

Current perspectives in conductive materials research: a review of research trends

Salas Hernández, José Isaías¹, and Salamanca Cardenas, Jefferson David²



¹ Fundación Universitaria Cafam - (CO), Colombia, jose.salas@unicafam.edu.co,

² Universidad ECCI - (CO), Colombia, jsalamancacar@ecci.edu.co

The objective of this article is to carry out research through the review of updated scientific publications on the working conditions of conductive materials, focusing mainly on the studies of three continents recognized in technological and scientific topics, especially on the different types of new conductive materials with significant contributions. Countries from Latin America, North America and Europe were selected to identify the main conductive materials, their characteristics, and properties, to analyze possible solutions to everyday situations. Therefore, a process of search and interpretation of 51 articles of references from countries belonging to this group was carried out, to achieve the elaboration of an information matrix that served in the organization and establishment of the useful contents for the article. Subsequently, the results of the research, ideas and debates were presented in a clear, concise, and reliable manner, using the analysis of the leading materials and their characteristics outside the country, to have a perspective and recognition of attention to the impact generated during the development of projects with respect to economic issues and their use.

Keywords-- Conductivity- Review- Compound- Data- Mixtures- Materials- Trends.

Perspectivas actuales en la investigación de materiales conductores: una revisión de las tendencias investigativas

Salas Hernández, José Isaías¹, y Salamanca Cardenas, Jefferson David²

¹ Fundación Universitaria Cafam - (CO), Colombia, jose.salas@unicafam.edu.co,

² Universidad ECCI - (CO), Colombia, jsalamancacar@ecci.edu.co

El objetivo de este artículo es realizar una investigación a través de la revisión de publicaciones científicas actualizadas sobre las condiciones de trabajo de los materiales conductores, centrándose principalmente en los estudios de tres continentes reconocidos en temas tecnológicos y científicos, especialmente en los diferentes tipos de nuevos materiales conductores con aportes significativos. Se seleccionaron países de América Latina, América del Norte y Europa para identificar los principales materiales conductores, sus características y propiedades, para analizar posibles soluciones a situaciones cotidianas. Por lo tanto, se realizó un proceso de búsqueda e interpretación de 51 artículos de referencias de países pertenecientes a este grupo, para lograr la elaboración de una matriz de información que sirvió en la organización y establecimiento de los contenidos útiles para el artículo. Posteriormente, se presentaron los resultados de la investigación, ideas y debates de manera clara, concisa y confiable, utilizando el análisis de los materiales de referencia y sus características fuera del país, para tener una perspectiva y reconocimiento de atención al impacto generado durante el desarrollo de los proyectos con respecto a los temas económicos y su aprovechamiento.

Palabras clave-- Conductividad- Revisión- Compuesto- Datos- Mezclas- Materiales- Tendencias.

Perspectivas actuales en la investigación de materiales conductores: una revisión de las tendencias investigativas (Current perspectives in conductive materials research: a review of research trends.)

Este trabajo se centró en la revisión de investigaciones publicadas sobre las condiciones de trabajo de materiales conductivos, el enfoque que se dio fue hacia contribuciones significativas en diferentes tipos de nuevos materiales conductivos, que se publicaron en tres regiones diferentes, Latinoamérica, Norteamérica y Europa. Se revisaron 51 artículos en los que se identificaron los principales materiales conductivos y sus características y propiedades, además se analizaron posibles aplicaciones a situaciones cotidianas. Se organizó la información en una matriz que sirvió como base para la redacción de este artículo, posterior a eso, se presentaron, de manera clara, las ideas e interpretaciones, provenientes de la información analizada, con el fin de generar una contribución de impacto, que sirva para el futuro desarrollo de proyectos relacionados con el tema.

Keywords-- Conductivity- Review- Compound- Data- Mixtures- Materials- Trends.

I. INTRODUCTION

En ingeniería, los materiales conductores han sido temas de estudios interesantes por ser fuente de protección de los equipos electrónicos, frente a campos electromagnéticos. En la actualidad, esto ha producido un incremento en las investigaciones, lo que ha derivado en grandes aportes y avances científicos en distintos países de América Latina, de América del Norte y Europa. Por este motivo, surgió la necesidad de establecer una búsqueda exhaustiva de referencias, que permitan determinar los avances recientes en materiales conductores y las nuevas tendencias para adelantos en las investigaciones venideras, así lo refiere Sáez [1] al destacar que el incremento abundante que existe en información actualmente, hace que sea vital para cualquier investigación científica, una actualización constante en la revisión de los últimos aportes.

Para la realización de esa búsqueda se generó el siguiente proyecto, el cual ha hecho parte de un proceso de investigación realizado con el uso de bases de datos, con la participación de programas investigativos, análisis, sistematizaciones e integraciones de los resultados publicados en el campo científico, con el fin de dar cuenta a los avances y las nuevas tendencias de desarrollo, en los procesos innovadores que han surgido como materiales conductores. Enmarcada con el cumplimiento de unos objetivos que contribuyen a la realización de una parte específica de estos materiales América Latina, del Norte y Europa, con un tiempo de duración de dos meses de búsqueda de las referencias.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

En un comienzo, se estableció una generalización por países, para determinar cuáles eran aquellos donde se reflejaba un mayor interés del tema, profundizar en las búsquedas y conclusiones de cada país. Partiendo de esta iniciativa, se llegaron a establecer aquellos artículos referenciados que fueron analizados e interpretados con la asesoría del tutor encargado, con experiencia en la mención de Ingeniería Industrial y en estudios similares a la presente investigación. Después de la obtención de los primeros resultados se realizó su análisis permitiendo concluir sobre la información consultada.

En este sentido, se evidenció la necesidad de mejorar las condiciones de lectura, al profundizar en el tema investigativo, realizando un análisis sobre el conocimiento más profundo de los materiales conductores que existen en cada país y los que provienen de otros, para determinar las condiciones de cada material desde una perspectiva práctica y económica, conociendo así, las ocasiones en la que existe poca resistencia en el tránsito de la electricidad con todos los materiales.

Partiendo de este aspecto, el propósito primordial, es el diseño y establecimiento de recursos, medios, instrumentos y enlaces que identifiquen las fortalezas y debilidades de los materiales conductores. Así, la orientación de la problemática de estudio de este documento estuvo dirigida al desarrollo de una extensión y construcción de la calidad del transporte.

Por lo expuesto anteriormente, se plantea la construcción de un análisis descriptivo de las tendencias investigativas sobre los materiales conductores, con la intención de responder a la pregunta, ¿cuáles son las perspectivas actuales en la investigación de materiales conductores y cómo están influyendo en el desarrollo de las tecnologías emergentes? Por lo tanto, lo obtenido en las teorías junto con esta investigación servirá de referencias en futuras investigaciones.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Materiales Conductores

Conforme con las referencias consultadas, se puede entender como materiales conductores aquellos que poseen una mayor medición en la capacidad de establecer una corriente eléctrica a través de sí mismo [2]. Esto quiere decir, que cuando existe un material realizado con un componente conductor, hará que se transfiera una carga a través de todo el espacio de la materia [3]. Un punto fundamental, es el hecho de que, si la carga transmite en un lugar específico a la materia, la misma se distribuirá rápidamente mediante todo el lugar, por eso, la distribución de esa carga genera como resultado el movimiento de los electrones [4].

En este sentido, los materiales que son conductores hacen que los electrones puedan ser transportados de partícula a partícula, esto debido a que la materia u objeto, ya cargado, va a distribuir a la misma hasta que se encuentre con otra carga de repulsión global entre los electrones que actúan en exceso hasta la reducción al mínimo [3]. De este modo, si el conductor está cargado y éste toca a otro objeto, se dice que el conductor puede ser capaz de hacer una transferencia de su carga a otro objeto. Por consiguiente, la transferencia de carga entre los objetos o más materias, son producidas con mayor facilidad si ese segundo objeto está elaborado de un material conductor [4].

En las investigaciones referenciales existen nuevos materiales conductores, que, en la actualidad, están ofreciendo una amplia gama de posibilidades tecnológicas, esto debido a la nanotecnología [5] la cual está haciendo que sea posible el desarrollo de esos materiales, al alcanzar la miniaturización se hace posible la manipulación a nivel atómico de los materiales, facilitando la mejora de sus propiedades.

Al hacer la revisión de ese consolidado de artículos a nivel mundial, se puede tener el panorama más claro de los nuevos materiales conductores, sus características y propiedades, pudiendo brindar de esta manera, soluciones a los problemas cotidianos, en esta búsqueda de los 51 artículos se hizo la interpretación de los artículos analizados sugiriendo desde la matriz, la información contenida en la Tabla 1.

TABLA I
NUEVOS MATERIALES CONDUCTORES SEGÚN AUTORES

| Autor | Materiales conductores |
|---------------------------|--|
| Santidrián(2019) | Los nanotubos de carbono de pared única y otros nanomateriales de carbono [6] |
| Sumba (2018) | El grafeno como material bidimensional de átomos de carbono con muchas propiedades que sirven en el cumplimiento de aplicaciones en nanoelectrónica [11] |
| Ghaffarkhah et al. (2022) | Las tintas conductoras basadas en nanopartículas de cobre, como alternativa a las tintas de plata existentes en el mercado [12] |
| Ghadimi et al.(2021) | Los nanocristales a base de cobre elemental prometen para electrónica imprimible [13] |
| Mavuri et al. (2019) | Una tinta de descomposición orgánica de metales de níquel [14] |

Fuente: Creación Propia

Uno de los elementos que generan que esto se produzca, es el material del carbono [6] es decir, las composiciones que forma, tienden a tener una característica especial. En este sentido, se dice que el carbono, posee una estructura cristalina que se puede localizar en forma de grafito o del diamante, convirtiéndose además en materiales con cualidades únicas que cambiando toda la industria, pues no solo son más resistentes que el acero, sino que además son extremadamente livianos, lo que hace que sean excelentes conductores eléctricos e imprescindibles en la electrónica [7].

Por lo tanto, los nuevos materiales vienen siendo productos de los avances tecnológicos proporcionando nuevos frutos para el desarrollo de la física y de la química ya aplicadas, además que no se quedan allí, sino también en el desarrollo de la ingeniería y de la ciencia de los materiales [6]. En pocas palabras, el inmediato progreso de la electrónica desde mediados del siglo XX ha sido un factor en la explicación de estos grandes esfuerzos entre la investigación de los materiales junto con la aplicación en el campo industrial, la construcción, las telecomunicaciones y la informática [2].

Un punto fundamental, que se produjo de las investigaciones es que los materiales se convierten en aquellos que permiten el paso de la electricidad, como metales, electrolitos, el cobre, el aluminio, el oro, la plata, y algunos conductores no metálicos como el grafito y polímeros conductores [8]. Estos se consideran materiales que permiten el movimiento libre de electrones, por lo que, se utilizan en la creación de los circuitos eléctricos.

La conductividad eléctrica de los materiales se va midiendo mediante electrodos, a través del empleo de una solución acuosa que se encuentra estandarizada con una temperatura precisa [9]. El resultado de la medición es el contenido iónico del material, lo que permite conocer cuál es su capacidad de conducción eléctrica. [10] Aparte de las propiedades eléctricas, se busca que tenga otras características físicas deseables, [11] como ser maleables, resistentes al desgaste y teniendo una capa aislante.

El grafeno

Es señalado como ese material manométrico bidimensional novedoso [11], que se va obteniendo a partir del grafito descubierto por los científicos André Geim y Konstantin Novoselov, en el año 2004 [10], estos científicos también los definen como una lámina cuasi plana con diminutas ondas, que presentan esa imagen, parecida al panal de abejas, su grosor de átomo de carbono (0,1nm).

Es importante resaltar que los científicos André Geim y Konstantin Novoselov [10] indican que, desde su descubrimiento, la producción actualmente cuenta con algunas restricciones al nivel de laboratorio, es decir, que tienen extraordinarias propiedades que son exhibidos como un gran efecto hall cuántico anómalo. Esto ocurre por su comportamiento como semiconductor gap superficial y su ausencia de localización electrónica, entre otros factores al vislumbrar lo que será de utilidad para la computación, electrónica y ecología entre otros.

La idea de elaborar otros materiales que tengan la función de tejidos conductores [11], y que además tengan la capacidad de contener los elementos electrónicos cada vez más cerca, pueden convertirse en una alternativa para los circuitos, los dispositivos de almacenamiento de energía y hasta para el cuidado de la salud, es decir, estos serían algunos de los ejemplos en los que podrían utilizarse los tejidos, y el grafeno es, además, el material que puede permitir este avance.

Estos autores [10] y [11] hacen referencia que para fabricar este tejido se han utilizado metodologías basadas en las “tintas de grafeno”, considerándose como el método apoyado en el aprovechamiento de los conjuntos funcionales del óxido de grafeno (GO), con el propósito de adherir al tejido. Con este proceso luego de ser sometido a un tratamiento que disminuya el GO y de esta forma ir obteniendo el óxido de grafeno reducido, al igual que una estructura sp² del grafeno que se estaría recuperando de manera parcial, y por esa razón, la conductividad vendría siendo mucho mayor, con lo que resulta apto para su uso como dispositivo electrónico [15].

La tinta conductiva

La tinta conductiva también conocida como pintura conductora es un material excelente para dibujar circuitos electrónicos, es decir, su función es útil en cualquier tipo de superficie, principalmente en los materiales textiles o de papel [16].

Es importante destacar, que este material, cuenta con un enfoque amplio en la actualidad, en especial por la gran atención que ha producido en aquellas personas apasionadas por estos temas y gracias a que su facilidad y flexibilidad para desarrollar los proyectos. Por supuesto, que este gran interés hacia las tintas conductivas, han llevado inclusive a varios a confirmar que estas tintas conductivas serán el próximo reemplazo a los grabados circuitos realizados sobre las placas de cobre [12].

Las tintas conductivas, son una especie de tinta con la capacidad de conducir electricidad [12], por consiguiente, las que tienen una mayor calidad tienen una composición de una sustancia líquida que no es conductora y que cuentan con millones de nanopartículas que con propiedades conductoras, principalmente, el grafito y la plata. Es fundamental resaltar que [16] cuando las nanopartículas se encuentran flotando van formando como una especie de cadena con diminutas esferas metálicas van permitiendo la circulación de los electrones, al brincar de una partícula a otra, pero, sin embargo, lo interesante de este punto, es que cuando la tinta seca estas partículas, las mismas, permanecen suspendidas formando un camino establecido por la que pasaría la corriente eléctrica.

Las tintas conductoras tienen unas características y propiedades que son consideradas beneficiosas para el proceso de fabricación [17]. Por ese motivo, las características y propiedades serán netamente dependientes de los creadores de las tintas conductoras.

Estas tintas conductoras, poseen un gran nicho al ser colocada dentro del mercado, y es que de acuerdo a algunas investigaciones [18] como las de compañías independientes en estudios de mercado tecnológico, se han especificado que tienen un puesto dentro de las industrias y mercados en general,

[19] debido a la aplicación para la elaboración de dispositivos electrónicos, las impresoras de antenas 3D, la electrónica vertible, la platónica, los sistemas fotovoltaicos, los biosensores capacitivos, los lectores de tarjeta flexible, la protección contra la interferencia electromagnética.

Por otro lado, existen otras aplicaciones para esta tinta [20] y que son pocos habituales en la reparación de circuitos electrónicos a manera de soldadura fría, colocando la pintura dentro del elemento que se quiere volver a unir, para simplemente conseguir que se restablezca la conexión.

Los Adhesivos Conductores

Los materiales conductores de electricidad [21] y de características adhesivas, generalmente, se define como silicona, adhesivo, o tinta de conducción eléctrica.

Por consiguiente, los adhesivos conductores de electricidad son empleados en la aplicación de las industrias, en espacial, la automotriz, electrónica y aeroespacial aumentando la demanda de materiales conductores [22]. Siendo un mercado interesante para América, Asia y Europa para el futuro, por eso, se está relacionado con una industria electrónica.

Las aplicaciones cotidianas de los adhesivos conductores de electricidad tienen influencia para la protección de los compuestos electrónicos enfrentándose contra las descargas electrostáticas (ESD) [21]. De igual manera, el activar los chips semiconductores no alojará las placas de circuitos impresos, pegándose al sustrato directamente.

Los materiales, isotrópicos además permitirán que la electricidad [23] vaya fluyendo en las diferentes direcciones, además, se empleará el montaje del dispositivo en la superficie (SMD). Por otro lado, también se dispone de materiales anisotrópicos. Permiten que la electricidad fluya en una sola dirección. Se utilizan en la fabricación de conexiones LCD y antenas RFID [22].

La mayor parte de los adhesivos que tienen buenas características se usan como sustitutos de la soldadura convencional, presentando las siguientes ventajas, se aplican a temperatura ambiente, protegen los componentes que pueden llegar a ser sensibles al calor y unen materiales distintos, sin dejar residuos que puedan llegar a contaminar a los componentes electrónicos.

Nuevo Nanomaterial

Gracias al desarrollo obtenido en las nanotecnologías y en las nanociencias [23], se ha planteado la necesidad de definir qué es un nanomaterial [24], por eso han surgido diversas definiciones basadas directamente en la aplicabilidad de materiales particulares, que tienen una fracción de tamaño en la nanoescala, conteniendo nanoestructuras primarias, de formas aglomeradas y agregadas. La incorporación de nuevos materiales al sector industrial, textil, electrónico, salud, energía y productos de consumo han crecido exponencialmente en los últimos años.

Nuevos materiales claves para la electrónica, han sido sintetizados por Científicos de la Universidad de Minnesota, fueron los primeros en unir conductividad y transparencia [23] entendiendo la conductividad como la capacidad del material para dejar pasar una corriente eléctrica a través de él. Este nanomaterial con forma de lámina es el más conductor de su clase.

El trabajo científico descubierto tendrá influencia

importante en la forma de la electrónica, porque el nuevo compuesto tiene como característica principal su alta conductividad, además del hecho de que es translúcido, lo que amplía más su nicho de aplicaciones [24].

Las aplicaciones que se pueden tener con este nuevo material son para la creación de paneles solares transparentes, lo que constituirá un hito en la eficiencia energética y el abaratamiento de la elaboración de pantallas táctiles, sustituyendo el indio, un compuesto poco abundante y cada vez más caro [24]. Al igual que el nanomaterial se sintetiza a partir de bario, estaño y oxígeno, tres elementos baratos y abundantes en la naturaleza. Un gran avance para el futuro.

Los Polímeros Conductores

Los polímeros conductores son definidos por [25] como moléculas diminutas, naturales y sintéticas que cumplen con la función de diferenciar las unidades, a través de estructuras idénticas y repetidas. Las propiedades de polímeros orgánicos y clásicos, le dan la capacidad al material, de actuar como excelente aislante eléctrico [8]. No obstante, existe la visión en despertar mayor atención en la producción de polímeros que interactúan con elementos conductores eléctricos, estos materiales, se denominan polímeros conductores [25]. Han ayudado a evolucionar el sector industrial, con propiedades como la flexibilidad, resistencia e impacto.

Existe gran interés por la producción de estos materiales, cuales combinan propiedades eléctricas de los semiconductores, con las de los polímeros clásicos, [26] para dar flexibilidad a la construcción de nuevos productos electrónicos.

La combinación de polímeros y nanopartículas [27], abre aún más campos de investigación en la ingeniería de materiales, se obtienen compuestos más flexibles, no solo con buenas propiedades eléctricas, sino también mecánicas, e inclusive ópticas, desarrollar películas conductoras diminutas y transparentes, de alta eficiencia y con innumerables aplicaciones [28] [29].

MATERIALES Y MÉTODOS

A. Metodología

Para la metodología de la investigación se hizo una revisión con un estudio de presentación cualitativa, definida según Hernández- Sampieri [30] como la comprensión en la exploración y manifestación desde los puntos de vistas de los participantes con un contexto original y su relación con él, proponiéndose la identificación de las tendencias en las investigaciones con respecto a los nuevos materiales conductores. Por lo tanto, en la descripción y análisis se vio reflejado el desarrollo de las investigaciones y artículos científicos que aportan cambios constantes sobre los materiales conductores.

En este capítulo, se describió los procedimientos aplicados para el desarrollo de esta investigación, dando respuesta a los objetivos planteados por los autores. Se realizó un consolidado de todos los artículos al identificar las capacidades de mejoras en la conductividad, dentro de distintos países.

La comprensión en la exploración contó con tres momentos fundamentales. Primero, se hizo la recolección y consolidación de la información a través de los distintos escenarios, donde se propuso la realización de los instructivos de búsquedas de los

artículos científicos, aquí se dio enfoque a la selección de los temas de nanopartículas, conductores, tintas conductoras, materiales conductores. Por eso, la elección de la herramienta de búsqueda se enfocó en las revistas activas en Spocus, SJR, Google Académico, Scielo, ver tabla 2.

Tabla 2. Herramientas de Búsqueda

| BUSCADOR | CARACTERISTICAS |
|--|--|
| <i>Google Académico [31]</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de Relevancia • Descripción Bibliográfica • Etiquetas: [citas], [libro], [pdf], [HTML], [doc.]. • Enlaces: Citado por, Artículos, VERSIONES |
| <i>Herramienta Scopus [32]</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Base de datos europea, nace en 2006 y ofrece referencias bibliográficas, resúmenes y citas. • Emplea la plataforma de acceso SciVerse para realizar búsquedas en recursos Elsevier, acceso al texto completo en los suscritos por USAL. • Incorpora el buscador Scirus para recuperar información en la web científica. • La sección de índices de citas permite conocer la producción investigadora en el mundo. SJR, SNIP. • Posibilidad de crear perfiles de instituciones y autores. |
| <i>Herramienta de búsqueda Scielo [33]</i> | SciELO (Scientific Electronic Library Online) es un modelo para la publicación de revistas científicas en Internet. Su objetivo principal es aumentar la difusión y visibilidad de la ciencia generada en Latinoamérica, el Caribe, España y Portugal. |

Fuente: Elaboración Propia

Al obtener la selección de los buscadores se realizó un rango de ubicación de la búsqueda que se quiere realizar, dejando claro la precisión y la ubicación de los artículos a recomendar, con estudios confiables en Latinoamérica, EEUU y Europa, tomando en consideración el idioma, se tuvo en cuenta el uso de buenas traducciones, que hagan comprender de forma sencilla la posición de las investigaciones, los aspectos fundamentales y los detalles útiles. Finalmente, se identificaron los datos más confiables donde se pudo realizar la búsqueda del tema elegido, sin llegar a solo los artículos solicitados, sino más bien, que generen las informaciones, con citas de otras publicaciones, ubicación, año y otros datos relevantes.

Como fase de la investigación, en primer lugar, se buscó la recolección de los datos con una búsqueda intensiva del tema nuevos materiales conductores, iniciando la recolección de los datos con las informaciones específicas de la conductividad en la Ingeniería, para luego, diseñar la base de datos con la recopilación obtenida.

Una vez desarrollada la primera fase, se continuó con la aplicación de las nuevas herramientas de búsquedas de esos artículos confiables de la temática trabajada. Para tal fin, se hizo un filtro en la clasificación de la calidad de los artículos, seleccionando las fuentes y demás parámetros establecidos, para así verificar la confiabilidad. Una vez obtenido, se realizó la aplicación de las herramientas de búsquedas confiables.

Posteriormente, se pasó a una tercera fase con la que se procedió al análisis de la información, tomándose algunos criterios para la selección de los artículos, donde se generó más información, gracias a las citaciones en otras publicaciones. Por

lo tanto, se desarrolló en esta parte la lectura analítica para cada artículo dentro de la base de datos, identificando de igual manera, las palabras y párrafos importantes dentro de cada uno de los artículos leídos.

Finalmente, en la última fase que validará la información con la concreción de la base de datos con la mayor veracidad posible, la creación y generalización de los resultados obtenidos teniendo como soporte la base de datos conformada.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de tipo documental [30], ya que corresponde a la revisión de las publicaciones de las nuevas tendencias investigativas, mediante las revistas, trabajos de investigación y libros digitales. El procedimiento consistió en el análisis de contenido del tema por el cual, se extrajo de un documento los aspectos de información de mayor relevancia, para ser ordenados, clasificados y analizados desde la visión de lo que persigue los autores [30]. En tal sentido, se estableció una revisión bibliográfica de 51 artículos de investigación científica con referencia a los nuevos avances y tendencias de desarrollo de los materiales conductores y con mayor conductividad dentro de las tres divisiones geográficas establecidas en el objeto de la investigación.

Cabe destacar, que se hizo una revisión de las principales bases de datos encontrando artículos resaltantes de los materiales conductores, tintas conductoras, polímeros conductores, nanotecnologías, obtención de Grafeno, tejidos conductores entre otros temas, que formaron parte de este consolidado de 51 artículos aplicados en las diferentes áreas de la ingeniería, electrónica, biomedicina, química, computación, etc. Una vez escrito el tema en los buscadores de información, se debieron elegir los que se consideraron dentro de los parámetros establecidos para la selección de los artículos.

Instrumento

El Instrumento utilizado, fue la matriz de análisis de contenido. La matriz de datos es una herramienta que permite analizar información desde un punto de vista cualitativo [34]. Dicho de otra manera, es básicamente una tabla. Lo interesante de este método es que nos permite llevar información a valores numéricos y brinda la posibilidad de exportar esos datos a gráficos. Este método de análisis es extremadamente útil cuando se necesita llevar la investigación al campo cualitativo. [30]. El análisis de contenidos es una herramienta útil, especialmente en su enfoque cualitativo, para el conocimiento exhaustivo de la información existente en una fuente documental [34].

El objetivo de la matriz es resaltar los datos más importantes de cada artículo, garantizando un filtro a la hora de hacer la elección correspondiente. Para reducir la cantidad de errores en la búsqueda del tema específico, se toman en consideración las palabras claves, se identifican las bases de datos más confiable para realizar de la búsqueda del tema elegido, y se sistematizan los documentos encontrados (artículos, tesis, ensayos, revisiones bibliográficas, entre otros) [34]. Así mismo, se documenta en una tabla un informe detallado acerca de las citas que ha tenido en otras publicaciones, el grado de cuartil en el que se ubica y el país y año de publicación, entre otros datos relevantes.

Después de realizar la búsqueda exhaustiva de los artículos científicos y demás documentos publicados por universidades

reconocidas, más el filtro y clasificaciones en las investigaciones de los artículos seleccionados, con coincidencia con el tema central de cual se partió, se establecieron los llamados materiales nuevos con mayor conductividad, estableciéndose el cumplimiento de la serie de requisitos para llevarlos a la matriz para su respectivo análisis.

Figura 1. Imagen de la tabla de elaboración propia de los autores en referencia a la Matriz de Análisis de Artículos Científicos Matriz de documentos.

| Titulo | Autor(es) | Año | Tipo de publicación | País del artículo | Categoría |
|---|---|------|---------------------|-------------------|---------------|
| Investigación sobre los nanotubos de carbono y grafeno para la fabricación de sensores de temperatura | Supriya S. Patil, et al. | 2018 | artículo | India | Investigativa |
| Preparación y caracterización de tintas conductoras y electrolitos para la producción de baterías de flujo | Y. Wang, et al. | 2020 | tesis | China | teórico |
| Efectos de la Conductividad en la Estabilidad de los Polímeros de Propiedades de sus Líneas Stripas Fabricadas Mediante Impresión de Tintas Conductoras | Pérez-Escribano, María, María Dávila, Francisco José, Miguel Ángel, Enrique | 2019 | artículo | España | teórico |
| Comportamiento del ciclo de vida de tintas de alta para electrónica impresa | Electronics Impresión, Tintas Electrónicas, Microfabricación, Tintas de Pluma | 2020 | artículo | España | teórico |

Fuente: Elaboración Propia: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1cEfvGjiaXs15FSIRNBeUyem38c3Z1eUd/edit?usp=sharing&oid=104343691955663145792&rtfop=true&sd=true>

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la elaboración de la Matriz de análisis de los artículos científicos, se listaron quince artículos que conforman la muestra, obteniéndose como resultado relevante, de descrito en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Análisis cualitativo de los autores con respecto a los nuevos materiales conductores.

| TITULO | AUTORES | APORTES |
|--|---------------------------|--|
| Obtención de grafeno mediante exfoliación electroquímica de grafito para fabricar sensores de presión usando esponjas de poliuretano | Sumba, C. (2018) | El autor explica que se desea obtener Tintas de Grafeno disperso en agua implementado un procedimiento fácil, sistemático y eficiente. Utilizando la exfoliación electroquímica como método de síntesis, a partir del cual se produce un grafeno de buena calidad [11]. |
| Impresión de extrusión de alta resolución de tintas basadas en Ti3C2 para monitoreo de movimiento humano portátil y protección contra interferencias electromagnéticas | Ghaffarkhah et al. (2022) | El trabajo es una explicación detallada de cómo se lleva a cabo los textiles inteligentes y la electrónica flexible, partiendo de lo más general hasta lo más concreto, centrándome en algunos procesos para su realización como las fibras y tintas conductoras y los dispositivos electrónicos embebidos en telas. [12]. |

| | | |
|--|---------------------------------|---|
| Modificación de la Conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono multipared. | Pantoja (2019) | La conductividad eléctrica de la tinta comercial de color negro fue modificada al introducir nanotubos de carbono (NTC) multipared en porcentajes de 0,5 hasta 1,5% en peso. La aplicación de la tinta utilizando el bolígrafo corrector modificado permitió obtener líneas uniformes sobre papel ordinario a base de fibras de celulosa y sobre papel fotográfico. Los patrones dibujados a mano que mejor conductividad presentaron fueron aquellos realizados sobre papel ordinario y cuyo contenido de NTC fue igual o superior al 1% en peso [19]. |
| Materiales 2D para dispositivos eléctricos ponibles | Estévez (2021) | Hemos desarrollado diseños de interfaces, con el fin de que estas materialidades formen parte de instalaciones e instrumentalizadas, expandiendo la noción de éstas al considerar sus propiedades de mutabilidad y degradabilidad. Nuestros siguientes pasos corresponden a la caracterización de la evolución temporal de los objetos/interfaces creados a partir de ellas y la búsqueda de nuevas vías de excitabilidad [35] |
| Tintas acuosas altamente conductoras derivadas de la biomasa para blindaje superior contra interferencias electromagnéticas, calentamiento por joule y detección de deformación. | Wang et al. (2021) | La impresión tiene una dispersión de filamento insignificante. Podemos concluir que, como uno de los materiales de tinta conductora con alta conductividad eléctrica, los nanocristales a base de cobre elemental prometen para electrónica imprimible. Tamaño la ingeniería de nanoplaquetas de Cu se puede racionalizar mediante el uso del modelo Lamer [36] |
| Convertir la basura en tesoro: tintas de sedimentos MXene sin aditivos para micro súper condensadores serigrafados | Abdolhosseinzadeh et al. (2020) | Se implementa un proceso de sinterización a baja temperatura para obtener una preparación de tinta conductora de Ag que pudiera aplicarse a un sustrato flexible. Los experimentos indicaron que el tamaño y la aglomeración de las AgNP podrían controlarse bien variando el tiempo de reacción, temperatura de reacción y valor de PH [37] |
| Preparación in situ de tinta conductora de grafeno decorada con nanopartículas de plata para impresión por | Deng et al. (2017) | Un platino, un metal de transición precioso, tiene considerado durante mucho tiempo como un material catalizador superior para la reacción de reducción de oxígeno en el cátodo de los |

| | | |
|---|----------------------|--|
| chorro de tinta | | MFC [38] |
| Recubrimientos de grafeno autorreforzantes sobre elastómeros impresos en 3D para antenas flexibles de radio frecuencia y sensores de deformación | Li et al. (2017). | Las tintas conductoras funcionales impresas han desencadenado la producción escalable de dispositivos electrónicos inteligentes, como dispositivos de almacenamiento de energía, antenas, dispositivos electrónicos [39] |
| Recocido fotónico asistido por combustión de tintas de grafeno imprimibles mediante aglutinantes exotérmicos | Secor et al. (2017) | Los dispositivos portátiles son capaces de monitorear de manera eficiente la flexión extremadamente baja ángulos, incluidos los movimientos humanos, los dedos y el antebrazo [40] |
| Impresión 3D por inyección de tintas de componentes electrónicos mediante conversión UV | Saleh et al. (2017). | El efecto de las proporciones de grafito y negro de humo en el rendimiento de la tinta conductiva. Los datos sobre cómo la formulación se relaciona con las propiedades han tendido a ser aplicados solo a tipos únicos de conductor en cualquier momento, con datos sobre tipos mixtos de carbono solo empíricos hasta el momento [41] |
| Sinterización electroquímica a temperatura ambiente de micropartículas de Zn y su uso en tintas conductoras imprimibles para electrónica biorreabsorbible | Lee et al. (2017) | Debido a la baja temperatura de fusión, el bajo precio y la alta conductividad, las nanopartículas de cobre tienen un gran potencial para sustituir polímeros conductores, nanopartículas de plata y oro y otros en tintas conductoras. El enfoque propuesto es para sintetizar nanopartículas de cobre para tinta conductiva de alto rendimiento presenta aplicaciones potenciales en electrónica flexible [42] |
| Tintas conductoras híbridas de nanoplaquetas de cobre-plata-grafeno sobre pdms para resistencia a la oxidación bajo luz pulsada intensa | Yim et al. (2017) | Se discutió la resistividad volumétrica. Además, la influencia que ha tenido la diferente relación de masa en la tenacidad, se analizó la adherencia y la resistividad volumétrica cuando el agente de curado estaba hecho de D-2000 y D-400. Los resultados indican la resistividad del volumen se reduce primero y luego se estabiliza con el aumento del contenido de D-400, relleno conductor [43] |
| Estudio experimental de micropatrones en la transferencia de tinta conductora en un sistema de placa a rodillo. | Jeong et al. (2017) | Es un auto-reforzamiento estrategia de recubrimiento conductivo, que reduce el autoensamblaje de óxido de grafeno para envolver nanoflakes de grafeno como un aglutinante conductor que también puede lograr la integridad mecánica. El recubrimiento también produce un sensor de deformación con un factor |

| | | |
|---|----------------------|---|
| | | de calibre de ~ 13 hasta el 40% de la deformación [44] |
| Imágenes de alta velocidad del efecto de la distancia de separación y la velocidad de la raqueta en el mecanismo de transferencia de tinta de las pastas de carbono serigrafadas. | Potts et al. (2020). | Este estudio describe una formulación de tinta conductora que aprovecha la sinterización electroquímica de micropartículas de Zn en soluciones acuosas [45] |
| Sensores piezorresistivos sensibles mediante esponjas de fibras vegetales modificadas con tinta. | Chen et al. (2020). | Se sintetizaron y utilizaron NP de Ni-Ag de varios diámetros promedio para la preparación de tintas conductoras compuestas por NPs monodispersas y sus mezclas polidispersas. Se comparó la conductividad de películas metálicas formadas por tintas con NPs Ni-Ag monodispersas con las formadas por tintas polidispersas [46] |

Fuente: Elaboración Propia

Partiendo del cuadro anterior, se desprende el análisis del tema central de que, en el país, los materiales conductores ya se conocen y se debe a que son más los datos aportantes y las cifras que se tienen en América Latina, del Norte y Europa. Por lo tanto, es de vital importancia que, a nivel personal y profesional, se tenga manejo de la relación y conocimiento que aportan los materiales conductores, semiconductores y superconductores para este proceso en la cotidianidad.

En este sentido en la revisión de los artículos, la mayoría señalan que los materiales conductores tienen mayor o menor medición capacidad de conducción eléctrica [47]. Estos materiales permiten que los electrones corran con total libertad de unas partículas a otras [48] Esto quiere decir, que si existe una materia realizada con un componente conductor hará que se transfiera una carga mediante todo el espacio de esa materia [49]. Si la carga transmite en un lugar específico a la materia, la misma se distribuirá rápidamente mediante todo el lugar. La distribución de esa carga genera como resultado el movimiento de electrones.

Los materiales que son conductores hacen que los electrones puedan ser transportados de partícula a partícula, esto debido a que la materia u objeto, ya cargado, siempre va a distribuir su carga hasta que se encuentre con una carga de repulsión global entre los electrones que actúan en exceso hasta la reducción al mínimo [49]. De este modo, si el conductor que se encuentra cargado es tocado con otro objeto, se dice que el conductor puede hasta incluso, transferir su carga a ese objeto. Por consiguiente, la transferencia de carga entre los objetos o materias se produce más fácilmente si el segundo objeto está hecho de un material conductor. En resumen, los conductores permiten que la transferencia de carga se genere a través de la libre circulación de los electrones.

De igual manera, es fundamental la identificación de materiales semiconductores que también ofrecen la conductividad en la variación de la temperatura y su comportamiento como aislante o conductor [50]. Como

materiales conductores, se encuentran aquellos que cuentan con las mismas funciones, sin embargo, también se encuentran otros que actúan como aislantes, aunque dependen de los diferentes factores [51].

Estos factores [51] son señalados como el campo eléctrico, la presión, el campo magnético, la radiación de incide y la temperatura en la que se encuentra. Al igual, que se indican que como materiales semiconductores que más se emplean están el Germanio, el Silicio y Selenio, por ejemplo, estos constituyen el poseer características intermedias entre los cuerpos conductores y los aislantes. Hasta hace poco, era el empleo del azufre como materia semiconductor [50].

Otro aspecto fundamental, en el resultado del análisis es la identificación de los materiales superconductores que se conocen como esos materiales considerados capaces para conducir la corriente intrínsecamente, pero sin la resistencia, ni la pérdida de energía, es decir, se considera un material interesante siempre y cuando estén bajo las condiciones idóneas [47].

Por lo general, la resistividad eléctrica perteneciente a un conductor metálico va disminuyendo en la manera que la temperatura está disminuyendo [47]. Esto quiere decir, que la resistencia de un superconductor se baja en una forma muy brusca cuando ha llegado a una temperatura considerada crítica. Los elementos como superconductores son: Niobio, Estaño, Titanio, Hierro, Selenio. La principal utilidad de los superconductores es la producción de campos magnéticos muy intensos y transportadores de corriente [48].

Un análisis de la aproximación a las tendencias investigativas sobre el tema, establece que los resultados de investigación de nuevos materiales con mayor conductividad si son tendencias para diferentes campos de la Ingeniería, por ello, se pudieron observar tres enfoques selectivos. Primero, que el Grafeno que es un nanomaterial basado en carbono, resistente y con alta conductividad eléctrica y térmica y de múltiples aplicaciones, llamándose igual el material del futuro. Segundo, que las tintas conductoras se presentan en cinco temas investigativos de interés observándose que el campo de aplicación como conductor eléctrico puede ser muy extenso. Y tercero, las nuevas aplicaciones con polímeros conductores son novedosas y se proyectan como una nueva tendencia para revolucionar las industrias electrónicas y eléctricas.

IV. CONCLUSIONES

Es evidente, la necesidad de investigar e indagar sobre los alcances que tienen los nuevos materiales conductores en nuestra sociedad y como parte del interés que se manifiestan en la búsqueda de las nuevas tendencias investigativas.

Por esto, se considera que los nuevos materiales conductores no solo ofrecen mayor conductividad, sino mejores propiedades químicas y físicas, siendo una revelación significativa en un número considerable de investigaciones que amplían los descubrimientos en beneficio de la creación de tecnologías más económicas, viables y con mayor seguridad. Además de favorecer en los proyectos y/o trabajos de investigación, textos digitales, entre otros.

Ahora bien, dentro de las lecturas realizadas se pudo llegar a la conclusión de que hay un gran ámbito para el manejo y

aplicabilidad de materiales que han sido descubiertos actualmente. En definitiva, las tendencias investigativas se tomaron en esta temática permitió alcanzar la mayor cantidad de artículos encontrados para el interés, siendo la tinta conductora la principal tendencia en su material expresado.

Es sorprendente lo que pueden ofrecer estos materiales conductores cuando son obtenidos de informaciones verídicas gracias, a la facilidad para divulgar las investigaciones y estar informados en tiempo real de las situaciones por las que pasa el mundo.

VI. RECOMENDACIONES

La investigación y revisión bibliográfica debe ser continua y mejorarse cada vez más, entre las opciones que se pueden contemplar para avanzar en la temática, pueden ser las siguientes.

Realizar una comparación de la metodología de búsqueda y selección utilizada, con otras comunes para el mismo fin, con el ánimo de identificar la metodología más adecuada para este tipo de investigaciones.

Incluir en la metodología de búsqueda el año de publicación del artículo o libro, para garantizar que la información sea más reciente, e incluir factores como investigación teórica o experimental, y relación con aplicaciones tecnológicas actuales.

Por último, se podría realizar análisis del impacto de investigaciones similares, esto con el fin de evidenciar la pertinencia del ejercicio del trabajo realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sáez, F. (2020). Capítulo 3. Búsqueda de referencias bibliográficas científicas. Bloque I. El proceso de elaboración de un TFG/TFM, 39.

[2] Pérez-Escribano, M., Martín-Bayona, F. y Márquez-Segura, E. (2021). Efectos de la Conductividad en la Estimación de los Parámetros de Propagación de una Línea Stripline Fabricada Mediante Impresión de Tintas Conductoras. RIUMA. <https://hdl.handle.net/10630/23210>

[3] Phillips, C., Al-Ahmadi, A., Potts, S. J., Claypole, T., y Deganello, D. (2017). The effect of graphite and carbon black ratios on conductive ink performance. *Journal of materials science*, 52(16), 9520-9530.

[4] Pajor-Świerzy, A., Staśko, D., Pawłowski, R., Mordarski, G., Kamyshny, A., & Szczepanowicz, K. (2021). Polydispersity vs. monodispersity. How the properties of Ni-Ag core-shell nanoparticles affect the conductivity of ink coatings. *Materials*, 14(9), 2304.

[5] Chen, Q., Mi, T., Chen, G., & Liu, G. (2017). Biosynthesis of silver nanoparticles applied for UV-curing conductive ink by using rice straw extract as reducing agent. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 95(12), 2350-2356.

[6] Santidrián, A. (2019). Procesado químico-físico de nanomateriales de carbono para la preparación de tintas y películas funcionales. (Tesis doctoral, Universidad Zaragoza).

[7] Amon, R., Lawagon, C., Segamata, K., Barrientos, F., Tan, E., y Lawagon, C. (2020). Preparation of graphene-based conductive ink from spent zinc-carbon batteries. *Journal of the Japan Institute of Energy*, 99(8), 82-87.

[8] Oñate, C. y Letelier, I (2020). SENSIBLE: Investigación y experimentación en la creación de nuevas interfaces táctiles para dialogar con dispositivos electrónicos. *Estudios sobre Arte Actual*, (8), 195-207.

[9] Martínez-Barón, C., González-Dominguez, J., Ansón-Casaos, A., Hernández-Ferrer, J., Benito, A. y Maser, W. (2021). Fabricación de electrodos fotoactivos para la escisión de la molécula de agua a partir de tintas basadas en nanocelulosa.

[10] Xie, W., Li, X., Zhang, M., Zhu, Q., Li, J. G., y Sun, X. (2022). A nickel metal-organic-decomposition ink of nickel-ethanolamine complex leading to highly conductive nickel patterns for printed electronic applications. *Thin Solid Films*, 744, 139081.

[11] Sumba Lucero, C.H. (2018). Obtención de grafeno mediante exfoliación electroquímica de grafito para fabricar sensores de presión usando esponjas de poliuretano (Bachlelor's thesis Quito, 2018).

[12] Ghaffarkhah, A., Kamkar, M., Dijvejin, Z.A., Riazzi, H., Ghaderi, S., Golovin, K., Soroush, M., Arjmand, M. (2022). Impresión de extrusión de alta resolución de tintas basadas en Ti3C2 para monitoreo de movimiento humano portátil y protección contra interferencias electromagnéticas. *Carbón*, 191, 277-289.

[13] Ghadimi, S., Mazinani, S., Bazargan, A. M., y Sharif, F. (2021). Effect of formulation and process on morphology and electrical conductivity of Ag- graphene hybrid inks. *Synthetic Metals*, 281, 116913.

[14] Mavuri, A., Mayes, A. G., y Alexander, M. S. (2019). Inkjet Printing of Polyacrylic Acid-Coated Silver Nanoparticle Ink onto Paper with Sub-100 Micron Pixel Size. *Materials*, 12(14), 2277.

[15] Santhiago, M., Corrêa, C. C., Bernardes, J. S., Pereira, M. P., Oliveira, L. J., Strauss, M., y Bufon, C. C. (2017). Flexible and foldable fully printed carbon black conductive nanostructures on paper for high-performance electronic, electrochemical, and wearable devices. *ACS applied materials & interfaces*, 9(28), 24365-24372.

[16] Lafragüeta, I. (2020). Preparación y caracterización de tintas conductoras y electrodos para la producción de hidrógeno con nanotubos de carbono (Trabajo Fin de Grado, Universidad Zaragoza).

[17] Maroli, G., Palumbo, F. y Volpe, M (2020). Comportamiento del secado de tintas de plata para electrónica impresa. *AJEA*, (5), doi: <https://doi.org/10.33414/ajea.5.777.2020>

[18] Mendoza, N. y Merchán, R. (2000). Tintas polímeras de capa gruesa. *Eurofach electrónica; Actualidad y tecnología de la industria electrónica*, (290), 58-62

[19] Pantoja-Suárez, F., Urquiza, L. Hernández, C. y Bertran, E (2019). Modificación de la Conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono multipared. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7 (14), 282-290, doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.024>

[20] Bhowmick, G. D., Das, S., Verma, H. K., Neethu, B., y Ghangrekar, M.

M. (2019). Improved performance of microbial fuel cell by using conductive ink printed cathode containing Co3O4 or Fe3O4. *Electrochimica Acta*, 310, 173-183.

- [21] Mokhlis, M., Salim, M. A., Masripan, N. A., Saad, A. M., Sudin, M. N., Omar, G., y Caridi, F. (2020). Nanoindentation of Graphene Reinforced Epoxy Resin as a Conductive Ink for Microelectronic Packaging Application. *International Journal of Nanoelectronics & Materials*, 13.
- [22] Saad, H., Salim, M. A., Masripan, N. A., Saad, A. M., y Dai, F. (2020). Nanoscale Graphene Nanoparticles Conductive Ink Mechanical Performance Based on Nanoindentation Analysis. *International Journal of Nanoelectronics & Materials*, 13.
- [23] Solin, K., Borghei, M., Sel, O., Orelma, H., Johansson, L. S., Perrot, H., y Rojas, O. J. (2020). Electrically conductive thin films based on nanofibrillated cellulose: interactions with water and applications in humidity sensing. *ACS applied materials & interfaces*, 12(32), 36437- 36448.
- [24] Bucciarelli, A., Chandraiahgari, C. R., Adami, A., Mulloni, V., y Lorenzelli, L. (2020). Precise dot inkjet printing thought multifactorial statistical optimization of the piezoelectric actuator waveform. *Flexible and Printed Electronics*, 5(4), 045002.
- [25] Cheng, C., Li, J., Shi, T., Yu, X., Fan, J., Liao, G., ... y Tang, Z. (2017). A novel method of synthesizing antioxidative copper nanoparticles for high performance conductive ink. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28, 13556-13564.
- [26] Jun, H. Y., Lee, E. J., y Ryu, S. O. (2020). Synthesis and characterization of copper ink and direct printing of copper patterns by inkjet printing for electronic devices. *Current Applied Physics*, 20(7), 853-861.
- [27] Martínez, J. (2018). Síntesis, caracterización y uso en catálisis heterogénea de nanotubos de titanatos (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- [28] Henríquez, C., Sanabria, M., y Hernández, J. (2018). Polímeros utilizados para impresiones 4D y algunas aplicaciones. *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, 116 (736), 1.
- [29] Martínez-Barón, C., González-Dominguez, J., Ansón-Casaos, A., Hernández-Ferrer, J., Benito, A. y Maser, W. (2021). Escisión fotoelectroquímica del agua mediante electrodos basados en nanocelulosa. [30] Li, C., Khuje, S., Petit, D., Huang, Y., Sheng, A., An, L., Di Luigi, M., Jalouli, A., Navarro, M., Islam, A., Ren, S. (2021). Conductor de nanoplaca de cobre impreso para interferencia electromagnética. *Nanotecnología*, 33 (11), 115601.
- [31] Pérez, Á. M. F. (2023). Google Académico: el buscador especializado para la ayuda a la investigación. *Hospital a Domicilio*, 7(1), 35-47.
- [32] Codina, L. (2005). Scopus: el mayor navegador científico de la web. *El profesional de la información*, 14(1), 44-49.
- [33] Alcibar, M. F., Monroy, A., & Jiménez, M. (2018). Impacto y Aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación Superior. *Información tecnológica*, 29(5), 101-110.
- [34] Sautu, R., Freidin, B., Najmias, C., Otamendi, M. A., Paredes, D., Ballesteros, M., ... & Trepiana, M. (2014). *Metodología de la Investigación I*. México DF: INTERAMERICANA EDITORES, SA DE CV.
- [35] Estévez Ballesteros, M. (2021). *Materiales 2D para dispositivos eléctricos ponibles*.
- [36] Wang, Y., Peng, S., Zhu, S., Wang, Y., Qiang, Z., Ye, C., ... y Zhu, M. (2021). Biomass-derived, highly conductive aqueous inks for superior electromagnetic interference shielding, joule heating, and strain sensing. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13(48), 57930-57942.
- [37] Abdolhosseinzadeh, S., Schneider, R., Verma, A., Heier, J., Nüesch, F., y Zhang, C. (2020). Turning trash into treasure: additive free MXene sediment inks for screen-printed micro-supercapacitors. *Advanced Materials*, 32(17), 2000716.
- [38] Deng, D., Feng, S., Shi, M., y Huang, C. (2017). In situ preparation of silver nanoparticles decorated graphene conductive ink for inkjet printing. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28(20), 15411- 15417.
- [39] Li, X., Honari, M. M., Fu, Y., Kumar, A., Saghlatoon, H., Mousavi, P., y Chung, H. J. (2017). Self-reinforcing graphene coatings on 3D printed elastomers for flexible radio frequency antennas and strain sensors. *Flexible and Printed Electronics*, 2(3), 035001.
- [40] Secor, E. B., Gao, T. Z., Dos Santos, M. H., Wallace, S. G., Putz, K. W., y Hersam, M. C. (2017). Combustion-assisted photonic annealing of printable graphene inks via exothermic binders. *ACS applied materials & interfaces*, 9(35), 29418-29423.
- [41] Saleh, E., Zhang, F., He, Y., Vaithilingam, J., Fernandez, J. L., Wildman, R., ... y Tuck, C. (2017). 3D inkjet printing of electronics using UV conversion. *Advanced Materials Technologies*, 2(10), 1700134.
- [42] Lee, Y. K., Kim, J., Kim, Y., Kwak, J. W., Yoon, Y., y Rogers, J. A. (2017). Room temperature electrochemical sintering of Zn microparticles and its use in printable conducting inks for bioresorbable electronics. *Advanced Materials*, 29(38), 1702665.
- [43] Yim, C., Kockerbeck, Z. A., Jo, S. B., & Park, S. S. (2017). Hybrid copper–silver–graphene nanoplatelet conductive inks on pdms for oxidation resistance under intensive pulsed light. *ACS applied materials & interfaces*, 9(42), 37160-37165.
- [44] Jeong, S., Lee, C., Shim, J., y Bai, C. (2017). Experimental study of micro patterns on conductive ink transfer in a plate-to-roll system. *Microsystem Technologies*, 23, 5467-5475.
- [45] Potts, S. J., Phillips, C., Jewell, E., Clifford, B., Lau, Y. C., y Claypole, T. (2020). High-speed imaging the effect of snap-off distance and squeegee speed on the ink transfer mechanism of screen-printed carbon pastes. *Journal of Coatings Technology and Research*, 17(2), 447-459.
- [46] Chen, T., Zhang, X., Hu, X., Wu, Z., Cao, F., Wang, X. A., ... y Xie, Y. (2020). Sensitive piezoresistive sensors using ink-modified plant fiber sponges. *Chemical Engineering Journal*, 401, 126029.
- [47] Hong, H., Jiyong, H., Moon, K. S., Yan, X., & Wong, C. P. (2021). Rheological properties and screen printability of UV curable conductive ink for flexible and washable E-textiles. *Journal of Materials Science & Technology*, 67, 145-155.
- [48] Ram, P., Yadav, A., Suman, M. K., y Kumar, A.

(2021). Graphene based circular shaped micro strip patch antenna array for 2.45 GHz ISM band application. *Wireless Personal Communications*, 116, 1613-1620.

[49] Sahu, G., Das, M., Sethy, C., Wazalwar, R., Kundu, C. N., Raichur, A. M., & Tripathy, J. (2021). Ionic liquid-assisted fabrication of poly (vinyl alcohol) /nanosilver/graphene oxide composites and their cytotoxicity/antimicrobial activity. *Materials Chemistry and Physics*, 266, 124524.

[50] Li, C., Sun, Q., Tang, C., Lu, Y., Song, H., Chen, J., y Qin, Z. (2021). A

two-step method to prepare silver nanoparticles ink for improving electrical and mechanical properties of printed silver wire. *Materials Express*, 11(4), 516-523.

[51] Pradela-Filho, L. A., Andreotti, I. A., Carvalho, J. H., Araujo, D. A., Orzari, L. O., Gatti, A., ... y Janegitz, B. C. (2020). Glass varnish-based carbon conductive ink: A new way to produce disposable electrochemical sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 305, 127433.