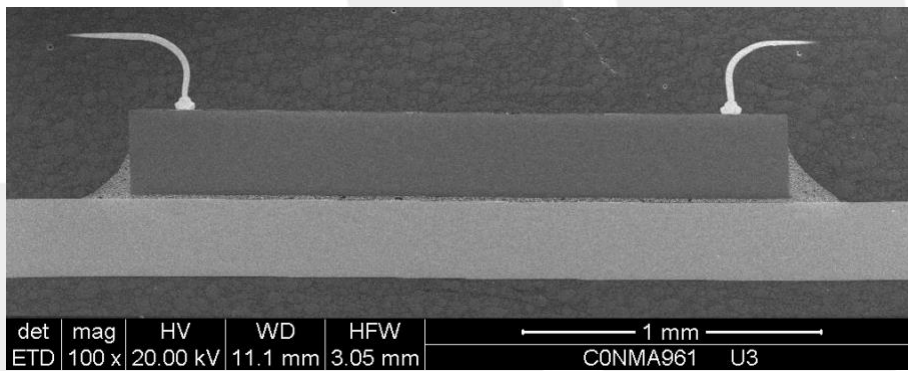
Las mismas técnicas de imágenes se utilizaron también para validar la integridad del material encapsulado e inspeccionar las características internas del dispositivo en busca de defectos. No se observaron defectos; a continuación, se ofrecen imágenes características de cada tipo de encapsulado.



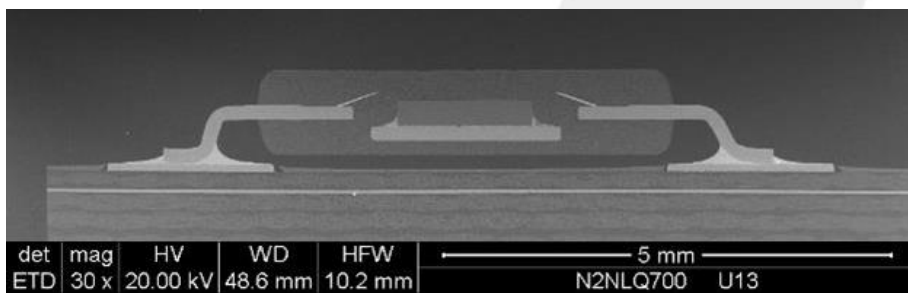
(Figura 9. Imagen de rayos X del dispositivo 28 PLCC completo).



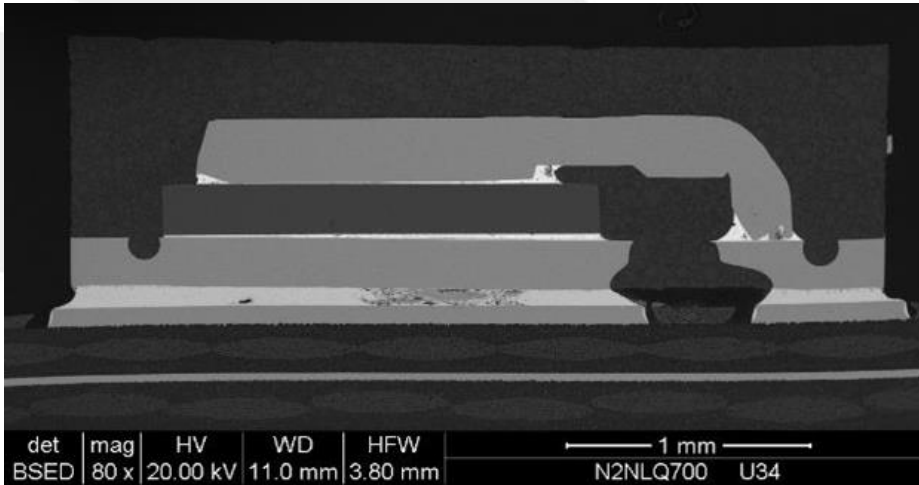
(Figura 10. Imágenes de rayos X de los dispositivos enteros (a) 14 TSSOP y (b) 8 VSON).



(Figura 11. Imagen de SEM de un plano transversal a través de un dispositivo PLCC en la que se muestra el encapsulante plástico, las esferas de unión y las conexiones de la unión, el troquel, el adhesivo de fijación del troquel (observe los filetes), la paleta de fijación del troquel y el encapsulante, de arriba a abajo).



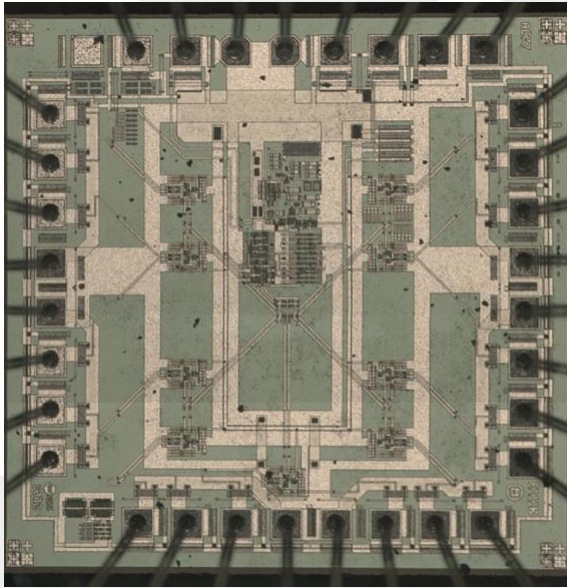
(Figura 12. Imagen de SEM del plano de la sección transversal a través de un dispositivo TSSOP. Observe que el encapsulado de TSSOP es mucho más pequeño, con una altura de separación menor que el PLCC, lo que permite captar todo el perfil del dispositivo. Aquí se muestran las mismas características, excepto las uniones de esfera que ahora se encuentran fuera del plano segmentado, con la adición de los cables del encapsulado y los filetes de soldadura que antes estaban fuera del campo de visión).



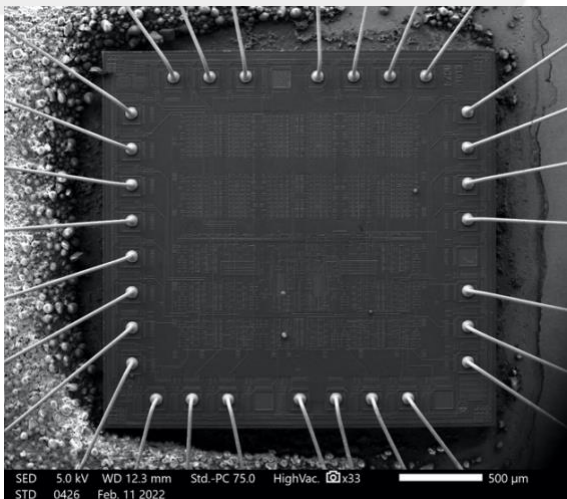
(Figura 13. Imagen de SEM del plano de la sección transversal a través de un dispositivo VSON. El conector de unión único (consulte la Figura 10b) se encuentra en una almohadilla exterior, más allá de la zona central de interés explorada por el plano segmentado. Se observa el comienzo de un vacío. Este segmento de la sección transversal se examinó con mayor aumento y se comprobó que presentaba una capa fina pero ininterrumpida de soldadura a lo largo de las conexiones superior (almohadilla del dispositivo) e inferior (almohadilla de la PCB) de la unión soldada. Esta cobertura completa de la soldadura en ambas caras indica que no se ha producido desecado alguno y que el vacío es inherente al reflujo de la pasta de soldadura debido a la demanda térmica particular de esta almohadilla de soldadura grande).

7. Inspección de troqueles y de la unión de conectores después de la decapsulación

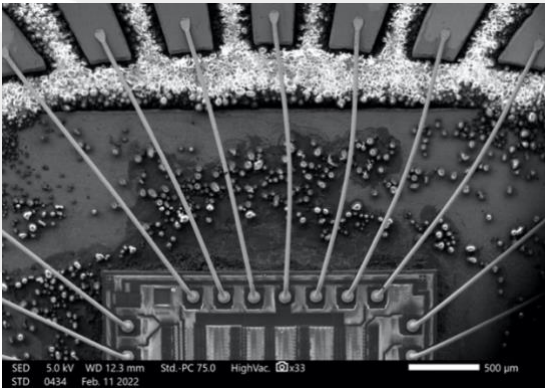
Todos los dispositivos se decapsularon con láser y recibieron un acabado con un breve grabado ácido. No se observó ningún daño producto de las tensiones ambientales o los mecanismos de degradación propuestos después del almacenamiento a largo plazo. Todos los dispositivos resultaron estar libres de grietas, delaminaciones y defectos en los conectores de unión. En las Figuras 14 a 22, se pueden ver imágenes representativas que destacan las características críticas.



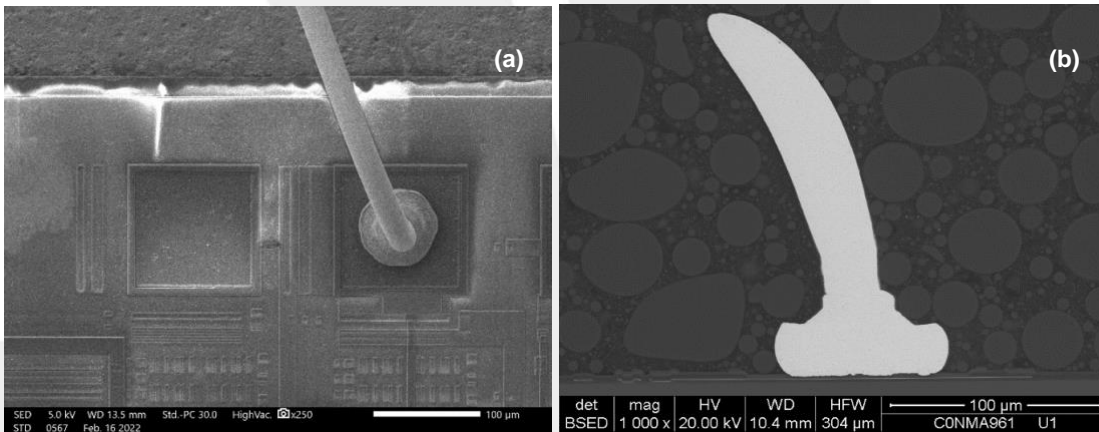
(Figura 14. Imagen óptica de la superficie del troquel después de la decapsulación con láser y ácido. El moteado de la superficie se debe al contacto con el ácido durante el proceso de grabado. Unida digitalmente para captar toda la zona de interés).



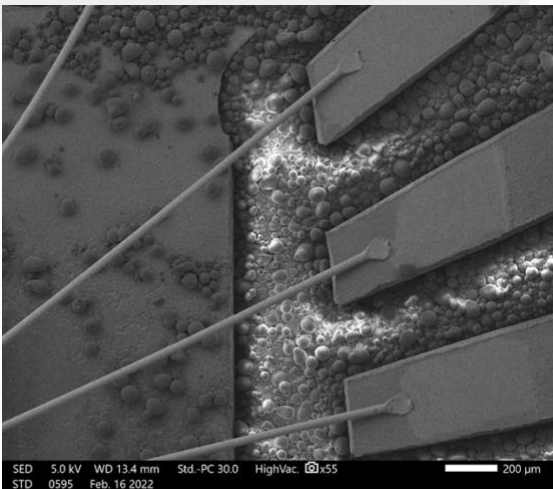
(Figura 15. Imagen de SEM de la superficie superior del troquel de PLCC y de las uniones de conectores en las almohadillas del troquel después de la decapsulación).



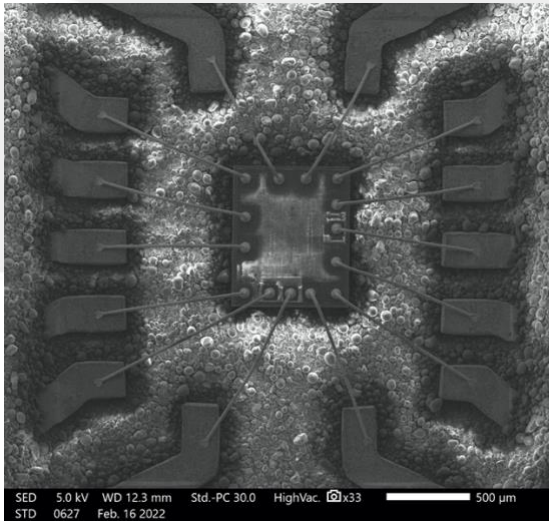
(Figura 16. Imagen de SEM de las uniones en cuña, los conectores de unión y las uniones de esfera del PLCC después de la decapsulación).



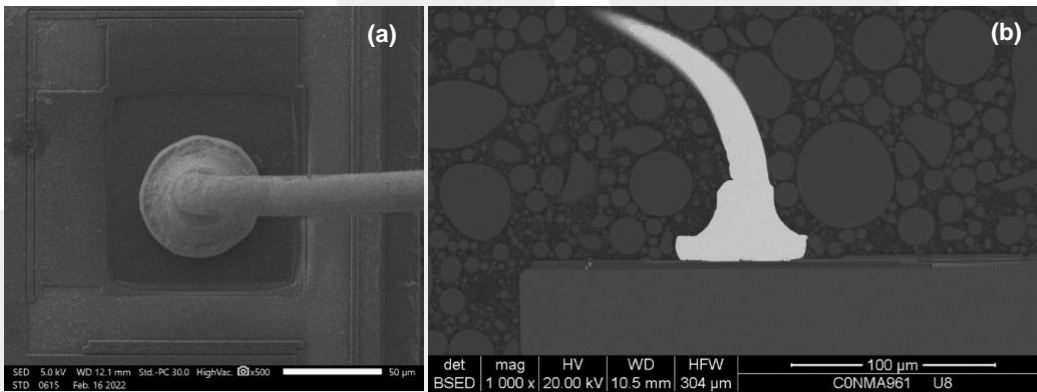
(Figura 17. Comparación en paralelo: (a) Imagen de SEM de la unión de esfera de PLCC decapsulada y de las almohadillas unidas y no unidas; (b) imagen de SEM de la sección transversal a través de la unión de esfera y el conector de unión).



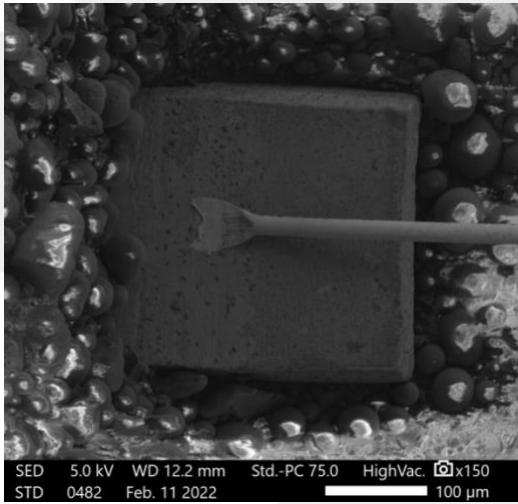
(Figura 18. Imagen de SEM del detalle de la unión en cuña en las ramas de derivación del PLCC después de la decapsulación).



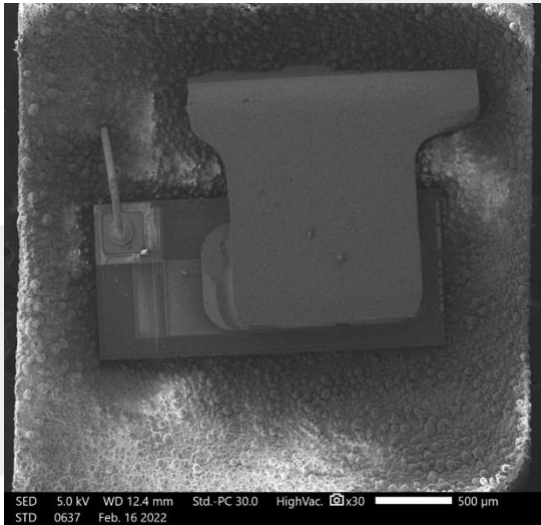
(Figura 19. Imagen de SEM de la superficie superior del troquel de TSSOP, de las uniones en caña, de los conectores de unión y de las uniones de esfera después de la decapsulación).



(Figura 20. Comparación en paralelo: (a) Imagen de SEM de la unión de esfera de TSSOP decapsulada y de la almohadilla subyacente; (b) imagen de SEM de la sección transversal a través de la unión de esfera y del conector de unión).



(Figura 21. Imagen de SEM del detalle de la unión en cuña en una rama de derivación del TSSOP después de la decapsulación).



(Figura 22. Imagen de SEM de una unión de VSON única después de la decapsulación. El troquel queda oculto por el disipador de calor).

8. Resultados de las pruebas eléctricas

Se examinaron tres productos con dos códigos de fecha diferentes según los requisitos de sus respectivas hojas de datos. Los dispositivos examinados abarcan casi 15 años; los resultados se muestran en la Tabla 2. Se examinaron 20 dispositivos 9513APC, 25 dispositivos 27S21PC y 50 dispositivos UC3835N de cada código de fecha. Todos los dispositivos cumplieron con los límites de sus respectivas hojas de datos y no mostraron cambios significativos ni sistemáticos en las distribuciones de datos en los diferentes códigos de fecha.

Producto	Años de almacenamiento	Acabado de plomo	Rendimiento de las pruebas eléctricas
9513APC	11	Sn mate	100 %
9513APC	3	Sn mate	100 %
27S21PC	9	SnPb	100 %
27S21PC	6	SnPb	100 %
UC3835N	17	NiPdAu	100 %
UC3835N	9	NiPdAu	100 %

Tabla 2. Rendimiento de las pruebas eléctricas de los dispositivos de muestra.

9. Conclusión

Los datos presentados en este documento indican que los dispositivos mantienen la integridad interna y externa, incluida la firmeza de la soldadura sobre las placas de circuito impreso, después de más de una década de almacenamiento. Los dispositivos no presentaron indicios de corrosión, grietas ni delaminación. Los dispositivos examinados han superado todas las pruebas funcionales y de temporización correspondientes.

Esto pone de manifiesto que el almacenamiento a largo plazo representa una solución viable para mantener un suministro continuo de componentes de semiconductores en aplicaciones de ciclo de vida prolongado como en los sectores automotor, aeroespacial, médico, industrial y de defensa.

Referencias:

[1] [Los efectos del almacenamiento a largo plazo en la soldabilidad de los componentes de semiconductores](#), Rochester Electronics, Semiconductor Packaging News, 6 de diciembre de 2021

[2] [Confiabilidad de los componentes después de un almacenamiento prolongado](#), Texas Instruments, mayo de 2008

[3] [Evaluación del almacenamiento a largo plazo de los dispositivos de semiconductores](#), Texas Instruments, septiembre de 2021