



PELÍCULAS DELGADAS:

RECUBRIMIENTOS INVISIBLES PRESENTES EN NUESTRA VIDA COTIDIANA

Claudia Patricia Villamizar Caballero, José Luis Alemán Ramírez Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM). Temixco, Morelos.

Palabras clave: películas delgadas, semiconductores, energías renovables

DOI: <https://www.doi.org/10.59730/rer.v13n60a5>

INTRODUCCIÓN

¿Qué tienen en común un teléfono inteligente, un panel solar y un recubrimiento de protección ultravioleta (UV) en unos lentes? Aunque parezcan tecnologías diferentes, todas dependen del mismo tipo de material: las películas delgadas. Estos recubrimientos microscópicos, en algunos casos invisibles a simple vista, son clave para el desarrollo de la electrónica moderna, la generación de energías renovables y el diseño de dispositivos cada vez más pequeños, sensibles y eficientes.

El estudio de las películas delgadas forma parte de la ciencia de los materiales, un campo interdisciplinario que integra la química, la física y la ingeniería para diseñar nuevos materiales con propiedades específicas para aplicaciones estratégicas. Esta disciplina no solo busca comprender las propiedades físicas y químicas de las películas delgadas, sino también establecer la relación entre las técnicas de preparación, la composición química, la morfología y el desempeño de éstas en diversas aplicaciones, como dispositivos electrónicos, sensores, sistemas ópticos, celdas solares y procesos fotocatalíticos. De esta manera, el conocimiento básico de estos materiales se transforma en innovación tecnológica en diversas áreas.

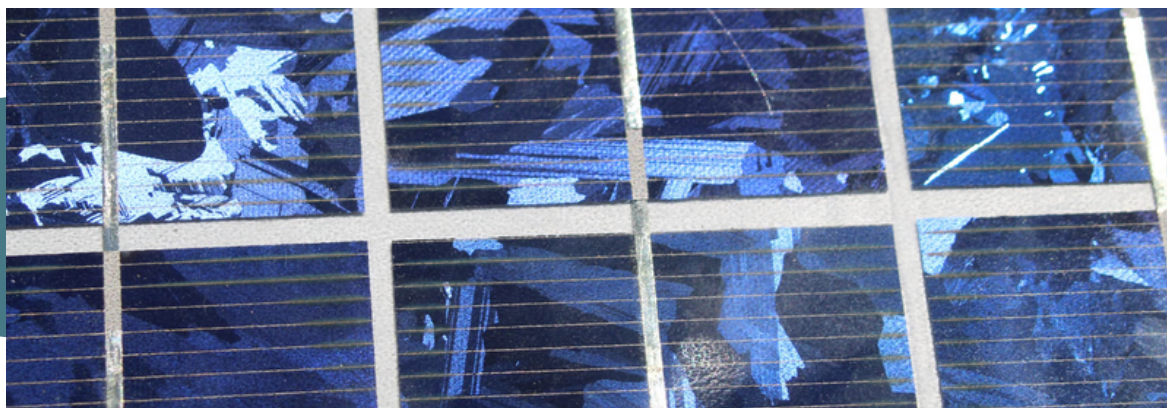
Actualmente, las películas delgadas se emplean en numerosos objetos de uso cotidiano. Por ejemplo, permiten fabricar pantallas táctiles más sensibles, baterías más compactas y paneles solares más eficientes. También se emplean en ventanas inteligentes que regulan la temperatura y en recubrimientos que protegen las superficies contra rayaduras, la corrosión o la radiación UV. En este contexto, las técnicas de fabricación de películas delgadas resultan fundamentales. Aunque existen métodos ampliamente consolidados, continúa la búsqueda de alternativas más económicas, eficientes y sostenibles que permitan obtener materiales con propiedades novedosas

¿QUÉ ES UNA PELÍCULA DELGADA?

Una película delgada consiste en una o varias capas de un material depositadas sobre una superficie llamada sustrato que puede ser vidrio, vidrio conductor (FTO, óxido de estaño dopado con flúor; ITO, óxido de indio y estaño), metal o un polímero flexible. Su espesor puede variar desde fracciones de nanómetro hasta algunos micrómetros; es decir, puede ser miles de veces más delgada que un cabello humano (0.05-0.1 mm). Esta escala extremadamente pequeña permite modificar de forma controlada las propiedades ópticas, eléctricas y mecánicas de la película. Además, su fabricación requiere cantidades mínimas de materia prima, lo que reduce los costos y facilita la miniaturización tecnológica. Cuando el espesor de la película aumenta considerablemente, se habla de recubrimientos (películas gruesas) que presentan propiedades físicas y químicas distintas de las de sus homólogas [1].

¿CÓMO SE FABRICAN LAS PELÍCULAS DELGADAS?

La fabricación de películas delgadas se basa en técnicas de depósito que, en general, se clasifican en dos categorías: métodos físicos y métodos químicos. Con estos métodos es posible controlar el o los materiales precursores de la película delgada, afinando diversos parámetros y obteniendo películas delgadas de distintos espesores, libres de poros, densas y uniformes, con diferentes características morfológicas, ópticas y electrónicas. En la Figura 1. se mencionan brevemente algunos métodos de fabricación de películas delgadas, tanto físicos como químicos, así como algunas técnicas híbridas.



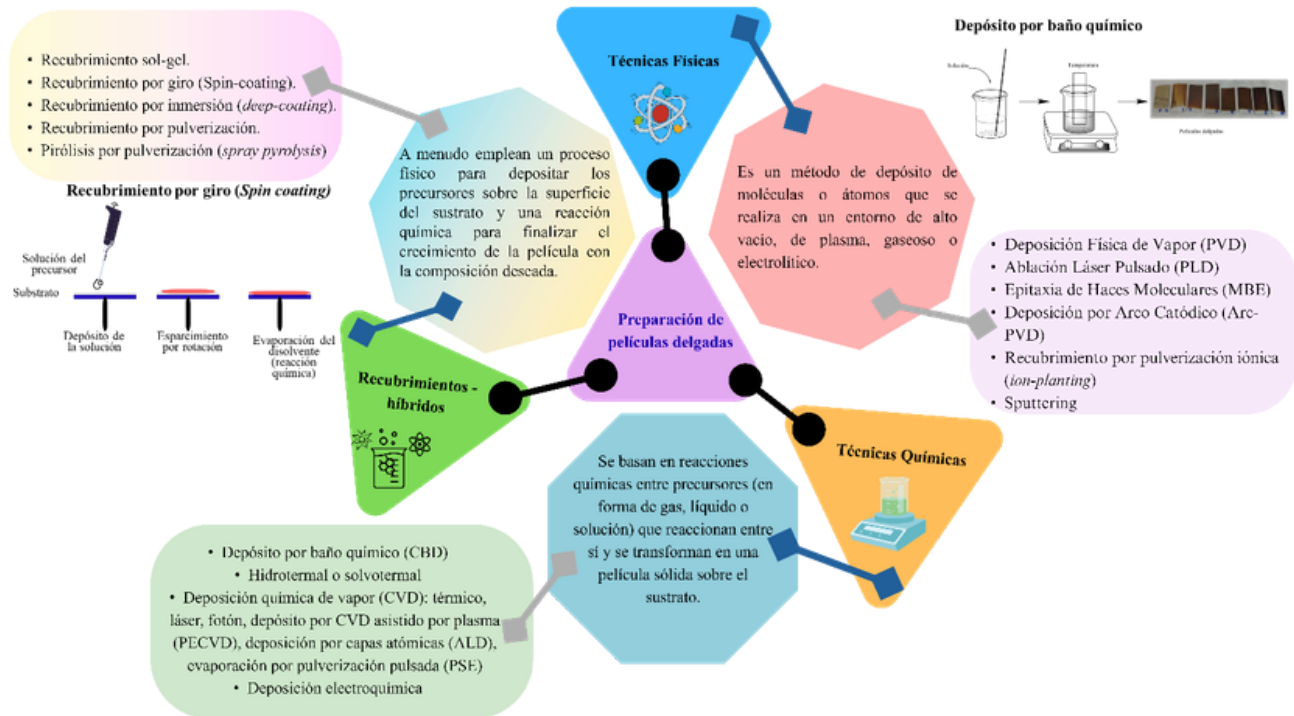


Figura 1. Métodos empleados en la fabricación de películas delgadas. [Fuente: elaboración de los autores].

vaporización o pulverización de materiales procedentes de una fuente. Algunos ejemplos comunes incluyen la evaporación térmica (Figura 2) y la pulverización catódica. Generalmente se realizan en condiciones de alto vacío y altas temperaturas, con un control preciso del espesor y de la pureza del material. Sin embargo, requiere equipos sofisticados y condiciones de alto vacío para lograr un crecimiento óptimo de la película sobre la superficie del sustrato. Dependiendo del método empleado, puede realizarse en un entorno de vacío, plasma, fase gaseosa o electrolítico y mediante el control de las condiciones de crecimiento la película puede ser amorfa, policristalina o monocristalina [2].

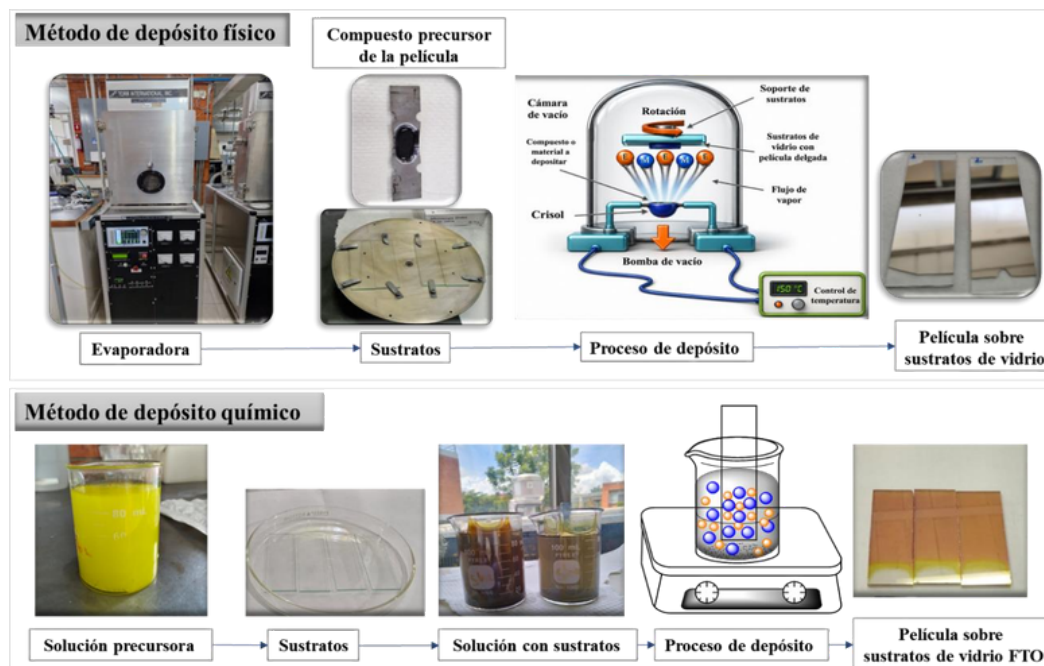


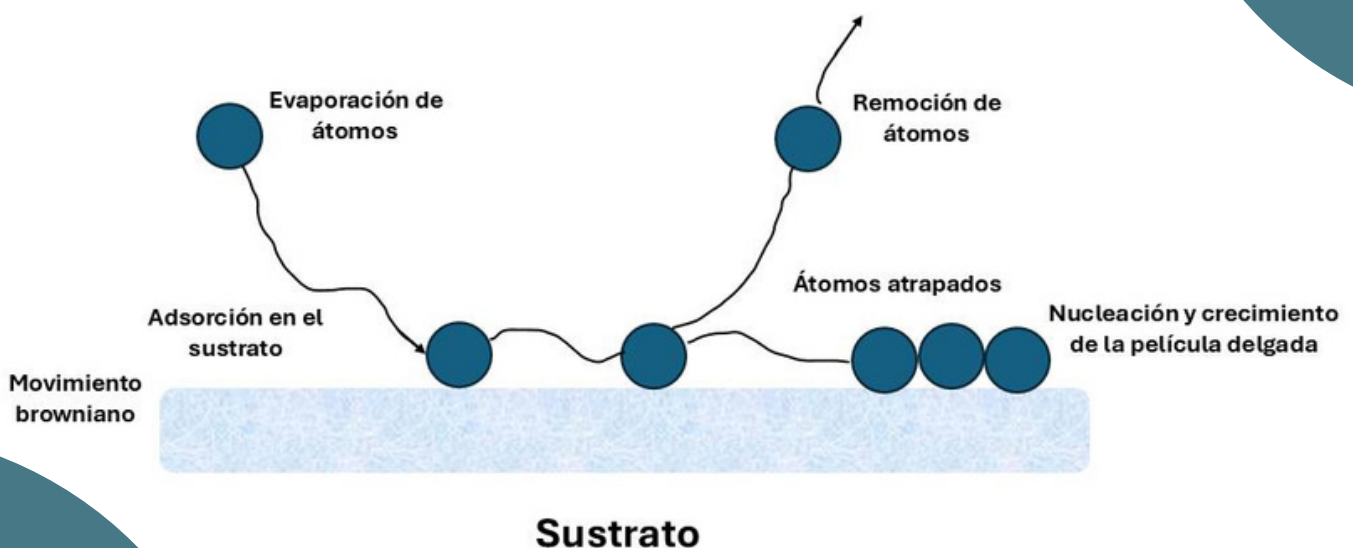
Figura 2. Proceso de deposición de películas delgadas. a) Depósito por evaporación térmica al vacío (método físico); b) Depósito por baño químico (método químico). [Fuente: elaboración de los autores].

MÉTODOS QUÍMICOS

En los métodos químicos de depósito de películas delgadas se emplean reacciones químicas como la reducción, la oxidación, la descomposición térmica o la precipitación para formar una película sólida sobre un sustrato, ya sea a partir de precursores en fase gaseosa o en solución. Entre los ejemplos más representativos se encuentran la deposición química en fase de vapor (CVD) y la deposición por baño químico (CBD), en la que el sustrato se sumerge en una solución acuosa o gaseosa donde ocurren reacciones entre varios reactivos y se produce un crecimiento controlado de la película sobre el sustrato (nucleación y crecimiento de la película), como se describe en la Figura 2. Estos métodos destacan por permitir la obtención de películas delgadas de alta calidad, cuyas propiedades pueden ajustarse en función de las condiciones empleadas durante el depósito.

¿CÓMO SE FORMAN A ESCALA MICROSCÓPICA?

La formación de una película delgada se produce principalmente en dos etapas. Inicialmente, los átomos o moléculas depositados se unen entre sí y forman pequeños núcleos en la superficie del sustrato. Posteriormente, estos núcleos crecen y se unen hasta formar una película continua de un material de espesor determinado, como se describe en la Figura 3. Estos procesos de nucleación y crecimiento dependen de variables inherentes a la técnica utilizada, como la temperatura, el vacío, el pH y la velocidad de depósito, así como del sustrato. El control de estos parámetros determina la composición química, la cristalinidad y las propiedades optoelectrónicas del material. Si estas variables no se controlan correctamente, las propiedades térmicas, estructurales y mecánicas de las películas delgadas pueden verse afectadas de manera significativa [2,3].



¿QUÉ TIPO DE PELÍCULAS DELGADAS SE PUEDEN OBTENER?

En general, se pueden identificar dos tipos de películas delgadas que dependen del material empleado en su fabricación, películas delgadas inorgánicas y orgánicas; algunos ejemplos se presentan en la Tabla 1. Las películas delgadas inorgánicas, en su mayoría, están fabricadas a partir de silicio, dióxido de silicio, óxidos metálicos, nitruros y algunos compuestos semiconductores, como calcogenuros metálicos (Bi_2Se_3 , Sb_2S_3 , Cu_2Se , etc.), que se caracterizan por su excelente estabilidad térmica y química, buena resistencia mecánica y propiedades ópticas y eléctricas ajustables. Por esta razón, son ampliamente utilizadas, por ejemplo, en paneles solares que alcanzan eficiencias de entre el 7 % y el 23 %, dependiendo del material empleado; su vida útil suele ser de 10 a 20 años y muestran alta estabilidad frente a diversos factores ambientales, como la humedad.

Por otro lado, las películas delgadas orgánicas generalmente están constituidas por moléculas de carbono o por polímeros (por ejemplo, poliamidas y polímidas) y se caracterizan por ser flexibles y ligeras, así como por presentar buena conductividad eléctrica y óptica. Además, estas películas orgánicas presentan buenas propiedades de fotoconductividad y luminiscencia, lo que las hace atractivas para su uso en dispositivos electrónicos flexibles y en tecnologías emergentes, como detectores de gases, sensores electroquímicos y biológicos [4].

Tabla 1. Características principales de las películas delgadas.

	Películas delgadas orgánicas	Películas delgadas inorgánicas
Material base	☐ Polímeros. ☐ Moléculas de carbono.	☐ Óxidos metálicos. ☐ Nitruros. ☐ Semiconductores.
Propiedades destacadas	☐ Flexibilidad. ☐ Ligereza. ☐ Luminiscencia.	☐ Estabilidad térmica. ☐ resistencia mecánica.
Aplicaciones	☐ Pantallas flexibles. ☐ Sensores. ☐ Bioelectrónica.	☐ Celdas solares. ☐ Recubrimientos ópticos. ☐ Fabricación de LEDs. ☐ Recubrimientos el control de la radiación (ventanas inteligentes, deshidratador/secador solar).

¿CÓMO SE ESTUDIAN?

Para analizar estas películas se emplean técnicas avanzadas que permiten determinar su espesor, rugosidad superficial, estructura cristalina, composición química y propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas. Entre las herramientas más utilizadas se encuentran la microscopía electrónica de transmisión (TEM), la difracción de rayos X (XRD), la Espectroscopía de Fotoelectrones de Rayos X (XPS), los estudios de reflectancia– transmitancia, Foto-respuesta y efecto Hall, entre otras técnicas de caracterización, química y física. Estas técnicas permiten comprender cómo se organizan los átomos o las moléculas en las películas, cuál es su composición química y cómo influyen en el comportamiento del material.

La caracterización es fundamental para optimizar las propiedades de las películas delgadas y ajustarlas, para poder darles aplicaciones reales, como por ejemplo, en una celda solar o en un recubrimiento óptico. No obstante, la mayoría de estas técnicas requieren reactivos, equipos especializados, infraestructura costosa y personal altamente capacitado. En muchos casos, el uso de equipos para la caracterización de las películas se limita a laboratorios especializados o se ofrece como servicio, lo que dificulta su acceso para instituciones con recursos económicos limitados.

DESARROLLO EN MÉXICO

En México, diversas instituciones académicas realizan investigación sobre películas delgadas con aplicaciones en energía solar, almacenamiento de energía y materiales optoelectrónicos. Se estudian compuestos como óxidos metálicos, calcogenuros y semiconductores avanzados, con el objetivo de optimizar su eficiencia y estabilidad.

Estos esfuerzos posicionan al país en la investigación sobre materiales estratégicos para la transición energética y la innovación tecnológica.

Entre las instituciones más destacadas se encuentran el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM), donde se impulsa el uso y la aplicación de tecnologías fotovoltaicas, térmicas y de concentración solar [5], el Instituto Politécnico Nacional (IPN), que cuenta con el Laboratorio Nacional de Micro y Nanotecnologías (LNunT) [6] y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) [7].

CONCLUSIONES

Las películas delgadas son materiales fundamentales en el desarrollo de tecnologías actuales

y futuras. Aunque son invisibles a simple vista, están presentes en dispositivos cotidianos como teléfonos inteligentes, pantallas, paneles solares, recubrimientos protectores.

La posibilidad de modificar sus propiedades eléctricas, ópticas y mecánicas ha permitido desarrollar tecnologías más pequeñas, eficientes y sostenibles. Además, la investigación en este campo continúa creciendo debido a su potencial en energías renovables, electrónica flexible y dispositivos inteligentes.

En México, el estudio de películas delgadas representa una oportunidad estratégica para impulsar la innovación científica y tecnológica. Estudiar y comprender las propiedades de estos materiales no solo ayuda a explicar cómo funcionan muchas tecnologías modernas, sino también a proponer soluciones a los desafíos energéticos y ambientales del futuro.

REFERENCIAS

- [1] Gaspari, F. (2018). Comprehensive Energy Systems. Thin Films. Comprehensive Energy Systems, 2, 88–116.
- [2] Sakthikumar, S., Meenakshi, G. A., Vinothini, S., Yu, C. L., Chen, C. L., Chiu, T. W., Vittayakom, N. (2025). A review of thin-film growth, properties, applications, and future prospects. Processes, 13(2), 587.
- [3] Kumne, T. J., Taribul, L. K., Ukoba, K., Jen, T. C. (2022). Review of atomic layer deposition process, application and modeling tools. Mater. Today Proc., 62, S95–S109.
- [4] Mitzi, D. B. (2001). Thin-film deposition of organic-inorganic hybrid materials. Chem. Mater., 13(10), 3283–3298.
- [5] Instituto de Energías Renovables, UNAM (2026, abril 30). Investigación en energía solar. <https://www.ier.unam.mx/Solar.html>
- [6] Instituto Politécnico Nacional. (15 de enero de 2026). Cuenta IPN con laboratorio certificado para el diseño de semiconductores. Gaceta Politécnica, 22(1912), 9–12. <https://www.ipn.mx/gaceta/historial-de-gaceta.html>
- [7] Guevara, N. (2025). Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Óptica. <https://peckle.inaoep.mx/>