

**R**evista de **I**ngeniería  
**Y**  
**T**ecnología **E**ducativa



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES  
VENEZUELA

Núcleo Universitario Alberto Adriani



**G I I I E**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIO  
EN INGENIERÍA Y EDUCACIÓN

Julio - Diciembre 2023

Volumen 6, N° 2



**Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**  
**Universidad de Los Andes,**  
**Núcleo Universitario Alberto Adriani**  
**Depósito Legal ME2018000068, ISSN: 2665-0339**  
**Volúmen 6, N° 2, Julio - Diciembre 2023**

**RITE**  
**RITE**

**RITE (Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa)**, es una publicación arbitrada e Indizada que se edita en dos números anuales que constituyen un volumen. Es una revista editada en el Núcleo Universitario Alberto Adriani y está destinada a dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas de la ULA, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las diferentes especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Educación y áreas conexas.

### **Misión**

Dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas del Núcleo Universitario Alberto Adriani (NUAA), así como las que se realicen en otras dependencias de la Universidad de Los Andes (ULA), otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Tecnología Educativa y áreas conexas.

### **Visión**

Enriquecer el patrimonio bibliográfico de la ULA con trabajos internos y/o preparados por otras instituciones educativas, centros de investigación y empresas del país y del exterior.

- Servir de fuente de actualización bibliográfica para alumnos y profesores de la ULA.
- Mantener y acrecentar el prestigio y la imagen de la ULA ante la región y el país y la comunidad científica.

**RITE** está indizada y acreditada en Revistas Venezolanas de Ciencias y Tecnologías (**REVENCYT: RVR093**).

**RITE** cuenta con la acreditación del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes. Universidad de los Andes-Venezuela (**CDCHTA-ULA**).

**RITE**, asegura que los editores, autores y árbitros cumplen con las normas éticas internacionales durante el proceso de arbitraje y publicación. Del mismo modo aplica los principios establecidos por el comité de ética en publicación científica (COPE). Igualmente todos los trabajos están sometidos a un proceso de arbitraje y de verificación por plagio.

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una licencia creative Commons Atribución-No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. Por lo que el envío, procesamiento y publicación de artículos en la revista es totalmente gratuito.

**Dirección:** Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Alberto Adriani. Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía-5145-Edo. Mérida. **Teléfonos:** 02758817920/04140078283.

### **Contactos y Redes Sociales**



**Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**  
**Universidad de Los Andes,**  
**Núcleo Universitario Alberto Adriani**  
**Depósito Legal ME2018000068, ISSN: 2665-0339**  
**Volúmen 6, N° 2, Julio - Diciembre 2023**

# Comité Editorial

## Comité Editorial

### **Editor Jefe**

Dr. Domingo Alarcón

### **Editor Adjunto**

Dra. Milagro Montilla

### **Comité Editorial**

Dr. Domingo Alarcón

Dra. Milagro Montilla

MSc. Keyla Márquez

MSc. Jaimel Salcedo

### **Comité de Arbitraje**

Dr. Idel Contreras

Dra. Elkis Weinhold

Dr. Jairo Márquez

Dra. Olga Márquez

Dr. Reynaldo Ortiz

Dra. María Teresa Celis

MSc. Rubén Belandria

### **Consejo de Redacción y/o Asesor**

MSc. Sara Burgos

### **Diseño, Diagramación y Edición**

MSc. Ingrid Suescun



# Tabla de Contenido

## Tabla de Contenido

### PRESENTACIÓN

COLTÁN: MATERIAL ESTRATÉGICO QUE FORMA PARTE DE LA RIQUEZA MINERA DE VENEZUELA.

**Olga P. Márquez**

8

### ARTÍCULOS

NIVEL DE CAMBIO CONCEPTUAL EN GEOMETRÍA Y USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES POR DOCENTES DE MATEMÁTICA

**Yazmary del Carmen Rondón Marquina**

11

DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE BAJO COSTO CONTROLADO MEDIANTE UNA APLICACIÓN PARA SMARTPHONE

**Rojas Méndez, María Eugenia; Viloría Manzanilla, Francisco**

24

MATERIALES DIDÁCTICOS EN MULTIMEDIA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE PROMOTORES EN LA DONACIÓN DE SANGRE VOLUNTARIA

**Bertha Unise Estupiñan Sua**

38

### REVISIONES

REVISIÓN DE ALGUNOS ASPECTOS DEL SISTEMA AGROVOLTAICO

**Keyla Márquez P, Quiliano Contreras Rubio**

53

USO DE LA HIDROXIAPATITA DE CALCIO COMO CICATRIZANTE DE HERIDAS

**Reynaldo Ortiz, Elkis Weinhold, Marisen Leo**

66

---

Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)  
Universidad de Los Andes,  
Núcleo Universitario Alberto Adriani  
Depósito Legal ME2018000068, ISSN: 2665-0339  
Volúmen 6, N° 2, Julio - Diciembre 2023

# Tabla de Contenido

## Tabla de Contenido

HIDRÓGENO EN CELDA DE COMBUSTIBLE DE MEMBRANA POLIMÉRICA (PEMFC): Una Revisión  
**Márquez Keyla, Weinhold Elkis, Márquez Olga, Ortiz Reynaldo, Márquez Jairo.**

---

72

### ENSAYOS

LA TRANSDISCIPLINARIEDAD Y SU IMPORTANCIA EN LA EDUCACIÓN ESPECIAL  
**José Rafael. Prado Pérez, Irmarielba Angulo Rondón.**

---

86

### NORMAS PARA LOS AUTORES

---

95

# Index Index

## PRESENTATION

COLTAN: STRATEGIC MATERIAL THAT IS PART OF THE VENEZUELAN MINING WEALTH.

**Olga P. Márquez**

8

## ARTICLES

LEVEL OF CONCEPTUAL CHANGE IN GEOMETRY AND USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES BY MATHEMATICS TEACHERS

**Yazmary del Carmen Rondón Marquina**

11

DESIGN OF A LOW-COST HOME AUTOMATION SYSTEM CONTROLLED BY A SMARTPHONE APPLICATION

**Rojas Méndez, María Eugenia; Viloría Manzanilla, Francisco**

24

MULTIMEDIA DIDACTIC MATERIALS FOR UPDATE OF PROMOTERS IN VOLUNTARY BLOOD DONATION

**Bertha Unise Estupiñan Sua**

38

## REVIEWS

REVIEW OF SOME ASPECTS OF THE AGROVOLTAIC SYSTEM

**Keyla Márquez P, Quiliano Contreras Rubio**

53

USE OF CALCIUM HYDROXYAPATITE AS A WOUND HEALING AGENT

**Reynaldo Ortiz, Elkis Weinhold, Marisen Leo**

66

---

**Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**  
**Universidad de Los Andes,**  
**Núcleo Universitario Alberto Adriani**  
**Depósito Legal ME2018000068, ISSN: 2665-0339**  
**Volúmen 6, N° 2, Julio - Diciembre 2023**

# Index Index

HYDROGEN IN A POLYMERIC MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC): A Review  
**Márquez Keyla, Weinhold Elkis, Márquez Olga, Ortiz Reynaldo,**  
**Márquez Jairo.**

---

**72**

## **ENSAYOS**

TRANSDISCIPLINARITY AND ITS IMPORTANCE IN SPECIAL EDUCATION  
**José Rafael. Prado Pérez, Irmarielba Angulo Rondón.**

---

**86**

## **NORMS TO AUTHORS**

---

**95**

# Presentación

## COLTÁN: MATERIAL ESTRATÉGICO QUE FORMA PARTE DE LA RIQUEZA MINERA DE VENEZUELA.

**Olga P. Márquez**

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Departamento de Química, Laboratorio de Electroquímica  
Mérida 5101 – Venezuela. Email: olgamq@gmail.com

El Coltán, es un mineral que se ha denominado “oro azul”: es uno de los materiales más utilizados en la industria tecnológica mundial y también puede ser explotado dentro del Arco Minero del Orinoco (Figura 1), por decisión gubernamental. Es un mineral fundamental en los teléfonos móviles, smartphones, tablets y dispositivos electrónicos que se utiliza de manera cotidiana.



Figura 1.- Localización geográfica de los yacimientos de Coltán, en Venezuela.

### ¿Qué es realmente el Coltán?

No es un elemento aislado ni un mineral químicamente homogéneo. Su nombre proviene de una combinación del mineral COLumbita con la TANTalita, siendo los protagonistas de esa unión, el Niobio (Nb) y el Tantalio (Ta) (Figura 2)

Figura 2.- Tabla periódica de los Elementos, mostrando la ubicación de los elementos estratégicos principales del Coltán.



## Columbita

Es un mineral de Hierro (Fe) y Niobio (Nb), conocido como Niobita o Ferrocolumbita  
Es un mineral de óxido de Nb  $Nb_2O_6$  y Hierro (figura 3):

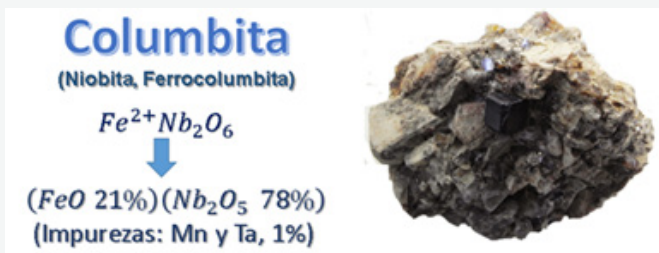


Figura 3.- Representación del mineral Columbita, un componente del Coltán.

## Tantalita

Pertenece a un grupo de minerales denominados óxidos (figura 4), de acuerdo a la clasificación de Strunz.

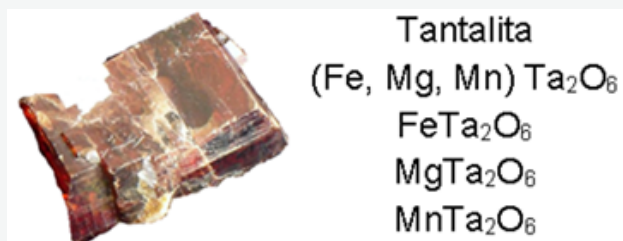


Figura 4.- Representación del mineral Tantalita, un componente del Coltán.

Se trata de un recurso estratégico imprescindible en la fabricación de componentes electrónicos avanzados. El Tantalio se usa principalmente en la elaboración de condensadores. El condensador electrolítico de Tantalio (figura 5) es, en la actualidad, un tipo bastante común de condensador presente en gran cantidad de dispositivos electrónicos, como en teléfonos celulares, computadoras, pantallas de plasma, cámaras digitales o equipos de alta tecnología como, por ejemplo, los satélites artificiales. Estos dispositivos son cada vez más pequeños, delgados y fiables gracias, en gran parte, al uso de los condensadores electrolíticos SMD de Tantalio (Ta), que han ido sustituyendo a los condensadores electrolíticos tradicionales. Aunque la mayoría de los dispositivos electrónicos pueden funcionar con condensadores electrolíticos normales, los condensadores electrolíticos de Tantalio tienen valores de capacidad eléctrica más exactos y, en especial, son mucho más pequeños. La gran demanda de estos condensadores ha elevado el precio del Tantalio. Un condensador de Tantalio cuesta más que un condensador electrolítico normal de las mismas características. Otro campo de aplicación interesante de este material es el de las comunicaciones ópticas. El niobiato de litio ( $LiNbO_3$ ) se usa en guías de onda, moduladores y conmutadores optoelectrónicos o láseres. Este compuesto es clave para poder elaborar redes de fibra óptica más rápidas y eficientes, y así, entre otras cosas, poder disponer de conexiones más rápidas a Internet.

El coltán es uno de los principales minerales para la obtención de Tantalio y Niobio, dos elementos de gran interés para el desarrollo tecnológico desde el siglo XX. Las concentraciones de Uranio (U) y Torio (Th) en muestras de coltán venezolano, medidas previamente por el Laboratorio de Física Nuclear de la Universidad Simón Bolívar (LFN-USB), y la descripción de algunos depósitos aluviales en la región de Parguaza (Sur de Venezuela) muestran la factibilidad potencial de localizar depósitos minerales superficiales mediante

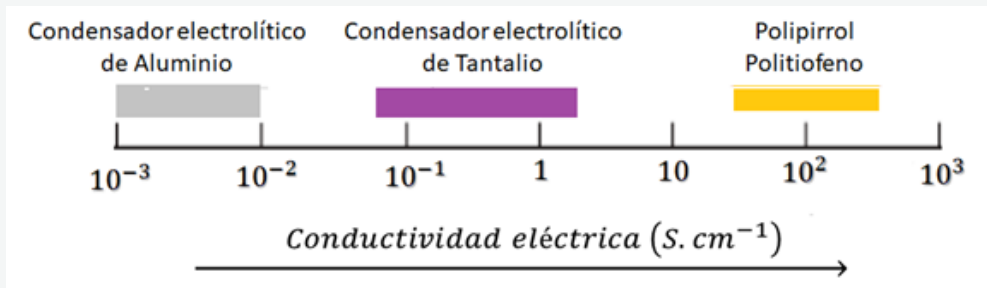


Figura 5.- Conductividad de un condensador electrolítico de Tantalio.

espectrometría de Rayos Gamma, mapeando la radiación asociada al U y Th contenidos en estos minerales. En ese estudio, se evaluó esta posibilidad, utilizando un detector de centelleo de alta densidad (BGO 3 "x3" Crismatec Scintibloc 76S76). Se utilizaron muestras de coltán en un campo de prueba acondicionado para emular un depósito aluvial poco profundo, como los observados en algunas zonas de la región de Parguaza, obteniendo que para prospecciones detalladas una cuadrícula de prospección espaciada 2,5x2,5 m<sup>2</sup> utilizando un detector BGO es eficaz para detectar cantidades significativas de coltán (kilogramos), incluso a una profundidad de 40 cm<sup>1</sup>.

De acuerdo con un informe de SOS Orinoco, el precio internacional de referencia, para 2023 del mineral refinado de Coltán puede alcanzar USD 100 el kilo (con picos históricos de 600 a 1000 dólares por kilogramo

El Coltán, se encuentra también en Australia, Brasil, Canadá, China y la República Democrática del Congo en África, siendo este último el que posee las mayores reservas a nivel mundial.

En la actualidad, Venezuela adelanta la producción de coltán en Los Pijiguaos, en la zona del Arco Minero del Orinoco que fue activada a principios de 2016. Según el Plan Nacional Motor Minero 2019-2025, el gobierno nacional contempló pasar de una producción de 10.000 toneladas de coltán en 2019 a un máximo de 35.000 toneladas en 2025. Sin embargo, no se han publicado cifras oficiales sobre el nivel actual de producción.

Se han realizado procesos industriales de extracción de Tantalio (Ta) y Niobio (Nb) a partir de recursos primarios, con un mineral en bruto procedente del yacimiento de Lulingu (República Democrática del Congo), obteniéndose compuestos de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de alta pureza. Se ha estudiado un enfoque novedoso para la extracción de Ta y Nb consistente en el pretratamiento de un mineral portador de coltán con una sal subfundida de bifluoruro de amonio y la posterior lixiviación ácida. Se comprobó que la proporción de la sal, respecto al mineral y la temperatura del proceso, influyeron significativamente en la eficiencia de la extracción.

El coltán en Territorio Venezolano se encuentra en el estado Amazonas y la parte oeste del estado Bolívar. Allí habitan los pueblos indígenas Baniva, Piaroa, Yekuana y Jivi.

Es preciso ser cuidadosos con la explotación de recursos minerales en Venezuela, a fin de que se realice de manera responsable para la protección del medio ambiente, la preservación de los ecosistemas y el bienestar de las comunidades locales. Esto implica la aplicación de prácticas respetuosas del impacto ambiental, como la reducción de emisiones, el uso responsable del agua y el tratamiento adecuado de los residuos.

# NIVEL DE CAMBIO CONCEPTUAL EN GEOMETRÍA Y USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES POR DOCENTES DE MATEMÁTICA

## LEVEL OF CONCEPTUAL CHANGE IN GEOMETRY AND USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES BY MATHEMATICS TEACHERS

**Yazmary del Carmen Rondón Marquina.**

Universidad de Los Andes, Facultad de Humanidades y Educación  
Mérida 5101- Venezuela.  
yazmaryrondon8@gmail.com

**Recibido:** 19-10-2023

**Aceptado:** 30-10-2023

### RESUMEN

Esta investigación consistió en diagnosticar el nivel de cambio conceptual en geometría según el Modelo Van Hiele y las habilidades en el uso de recursos informáticos educativos, de un grupo de docentes de matemática de Educación Media General. La metodología utilizada fue analítica, mediante un diseño analítico situacional. Los datos se recolectaron a través de la técnica de la encuesta por medio de un test de conocimientos geométricos y un cuestionario de habilidades en el uso de las Tecnologías de información y Comunicación (TIC) para la enseñanza de la geometría. Según los resultados obtenidos en el diagnóstico más del 60% de los docentes participantes se encuentran en niveles básicos e inferiores al cuarto nivel del Modelo Van Hiele (Deducción formal) y en un nivel básico de uso de las TIC para la enseñanza de la geometría. Por lo tanto, se concluye que es fundamental la formación permanente del docente de matemática a través de la geometría dinámica, por medio del uso de recursos como: mapas conceptuales, vídeos y Geogebra; para determinar en cada nivel las preconcepciones de los docentes, causas y maneras de activar conflictos cognitivos. A fin de propiciar la ruptura epistemológica, el enriquecimiento y el alcance de los conceptos umbrales en cada caso.

**Palabras clave:** Cambio conceptual, Geometría, Modelo Van Hiele, Recursos informáticos educativos.

### ABSTRACT

This research consisted of diagnosing the level of conceptual change in geometry according to the Van Hiele Model and the skills in the use of educational computer resources, of a group of mathematics teachers from General Secondary Education. The methodology used was analytical, through a situational analytical design. The data were collected through the survey technique through a geometric knowledge test and a skills questionnaire in the use of Information and Communication Technologies (ICT) for teaching geometry. According to the results obtained in the diagnosis, more than 60% of the participating teachers are at basic levels and below the fourth level of the Van Hiele Model (Formal Deduction) and at a basic level of use of ICT for teaching geometry. Therefore, it is concluded that the permanent training of mathematics teachers through dynamic geometry is essential, through the use of resources such as: concept maps, videos and Geogebra; to determine at each level teachers' preconceptions, causes and ways of activating cognitive conflicts. In order to promote the epistemological rupture, the enrichment and scope of the threshold concepts in each case.

**Key words:** Conceptual change, Geometry, Van Hiele Model, Educational computer resources.

**Yazmary del Carmen Rondón Marquina:** Dra en Educación Universidad de Los Andes (ULA). Licenciada en Educación mención Matemática MSc. en Educación mención Informática y Diseño Instruccional (ULA,). Personal docente en la Facultad de Humanidades y Educación, Área de matemática (ULA). Email: : yazmaryrondon8@gmail.com

## Introducción

Esta investigación se enmarca en la educación matemática, específicamente aborda el cambio conceptual en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la geometría. En primer lugar, por parte del docente, para que pueda guiar al estudiante a alcanzar también, niveles más altos de cambio conceptual en geometría. Esta rama, tiene especial interés por ser la base fundamental del conocimiento matemático, como puerta de entrada filosófica del conocimiento en general.

Sin embargo, contradictoriamente, la geometría cada día está más relegada en los planes de estudio de todos los niveles educativos en Venezuela. Esta realidad, ha sido evidenciada por la investigadora durante varios semestres consecutivos, en el marco de la asignatura Taller de Geometría, de la Carrera de Educación, mención Matemática, de la Universidad de Los Andes. Observando que los estudiantes muestran un nivel de conocimiento geométrico muy bajo, mientras que los docentes consultados, en un 90% indican que dejan los contenidos geométricos para el final del año escolar, para dictarlos “si queda tiempo”, restándole importancia.

Las causas de esta problemática se deben, según los resultados obtenidos en el diagnóstico a que más del 60% de los docentes participantes no ha alcanzado un nivel de Deducción formal en geometría. Por lo tanto, existe un problema en la enseñanza de la geometría, cuya causa se debe en primer lugar a un bajo nivel de conocimiento geométrico de los docentes, el cual trae como consecuencia que los estudiantes tengan pocos encuentros con la geometría y a su vez tampoco alcancen cambios conceptuales en esta maravillosa rama de la matemática.

Por consiguiente, se plantea la importancia de promover cambios conceptuales en geometría a través de recursos informáticos educativos, dado que en esta área la visualización facilita la comprensión de conceptos abstractos.

## Desarrollo

Desde los inicios de la humanidad la necesidad de resolver problemas cotidianos para sobrevivir (manejo del tiempo y las siembras) hizo necesaria la observación del entorno para comprenderlo y modelarlo a través de formas y medidas, es decir, en ese proceso la geometría dio nacimiento a todas las demás, contribuyendo al desarrollo del razonamiento lógico, mediante el planteamiento de hipótesis, caracterización de las propiedades de las formas en la construcción de definiciones y propiedades, y finalmente a través de la comprobación de tesis para establecer teorías.

Este trayecto fue recorrido por diversas culturas: egipcios, sumerios, árabes, chinos, griegos, hindúes, mayas, incas, entre otros; como inicio de todo el desarrollo matemático y tecnológico con el que contamos hoy. Entonces, debido a la importancia histórica de la geometría, la educación se vale de planes de estudios que introducen de forma jerárquica los conceptos geométricos desde el nivel inicial, en cada uno de los grados de Educación Primaria y en los cinco años de Educación Media General.

No obstante, en muchos casos los docentes prefieren obviar los contenidos geométricos debido a que tienen dudas e inseguridad respecto a sus conceptos y propiedades fundamentales. Como consecuencia, su enseñanza se centra en la asignación de un trabajo escrito sobre algún tópico, sin mayor discusión del mismo, o el dibujo de las figuras en lugar de la construcción de éstas partiendo de sus propiedades.<sup>1, 2</sup> Además, utiliza como recurso casi exclusivo el pizarrón, dejando de lado otros posibles recursos, por ejemplo, los informáticos que pueden contribuir en la visualización de las figuras tridimensionales.

En este sentido, la teoría del cambio conceptual<sup>3</sup> permite identificar como sucede la transformación del conocimiento por medio de dos enfoques diferentes en los que ocurre un cambio o transformación del conocimiento:

**1) Enriquecimiento**, este enfoque consiste

en la creación de mapas semánticos y creación de teorías simples e intuitivas, para establecer relaciones con otros conceptos y obtener un nuevo significado. Permite la reflexión, reajuste y adición de conceptos más complejos a sus teorías. Un ejemplo de enriquecimiento en geometría puede darse cuando analizamos un cuadrado, al establecer semejanzas y diferencias con respecto a otros cuadriláteros como el rectángulo, el rombo, entre otros; se obtiene un nuevo significado. Es decir, se amplía el concepto de cuadrado, cuando se considera parte de un conjunto de figuras que tienen propiedades en común.

**2) Ruptura epistemológica**, genera una transformación en las operaciones mentales hasta llegar a identificar un problema desde una perspectiva diferente.<sup>3</sup> Como ejemplo al aplicar el teorema de Pitágoras para medir la altura de un edificio, en este caso se involucra el uso de diversos conceptos: perpendicularidad, triángulo rectángulo, medidas de segmentos, entre otros, en un contexto cotidiano, lo cual ayuda a resolver un problema desde una perspectiva diferente. Contribuyendo a transferir la aplicación del enunciado a situaciones similares y tener una visión más amplia del mismo, distinguiendo las situaciones en las que se puede aplicar y en las que no tiene cabida.

Asimismo, Bostan<sup>4</sup> plantea que el cambio conceptual puede alcanzarse de manera espontánea cuando las ideas de quien aprende se acercan por razonamiento propio al conocimiento científico sin intervención externa; o de forma propiciada cuando se genera a partir de la enseñanza para acercarla al conocimiento científico. Es por esto que, en la teoría del cambio conceptual, un concepto se entiende como una unidad de pensamiento que no surge de forma aislada, sino que requiere de un proceso de construcción a partir de informaciones relacionadas (hechos, datos, características, propiedades, entre otras).

Con relación a esto, Flores<sup>5</sup> y Escamillas<sup>6</sup> señalan que el profesor es quien, por su preparación académica, está en una posición que le permite organizar los campos

conceptuales en secuencias para adaptarlas a las características y necesidades de sus estudiantes, siempre y cuando él mismo ya haya alcanzado un elevado nivel conceptual. Puesto que el cambio conceptual toma en cuenta las preconcepciones (creencias construidas algunas de forma errada, de modelos o teorías en un área determinada). No es simplemente rellenar espacios, sino cambiar un concepto errado por uno correcto.

Por tal razón, es esencial que el profesor cuente con un alto nivel de razonamiento geométrico para que pueda enseñar a sus estudiantes a alcanzar también los cambios conceptuales en geometría. En palabras de Vygotsky,<sup>7</sup> esto es activar las zonas de Desarrollo Próximo para alcanzar el nivel potencial.

Ahora bien, en cuanto al uso de las TIC en el aula de clase, Mayer<sup>8</sup> propone la teoría cognoscitiva de aprendizaje multimedia. Expone que, a partir de las tres formas de almacenar la información en: la memoria sensorial, la memoria de trabajo y la memoria de largo plazo. Los individuos pueden procesar a través de canales diferentes, materiales verbales y visuales. Entonces, para generar una manipulación y visualización de las figuras geométricas no basta solo con disponer de las TIC para que de forma automática se aprovechen adecuadamente sus posibilidades educativas. Es necesaria la capacitación y formación de los docentes, quienes serán los que promuevan o no, su uso en el aula.

Asimismo, respecto al uso de recursos informáticos educativos que pueden ser empleados para fomentar los cambios conceptuales en contenidos matemáticos relacionados con la geometría González y Vilchez<sup>9</sup> resaltan que enseñar geometría implica en primer lugar motivar al docente, proponiéndole herramientas TIC que le permitan recordar y comprobar propiedades de las figuras a través de sus acciones. Además, en la enseñanza virtual de la geometría el Modelo Van Hiele contribuye en gran medida a la evolución del razonamiento geométrico de los docentes a partir de la visualización de los objetos geométricos.<sup>10</sup>

De igual manera, en estos espacios virtuales el uso de las TIC y específicamente del software Geogebra como herramienta cognitiva resulta de gran importancia debido a que ayuda a desarrollar habilidades matemáticas.<sup>11, 12</sup>

## Diagnóstico

Al hablar de cambio conceptual es importante conocer el nivel de razonamiento geométrico en el que se encuentra una persona al iniciar el estudio de la geometría y como se van produciendo esos cambios. El modelo Van Hiele explica cómo se desarrollan los niveles de razonamiento geométrico de quien aprende y qué puede hacer un profesor de matemática para conducir ese razonamiento, mediante sus componentes esenciales: los niveles de razonamiento (Reconocimiento, Análisis, Clasificación, Deducción formal y Rigor) y las fases de aprendizaje (Preguntas e información, orientación dirigida, Explicitación, Orientación e integración).<sup>13</sup>

En consecuencia, en la enseñanza de la geometría es primordial que el profesor cuente con conocimientos sólidos de sus fundamentos (figuras, formas y las relaciones de sus elementos entre sí, y también respecto a otras figuras), para que en su didáctica el uso de estrategias (técnicas, actividades y recursos) le permitan aprovechar la visualización como punto de partida en la construcción de conceptos geométricos. Entendiendo que, en geometría la visualización es un elemento muy importante porque ayuda a comprender propiedades de las figuras y a hacer esquemas que permitan desarrollar aún más el pensamiento lógico matemático.

Por lo tanto, se hace necesario el planteamiento de una enseñanza de la geometría, cuya didáctica involucre la visualización de estos elementos. Para lo cual el uso de recursos informáticos (software, vídeos, entre otros) le concede un carácter más dinámico al conocimiento geométrico de los docentes y por ende a los estudiantes.<sup>14</sup> Respecto a estas ventajas que ofrecen los recursos informáticos Mayer<sup>15</sup> indica que sirven para guiar al estudiante

a crear teorías. Estas pueden ser simples e intuitivas en su inicio, hasta alcanzar niveles más altos, como lo contempla la teoría del cambio conceptual.

En este sentido, para conocer sobre los niveles de cambio conceptual y habilidades en el uso de las TIC de los docentes, el diagnóstico se llevó a cabo mediante una investigación analítica, con el objeto de comprender las relaciones entre los elementos que intervienen (cambio conceptual y el uso de recursos informáticos en el aprendizaje de la geometría, causas y procesos o condiciones que originan o mantienen el desarrollo del cambio conceptual durante el aprendizaje de la geometría). Por medio de un diseño analítico situacional, para identificar en la etapa exploratoria las condiciones iniciales de los docentes de matemática.<sup>16</sup>

Se utilizó la técnica de la encuesta y se aplicaron como instrumentos: un test sobre conocimientos geométricos y un cuestionario habilidades en el uso de las TIC. La invitación se hizo a aproximadamente treinta y cinco (35) docentes, cuya aceptación fue respondida por seis (6) de ellos mediante un acta de consentimiento, quienes posteriormente procedieron a contestar ambos instrumentos.

En el caso del test por ser un instrumento cuantitativo, fue validado a través del método Juicio de Expertos, mediante el procedimiento estadístico denominado Coeficiente de Validez de Contenido, propuesto por Hernández Nieto.<sup>17</sup> Mientras que el cuestionario, por ser un instrumento cualitativo su fiabilidad refleja la forma en que se ajusta a las necesidades de la investigación en términos de lo eventos establecidos.<sup>16</sup> En este caso se determinó al promediar la triangulación de criterios de expertos del área de informática y diseño instruccional.

El test está conformado por veintiún (21) preguntas: abiertas, considerando que la muestra no es muy extensa y no se desea condicionar o influir en las respuestas. La propuesta de estas preguntas se realiza con el objeto de medir en cada parte del test,

términos del cambio conceptual según el Modelo Van Hiele.

**Reconocimiento: Ítems 1 al 7:** buscan medir hasta qué punto los docentes reconocen las figuras propuestas y sus propiedades intrínsecas.

1. Observando las imágenes de las siguientes figuras qué puede decir sobre ellas en particular y en conjunto o como subconjuntos (nombres, características, propiedades, semejanzas, diferencias)
2. ¿Serán colineales dos puntos? Si \_\_\_ No \_\_\_ explique
3. ¿Serán colineales tres puntos? Si \_\_\_ No \_\_\_ explique
4. ¿Puede ser cero la longitud de un segmento? Si \_\_\_ No \_\_\_ explique
5. Describa qué es un ángulo
6. ¿Es cierto que dos ángulos complementarios son agudos? Si \_\_\_ No \_\_\_ explique
7. ¿Será verdad que, de dos ángulos suplementarios, uno es agudo y el otro es obtuso?-Argumente su respuesta

**Análisis: Ítems del 8 al 13:** buscan medir si los docentes reconocen a las figuras propuestas como subconjuntos de las otras, y cuáles semejanzas y diferencias encuentran.

8. ¿Pueden ser 12, 4 y 7 medidas de los lados de un triángulo? Explique
9. ¿Existe un criterio ángulo - ángulo – ángulo de congruencia de triángulos? Si \_\_\_ No \_\_\_ explique
10. ¿Puede un triángulo tener dos ángulos rectos? Si \_\_\_ No \_\_\_ explique
11. ¿Puede alguno de los segmentos característicos de un triángulo (mediana, mediatriz, bisectriz o altura) coincidir con algún lado del triángulo? Si \_\_\_ No \_\_\_ Argumente su respuesta
12. ¿Puede un triángulo rectángulo ser equilátero? Argumente su respuesta
13. ¿Será cierto que todo cuadrado es rombo? ¿Será cierto su recíproco? Argumente su respuesta.

**Clasificación: Ítems 14 al 15:** buscan medir la capacidad de argumentación para clasificar figuras a partir de sus propiedades o elementos esenciales.

Demuestre que:

14. Si dos rectas se intersectan en exactamente un punto, entonces son distintas.
15. Si la hipotenusa y un cateto de un triángulo rectángulo son congruentes con la hipotenusa y un cateto de otro, respectivamente, entonces, los triángulos son congruentes.

**Deducción formal: Ítems 16 al 18:** buscan medir la capacidad de razonamiento lógico del docente al aplicar el método axiomático.

Demuestre que:

16. Si una recta corta de una de dos paralelas, entonces corta a la otra.

17. Los puntos medios de los lados de un cuadrado determinan otro cuadrado

**Rigor: Ítems 18 al 21:** buscan medir el conocimiento del docente sobre otros sistemas axiomáticos además del euclidiano.

18. ¿Será cierto que: La suma de las medidas de los ángulos internos de un triángulo es siempre igual a  $180^\circ$ ? Si \_\_\_ No \_\_\_ Argumente su respuesta

19. En qué consiste el sistema axiomático de Euclides o geometría euclidiana:

20. Además de la geometría euclidiana ¿Cuáles otras geometrías existen? Explique

21. ¿Qué tipo de formación recibió en su carrera universitaria sobre la geometría y su enseñanza?

Respecto al cuestionario fue de tipo transversal, corto y aplicado a una muestra pequeña, permite conocer lo que piensan los participantes al momento de encuestarlos<sup>16</sup>. Conformado por 10 preguntas abiertas, relacionadas al conocimiento didáctico (estrategias de enseñanza y aprendizaje: recursos y herramientas; y planificación educativa) y conocimiento propio (práctico de uso cotidiano y en el aula), enviado vía correo electrónico a los participantes. Los ítems relacionados al conocimiento propio son:

1. Tecnologías de Información y comunicación (TIC) utilizadas para sus actividades cotidianas.

2. Habilidades en el uso de las TIC: \_\_\_\_%

4. ¿Qué opina sobre el uso de las TIC en el aula de clases?

10. Conceptos de geometría que considera más complicados y por qué

11. Recursos digitales que considera pueden facilitarle la comprensión de los conceptos más complejos de geometría y por qué.

Los ítems relacionados al conocimiento didáctico son:

3. ¿Qué tipo de formación recibió en su carrera universitaria sobre el uso de las TIC?

5. Recursos informáticos o digitales que utiliza en el aula de clases para la enseñanza de los contenidos matemáticos en general:

6. Recursos informáticos o digitales que utiliza en el aula de clases para la enseñanza de los contenidos geométricos en particular:

7. ¿Cómo incorpora el uso de los recursos digitales en las estrategias didácticas para la enseñanza de los contenidos geométricos?

8. Materiales que utiliza para el desarrollo de los contenidos geométricos.

9. ¿Qué relevancia piensa usted que tienen los recursos digitales que utiliza en el aprendizaje de la geometría de los estudiantes?



## Resultados:

### ⊗ Descripción de los resultados del test sobre conocimientos geométricos:

Los seis docentes participantes se categorizaron como: D1, D2, D3, D4, D5 y D6. Sus características principales se detallan tanto en la Tabla 1, como en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5. De estos, el 83,3% son educadores en Matemática y el 16,7% Licenciado en Física. Además, 33,4% tienen estudios de cuarto nivel. En cuanto a su experiencia en el ejercicio de la docencia el 66,6% tienen hasta 5 años y el 33,4% restante entre 5 años y más de 10 años.

Tabla 1: Características de los docentes participantes

Característica		Docentes que poseen tal característica
Género	Femenino	67%
	Masculino	33%
Tipo de Institución	Pública	50%
	Privada	50%
Título Obtenido	Licenciado en educación mención Matemática	83%
	Otro: Licenciado en física	17%
Nivel académico	3er nivel	67%
	4to nivel	33%

Fuente: Rondón<sup>18</sup>

Además, en cuanto a los años de experiencia en la Figura 1 se observa que más de la mitad (66%) de ellos tienen entre 1 a 5 años, el 17% tiene entre 6 a 10 años de experiencia y el otro 17% tienen entre 11 a 15 años.

En este mismo orden de ideas, en la Figura 2 se observa que todos los sujetos han recibido formación universitaria en geometría euclidiana (100%), por lo tanto, deben conocer la construcción axiomática del razonamiento geométrico. Además, el 17% estudió geometrías no euclidianas como la riemanniana, donde el quinto postulado de Euclides tiene su equivalente y por ende un nuevo paradigma de propiedades de las figuras (triángulos esféricos cuya suma de ángulos internos es mayor a  $180^\circ$  y donde no existe paralelismo). El 80% han recibido formación en Geometría Analítica y Didáctica de la Geometría (83% también). También, en cuanto a la didáctica de esta área del conocimiento, el 83% de estos educadores cursaron al menos una asignatura relacionada a la enseñanza de la geometría

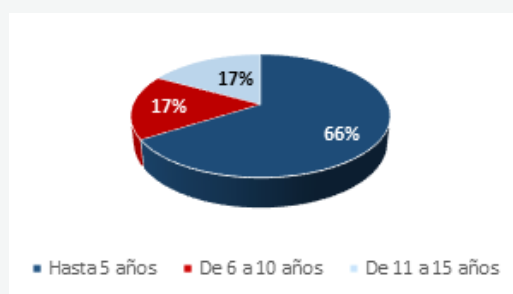


Figura 1. Experiencia docente.  
Fuente: Rondón<sup>18</sup>

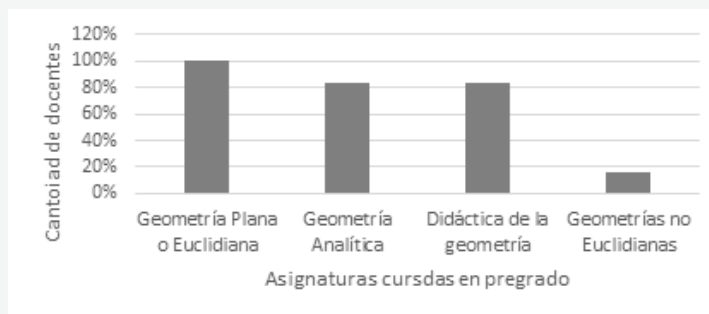


Figura 2. Formación recibida en geometría  
Fuente: Rondón<sup>18</sup>

Finalmente, en la Figura 3 se destaca que los docentes participantes se han desempeñado a lo largo de su experiencia de enseñanza en varios años en los diversos años de Educación Media General simultáneamente: 50% de ellos en primer año (D1, D5 y D4); 50% en segundo año (D1 y D5); 66,6% en tercer año (D1, D4, D5 y D6); 83,3% en cuarto año (D1, D3, D4, D5, D6); y el 83,3% en quinto año (D1, D2, D3, D4 y D6). Es importante señalar que, en cada uno de estos años, los contenidos geométricos requieren conocimientos sólidos por parte de los docentes sobre geometría plana y geometría analítica, tanto bidimensional como tridimensional (5to año de Educación Media General). Por lo tanto, si el docente no ha alcanzado cambios conceptuales en la geometría plana unidimensional (rectas, segmentos, semirrectas), pasar a la geometría bidimensional (planos, ángulos, áreas) y tridimensional (espacio, volúmenes) será una tarea casi imposible.

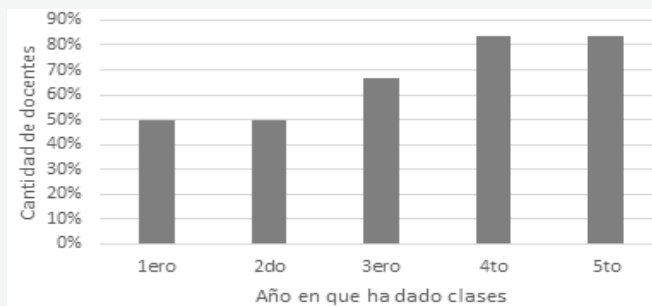


Figura 3. Grados o años en los que ha enseñado matemática.  
Fuente: Rondón<sup>18</sup>

Finalmente en la Tabla 2 se presentan las calificaciones obtenidas por los docentes participantes, en correspondencia con las características de los ítems y su puntuación, para determinar el nivel de cambio conceptual según el Modelo Van Hiele que han alcanzado los docentes.

Tabla 2. Nivel de razonamiento geométrico de partida de cada docente.

Resultados en el test de conocimientos geométricos	Nivel de razonamiento Van Hiele	Nivel de partida de cada Docente
De 1 a 5 puntos	I. Reconocimiento	D5
Más de 5 a 10 puntos	II. Análisis	D2 y D4
Más de 10 a 14 puntos	III. Clasificación	D6
Más de 15 a 18 puntos	IV. Deducción Formal	D1 y D3
Más de 18 a 20 puntos	V. Rigor	Ninguno

Fuente: Rondón<sup>18</sup>

En esta tabla podemos observar que más del 66% de los docentes participantes se encuentran en niveles básicos, por debajo del nivel de Deducción Formal (Concepto umbral). Esto llama la atención debido a que más de la mitad de ellos se han desempeñado en años como tercero, cuarto y quinto año, donde se tiene la presencia de los Teoremas de Pitágoras, Euclides y Thales (Conceptos umbrales e integrantes), entre otros contenidos que requieren el desarrollo de cadenas de razonamiento lógico mediante el sistema axiomático.

⊙ Descripción de los resultados del cuestionario sobre habilidades en el uso de las TIC:

Las TIC utilizadas para sus actividades cotidianas son: Computadora, teléfono inteligente, redes sociales (Whatsapp, Telegram). En promedio las habilidades en el uso de las TIC: es de un 50 %. La formación universitaria sobre el uso de las TIC fue escasa o básica relativa a Microsoft y en algunos casos software para la enseñanza de geometría y matemática (Geogebra y Maple).

Además, sobre el uso de las TIC en el aula de clases los docentes consideran que son herramientas dentro de los procesos de enseñanza/aprendizaje que facilitan la experiencia educativa, la comprensión de conceptos abstractos y optimizan el tiempo en las actividades en el aula de clases. El 83,3 % expresó que utilizan lo básico que tienen en el aula: pizarrón, reglas y libros. Sin embargo, les gustaría usar software, vídeos y aplicaciones ya que facilitan el estudio y comprensión de conceptos o temas que por su naturaleza son abstractos como el paralelismo y los tipos de ángulos que se forman, triángulos y semejanza, además de su aplicación en áreas como física, cónicas, plano y espacio, funciones y trigonometría.

En cuanto a los recursos digitales, los docentes consideran que pueden facilitar la comprensión de conceptos complejos de geometría los siguientes: Software (Geogebra, Maple, entre otros) para la construcción y visualización de los objetos geométricos, vídeos sobre la historia de la geometría y sus aplicaciones, y simuladores.

### **Análisis de los resultados**

En el test de conocimientos geométricos, en el ítem 1 se pedía identificar varias figuras regulares e irregulares, por grupos, según su apariencia y relacionarlas unas como subconjunto de las otras. Fue respondido por el 100% de los docentes, de estos un 33% no identificaron el punto, ni el segmento, solo identificaron algunos tipos de cuadriláteros, sin establecer relaciones entre ellos. Mientras que otro 33%

identificaron cada figura y las relacionaron entre sí, aunque no discriminaron entre polígono regular e irregular. El restante 34% respondió correctamente identificando cada figura y relacionándolas entre sí unas como subconjunto de otras, lo que el cambio conceptual llama categorización.

En el ítem 2 era necesario aplicar la definición de colinealidad a dos puntos, o el postulado de la recta, solo fue respondido por el 50% de los docentes, quienes lo hicieron correctamente, esto, según el cambio conceptual requiere aplicar relaciones significativas. Asimismo, en los ítems 3 y 4 se pedía aplicar la definición de colinealidad (ahora con tres puntos) y la definición de segmento, requería de relaciones significativas. Fue respondido correctamente por el 83% de los docentes. Mientras que 17% no los respondió.

En el ítem 5 era necesario definir un ángulo como figura geométrica (a partir de dos rectas que se intersectan o dos rayos de vértice común) como concepto integrante de la teoría del cambio conceptual, fue respondido por el 100% de los docentes, de ellos el 33% lo definieron como número (medida del ángulo). Mientras que el 67% lo definieron correctamente.

El ítem 6 requería relacionar los ángulos complementarios (cuyas medidas suman  $90^\circ$ ) y agudos (menores de  $90^\circ$ ), fue respondido por 83% de los docentes. De ellos, el 17% lo hizo de manera incompleta respondiendo solo a la definición de ángulo agudo, pero sin aplicarla a ángulos complementarios, mientras que el 67% respondió correctamente. De forma similar en el ítem 7, se pedía relacionar los ángulos suplementarios (cuyas medidas suman  $180^\circ$ ), agudos y obtusos (mayores de  $90^\circ$ ), fue respondido por 67% de los docentes, 17% de ellos lo hizo de manera incompleta observando solo el caso particular de dos ángulos rectos, mientras que el 50% lo hicieron correctamente argumentando sobre la posibilidad de dos rectos o uno agudo y el otro obtuso.

En estos ítems requerían de conceptos integrantes.

En cuanto a los ítems del nivel de Análisis (8 al 13), en el ítem 8 se requería aplicar la desigualdad triangular, fue respondido por el 67% de los docentes, el 50% de ellos lo hizo correctamente. Mientras que el 17% de manera deficiente al no aplicar la relación entre la medida de dos de los lados respecto al tercero. En el ítem 9 debían identificar los criterios de congruencia de ángulos, solo fue respondido por el 50% de los docentes, de ellos 33% lo hicieron correctamente y el otro 17% de forma incompleta debido a que no identificó todos los criterios existentes.

En el ítem 10 se requería aplicar las definiciones de paralelismo y perpendicularidad, fue respondido por 83% de los docentes de forma correcta. Estos ítems, según el cambio conceptual, requerían de conceptos clave, transformadores y conceptos integrantes.

El ítem 11 requería aplicar las definiciones de los segmentos característicos de un triángulo (mediana, mediatriz, bisectriz y altura) y sus casos particulares, fue respondido por 67% docentes de forma correcta. En el ítem 12 se indagaba sobre el teorema de Pitágoras y el triángulo equilátero, fue respondido por 84% de los docentes, 67% de ellos de manera correcta. Mientras que 17% de forma incompleta al aplicar la definición de triángulo equilátero, pero no la del triángulo rectángulo.

En el ítem 13 se requería relacionar dos paralelogramos (cuadrado y rombo), fue respondido por 67% de los docentes, quienes lo hicieron correctamente. Desde el cambio conceptual, estos ítems requerían de relaciones significativas, concepto integrante y transformadores.

En cuanto a los ítems del nivel de Clasificación (14 y 15), en el ítem 14 se pedía demostrar intersección de rectas, usando cadenas cortas de argumentación (reducción al absurdo o demostración directa), fue respondido por el 50% de los docentes, quienes lo hicieron correctamente esto, según el cambio conceptual requiere aplicar relaciones significativas. En el ítem 15 había que demostrar congruencia de dos triángulos rectángulos usando cadenas

cortas de argumentación (de forma directa usando propiedades de congruencia), requería de relaciones significativas. Solo fue respondido por el 50% de los docentes, de ellos el 25% lo hizo correctamente, mientras que el otro 50% lo hizo de forma incompleta al no considerar el criterio de congruencia correspondiente, como concepto integrante de la teoría del cambio conceptual.

En cuanto a los ítems del nivel de Deducción Formal (16 y 17), en el ítem 16 se solicitaba demostrar perpendicularidad y paralelismo usando el método más apropiado (por reducción al absurdo relacionando con propiedades de paralelismo), fue respondido por el 50% de los docentes, el 17% de ellos lo hizo argumentando paralelismo, pero le faltó considerar la congruencia de los ángulos alternos internos, mientras que el 33% restante lo hizo correctamente.

En el ítem 17 se pedía demostrar la formación de un cuadrado a partir de otro, usando el método más apropiado (directo relacionando con propiedades de paralelismo y los paralelogramos), solo fue respondido por el 33% de los docentes, quienes lo hicieron de forma correcta. Estos ítems, según el cambio conceptual, requerían de conceptos clave, transformadores y conceptos integrantes.

En cuanto a los ítems del nivel de Rigor (18 al 20), en el ítem 18 se requería discriminar entre la geometría euclidiana y las no euclidianas (diferencia en cuanto al 5to postulado de Euclides), lo que el cambio conceptual llama categorización.

Fue respondido por el 83% de los docentes, 33% de ellos señalaron los postulados de la geometría euclidiana, otro 33% señalaron los cinco postulados de Euclides, pero no las diferencias fundamentales del quinto con las no euclidianas, mientras que el 17% restante lo hizo correctamente. En el ítem 19 se pedía describir los componentes y condiciones del sistema axiomático, requería de relaciones significativas. Fue respondido por el 50% de los docentes, de ellos 33% lo hizo correctamente, mientras que al 17% restante le faltó señalar las condiciones.

En el ítem 20 se pedía describir las

geometrías no euclidianas (propiedades fundamentales y aplicaciones), fue respondido por 83% de los docentes, 33% de ellos de forma correcta, un 17% describió algunas características, mientras que el otro 33% lo hizo de forma incorrecta al confundirla con la geometría analítica. Este ítem, requería de conceptos clave, transformadores y conceptos integrantes.

En general, con base en lo descrito anteriormente y las calificaciones obtenidas por los seis docentes en el Test, se evidencia desde el nivel de reconocimiento que algunos docentes (33%) no tienen claridad para diferenciar entre recta, segmento y rayo, las cuales son figuras base para el desarrollo de toda la geometría plana. Además, aunque identifican los cuadriláteros más comunes (cuadrado y rectángulo) no los generalizan y tampoco relacionan las figuras entre sí, como subconjuntos unas de otras (figuras como caras de los cuerpos geométricos).

Asimismo, llama la atención que solo el 50% de los docentes respondió el ítem 2 relacionado con el postulado de la recta, siendo este uno de los más básicos de la geometría euclidiana. En consecuencia, al requerir la aplicación de este postulado o la definición de colinealidad para más de dos puntos la situación se le complica aún más al docente que no cuenta con este conocimiento sólido. Como consecuencia, de lo anterior las definiciones de ángulo y sus diversas medidas (agudos, obtusos, rectos), al ser asociadas a operaciones de suma de medidas (ángulos complementarios y suplementarios) siguen aumentando las carencias en las respuestas de los docentes. Aun cuando, la definición de ángulo y sus propiedades son muy básicas, estudiadas desde primaria y complementadas en Educación Media General.

Es así como, al continuar aumentando el nivel de complejidad de los ítems en el nivel de Análisis donde se requiere aplicar las definiciones correspondientes a las situaciones geométricas propuestas (propiedades de los triángulos: congruencia, segmentos característicos, paralelismo y perpendicularidad), las respuestas de los docentes a los ítems van disminuyendo.

Incluso son respondidos correctamente por menos del 50% de los docentes. Contenidos que se deben dictar en segundo y tercer año de Educación Media General.

Entonces, no habrá oportunidad para desarrollar en el siguiente año contenidos como la trigonometría, tan fundamental en múltiples áreas (ingeniería, educación física, Construcción civil, entre otras) para establecer relaciones proporcionales como el seno, coseno y tangente, relacionados directamente con problemas cotidianos (por ejemplo, calcular de la altura de un edificio). Dificultando, además, su posterior transferencia a contextos similares y entorpeciendo el proceso de crear relaciones significativas tan importantes en el cambio conceptual.

De la misma manera, en el nivel de Clasificación donde se deben desarrollar pequeñas cadenas de deducción (relacionadas a rectas no paralelas y triángulo rectángulo), las respuestas correctas de los ítems se reducen a menos del 50% de los docentes. Destacando que, el Teorema de Pitágoras relacionado a una de estas argumentaciones se dicta en tercer año de Educación Media General. Tales respuestas muestran muy poco entendimiento de las propiedades básicas de los triángulos y ángulos, y aún menos de la generalización de estas en un teorema que abre las puertas del entendimiento.

Finalmente, en el nivel de Deducción formal, donde se requiere la demostración utilizando alguno de los métodos (Directo o por Reducción al absurdo), relacionados a demostraciones al menos con el método directo en tercer, cuarto y quinto año, en teoremas de: Pitágoras, Euclides, Ley del Seno y del Coseno, Distancia entre puntos en el plano y en el espacio, entre otros; y en el nivel de Rigor (conocimiento de varios sistemas axiomáticos) relacionado a materias estudiadas a nivel universitario, el razonamiento del docente debe haber alcanzado uno de los niveles más altos del cambio conceptual (Concepto Umbral), entonces tal como lo explica el Modelo Van Hiele en su característica de Adyacencia si no se ha alcanzado el nivel anterior, el siguiente no se logrará.

## Conclusiones

Es así como, los resultados obtenidos en el diagnóstico, con una calificación promedio de 10,65 puntos, se traducen en un llamado urgente al estudio de la problemática sobre el bajo nivel de conocimiento geométrico de los docentes. Esto se refleja indudablemente en la enseñanza de la geometría en Educación Media General, debido a que más del 50% de los docentes participantes están por debajo del nivel de Deducción Formal.

Las causas de esta situación, pueden estar relacionadas a la formación que se ofrece al docente de matemática en la universidad y a su escasa actualización permanente. Posteriormente, a su egreso de la universidad es absorbido por el sistema educativo donde generalmente, se requiera de ellos horas agotadoras de llenado de formatos exigidos por las diversas instancias, Situación que se traduce un dictado de clases repetitivas y memorísticas, relleno de espacios, dejando de lado su pensamiento crítico y actualización necesaria para la maduración de los conocimientos obtenidos en la universidad.

De no alcanzar el Nivel de Rigor en el Modelo Van Hiele o alcanzar los Conceptos Umbrales necesarios en la geometría por parte del docente, optará en primer lugar por evadir estos contenidos, y en caso de dictarlos, realizará una mera presentación de los mismos. Al tiempo que también se le presentarán dificultades para desarrollar el conocimiento didáctico general (estrategias para plantear y desarrollar los contenidos a profundidad). Por lo tanto, los estudiantes tampoco tendrán oportunidades de aumentar su nivel de razonamiento geométrico.

En consecuencia, se hace necesario proponer alternativas de formación permanente dirigidas a los docentes, a través de las TIC (cursos en línea, uso del software Geogebra, entre otros). Debido a que estas herramientas favorecen la visualización y las construcciones en esta área de la matemática y conllevan a una reflexión y mejoramiento del razonamiento geométrico, aumentando las oportunidades para alcanzar un cambio conceptual satisfactorio para desarrollar con solidez su enseñanza.

## Referencias

- 1.- Mochón, S. y Morales, M. En qué consiste el “conocimiento matemático para la enseñanza” de un profesor y cómo fomentar su desarrollo: un estudio en la escuela primaria. *Educación Matemática*. 2010. 22(1): 87-113.
- 2.- Barboza, J. Explorar y Descubrir para Conceptualizar en Geometría. *Scientia Et Technica*, 2013. 18(2): 369-375. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153012.pdf>.
- 3.- Carretero, M. Cambio conceptual y enseñanza de la historia. *Tarbiya, Revista de Investigación e innovación educativa*. 2000. (5): 73-82.
- 4.- Bostan, A. Conceptual Level of Understanding about Sound Concept: Sample of Fifth Grade Students. *e-International Journal of Educational Research*. 2016. 7(1): 87-97.
- 5.- Flores, H. La investigación cooperativa como modelo de selección de recursos constructivos TIC para la enseñanza del concepto tiempo en historia. 2013. Zaragoza Phd Tesis Doctoral de la Universidad de Zaragoza, España. Disponible en: <https://zagan.unizar.es/record/13371/files/TESIS-2014-011.pdf>.
- 6.- Escamillas, A. (2011). Las competencias en la programación del aula. II, Educación Secundaria (12-18 años). España: Graó.

- 7.- Vygotsky, L. (2003). El desarrollo de las funciones psicológicas superiores. Crítica.
- 8.- Mayer, R. Psicología de la educación, enseñar para un aprendizaje significativo. 2004. España: Pearson Prentice Hall.
- 9.- González, A. y Vilchez, N. Enseñanza de la Geometría con utilización de recursos multimedia. Aplicación a la Primera Etapa de Educación Básica. 2004. Tarragona: PhD Tesis Doctotal de la Universidad Rovira i Virgili, España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/8928>.
- 10.- Souza, S. Estudio pedagógico de la enseñanza virtual de la geometría, desde un enfoque socio-constructivista. 2008. Tesis Doctoral de la Universidad de Salamanca, España. Disponible en: [https://gredos.usal.es/bitstream/10366/22642/1/DTHE\\_Estudio%20pedagogico%20ensenanza%20virtual%20geometria.pdf](https://gredos.usal.es/bitstream/10366/22642/1/DTHE_Estudio%20pedagogico%20ensenanza%20virtual%20geometria.pdf).
- 11.- Kabaca, T., Karadag, Z. y Aktumen, M. Concepto erróneo, conflicto cognitivo y cambios conceptuales en geometría: un estudio de caso con futuros maestros. *Mevlana International Journal of Education (MIJE)*. 2011. 1(2): 44-55.
- 12.- Martínez, L. y Vera, J. Características de la formación docente para la inclusión de las TIC en la enseñanza de la geometría. Comunicación presentada para el Primer Encuentro Distrital de Educación Matemática, “Prácticas y propuestas innovadoras en el aula de matemáticas: realidades y desafíos”. 2019. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogota, Colombia. Disponible en: <http://funes.uniandes.edu.co/9928/1/Marti%CC%81nez2014Caracteri%CC%81sticas.pdf>.
- 13.- Vargas, G. y Gamboa, R. El modelo de van hiele y la enseñanza de la geometría. *Revista: Uniciencia*. 2013. 27(1): 74-94. Disponible en: <http://revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/4944/0>.
- 14.- Rondón, Y. Transposición didáctica. Las TIC en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. En Márquez, Flores y Rondón. *Transposición didáctica del Conocimiento*. Mérida - Venezuela. Fundación editorial el Perro y la Rana; 2016. 51-67. Disponible en: [https://issuu.com/imprentamerida/docs/transposicion\\_didactica\\_del\\_conocim\\_dod973b68f7019](https://issuu.com/imprentamerida/docs/transposicion_didactica_del_conocim_dod973b68f7019).
- 15.- Mayer, R. *Aprendizaje multimedia*. Universidad de Cambridge. 2005.
- 16.- Hurtado, J. *Metodología de la Investigación Holística*. Guía para la comprensión holística de la ciencia. 4ta edición. Quirón Ediciones S.A. 2010.
- 17.- Hernández Nieto, R. (2003). Contribuciones al análisis estadístico. Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela. *Revista venezolana de Ciencia Política*, 23: 132-134. Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/cipo/v23/articulo10.pdf>.
- 18.- Rondón, Y. *Cambio conceptual en geometría a través de recursos informáticos educativos en Educación Media General*. [Tesis Doctoral] Universidad de Los andes. 2023.

# DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE BAJO COSTO CONTROLADO MEDIANTE UNA APLICACIÓN PARA SMARTPHONE

## DESIGN OF A LOW-COST HOME AUTOMATION SYSTEM CONTROLLED BY A SMARTPHONE APPLICATION

**Rojas Méndez, María Eugenia; Viloría Manzanilla, Francisco.**

Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Mérida -5101- Venezuela.  
viloriaf@ula.ve

**Recibido:** 18-09-2023

**Aceptado:** 12-11-2023

### RESUMEN

Este trabajo está enfocado en el diseño de un sistema domótico de arquitectura híbrida que cumple con la gestión de la domótica, donde proporciona confort y seguridad al usuario a través de la tecnología Wi-Fi. El sistema fue implementado con componentes de bajo costo para que sea económicamente accesible. Se desarrolló utilizando un software que combina diferentes lenguajes de programación, como TypeScript y el framework de Ionic, para la aplicación móvil. También se utilizaron HTML, CSS y librerías como jQuery y Bootstrap para las interfaces de configuración. Además, se incorporó un lenguaje basado en C++ para complementar e integrar los dispositivos del sistema.

Este sistema se compone del servidor domótico y los actuadores, cuyo funcionamiento se basa en microcontroladores, que, se comunican simultáneamente bajo un protocolo de comunicación basado en UDP y websocket para el intercambio de información. Finalmente, se presenta una interfaz intuitiva al usuario tanto para la configuración de los actuadores, como para el servidor y para la manipulación de la aplicación móvil. Esta interfaz permite al usuario interactuar fácilmente con el sistema y realizar las configuraciones necesarias.

La aplicación móvil cuenta con dos modalidades de funcionamiento. En la primera modalidad, con conectividad a internet, los usuarios pueden acceder a sus redes sociales y mantener la comunicación sin problemas. Esto es especialmente importante, ya que la comunicación con las redes sociales se ha convertido en una necesidad actual para muchos usuarios.

**Palabras clave:** aplicación móvil Android, sistema domótico, protocolo de comunicación.

**Viloría Manzanilla Francisco:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Maestría en Automatización e Instrumentación, ULA. Profesor Titular, Jefe de Departamento de Circuitos y Medidas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Email: fviloria@ula.ve .

**Rojas Méndez María Eugenia:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Ing. Electrónica (CONACES) Colombia. Técnico Aeronáutico ATSEP I. Aeronáutica Civil. Bogotá. Colombia. Email: mariae.rojas@aerocivil.gov.com



# DESIGN OF A LOW-COST HOME AUTOMATION SYSTEM CONTROLLED BY A SMARTPHONE APPLICATION

**Rojas Méndez, María Eugenia; Viloría Manzanilla, Francisco.**

Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Mérida -5101- Venezuela.  
viloriaf@ula.ve

**Recibido:** 18-09-2023

**Aceptado:** 12-11-2023

## ABSTRACT

This work is focused on the design of a hybrid architecture home automation system that fulfills home automation management, providing comfort and security to the user through Wi-Fi technology. The system was implemented with low-cost components to make it economically accessible. It was developed using software that combines different programming languages such as TypeScript and the Ionic framework for the mobile application. HTML, CSS, and libraries like jQuery and Bootstrap were also used for the configuration interfaces. Additionally, a C++ based language was incorporated to complement and integrate the system's devices.

This system consists of the home automation server and actuators, which operate based on microcontrollers, communicating simultaneously under a communication protocol based on UDP and websocket for information exchange. Finally, an intuitive interface is presented to the user for configuring the actuators, the server, and manipulating the mobile application. This interface allows the user to interact easily with the system and make the necessary configurations.

The mobile application has two operating modes. In the first mode, with internet connectivity, users can access their social networks and maintain communication without any problems. This is especially important as social media communication has become a current necessity for many users.

**Key words:** Android mobile application, home automation system, communication protocol.

**Viloría Manzanilla Francisco:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Maestría en Automatización e Instrumentación, ULA. Profesor Titular, Jefe de Departamento de Circuitos y Medidas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Email: fviloria@ula.ve .

**Viloría Manzanilla Francisco:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Ing. Electrónica (CONACES) Colombia. Técnico Aeronáutico ATSEP I. Aeronáutica Civil. Bogotá. Colombia. Email: mariae.rojas@aerocivil.gov.com

## Introducción

En sus inicios en la década de los 80, la implementación de sistemas domóticos tuvo lugar cuando las redes informáticas comenzaron a desarrollar los sistemas conocidos como redes de cableado. Posteriormente, se mejoraron con la introducción del Wi-Fi. Este avance tecnológico permitió suplir las deficiencias existentes en los hogares de la década de los 80 al ofrecer una forma eficiente de integrar todos los dispositivos electrónicos en las casas. Con el tiempo, estos avances empezaron a llegar a los hogares.

A principios de los años 90, comenzó la era de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), lo que mejoró considerablemente las posibilidades de la instalación domótica. En la actualidad, los sistemas domóticos se pueden formar de manera más eficiente gracias a una menor tasa de envío de datos. Esto ha permitido un mayor uso de la domótica, mejorando la seguridad y velocidad de las comunicaciones.

En el concepto de la tecnología de comunicaciones, existen, como en la mayoría de los desarrollos tecnológicos, una parte física, y otra lógica, ambas necesarias ya que una no tiene sentido sin la otra y sus desarrollos van normalmente de la mano. En las últimas décadas, el mercado de los dispositivos móviles ha sido uno de los que ha tenido un crecimiento más rápido, ya que, en la actualidad hay una mayor cantidad de personas que tiene acceso a un dispositivo móvil.<sup>1</sup>

Aunque el término "dispositivo móvil" abarca una amplia variedad de dispositivos con características similares, para este proyecto se centrará únicamente en los teléfonos inteligentes. Sin embargo, en el futuro podría ser posible ampliar el mercado a otros dispositivos existentes. Desde el año 2002, el uso de la telefonía móvil ha experimentado un aumento significativo, especialmente con la llegada de los teléfonos inteligentes. En 2014, la navegación por Internet desde dispositivos móviles superó a la realizada desde computadoras de

escritorio y portátiles. Con el aumento de usuarios de estos dispositivos, el uso que se les da ha cambiado radicalmente. Este avance tecnológico es lo que ha permitido que actualmente se pueda realizar prácticamente cualquier tarea desde un dispositivo móvil, y es precisamente lo que ha hecho posible este proyecto.

## Desarrollo

Para llevar a cabo este proyecto, cuyo objetivo es diseñar un sistema domótico seguro y accesible para el confort del usuario, se utilizó una metodología de investigación estructurada basada en dos ciclos: el ciclo de investigación y el ciclo de diseño.

El primer ciclo consistió en realizar una investigación exploratoria sobre los aspectos que conforman un sistema domótico, incluyendo sus elementos, funcionamiento y características. También se exploró la relación entre la domótica, la programación y las aplicaciones móviles. Además, se estudiaron aspectos relacionados con la seguridad del usuario, el confort, la comodidad y la accesibilidad. Se analizaron proyectos previos relacionados con sistemas domóticos controlados de forma remota u otros similares para evaluar sus ventajas y desventajas. Finalmente, se planteó una solución que permita alcanzar los objetivos establecidos.

En el ciclo de diseño, se utilizó la información recopilada durante la etapa de investigación para proponer un diseño accesible y adecuado. Se determinaron los componentes del sistema y se llevaron a cabo pruebas experimentales necesarias hasta llegar a una conclusión satisfactoria. El sistema domótico a diseñar se enfoca principalmente en los protocolos de comunicación y el intercambio de mensajes entre sus elementos.<sup>2</sup>

## Antecedentes

Muñoz<sup>3</sup> desarrolló un sistema de control domótico basado en un software de código abierto. El sistema integra diferentes sistemas y tecnologías de dispositivos de automatización del entorno. Garantiza un

nivel de automatismo que permite al usuario controlar o monitorear su entorno de forma fácil y segura y utiliza una plataforma de software/hardware basada en PHP, MySQL, JavaScript, HTML5, CSS3 y lenguaje basado en C++.

Velasco<sup>4</sup> realizó una investigación sobre la configuración de una red domótica utilizando una aplicación Android desarrollada en React Native. Se creó una aplicación móvil que permite al usuario acceder a los servidores web de los módulos sin necesidad de conocer las direcciones IP generadas por ellos.

Hay dos tipos de configuración para los módulos domóticos: el principal que maneja todo el sistema y el secundario que son los elementos de control y sensores domóticos. El sistema diseñado carece de niveles de seguridad.

Durán<sup>5</sup> diseñó una central domótica para la vivienda con el objetivo de ofrecer facilidad de manejo, eficacia, eficiencia y accesibilidad económica.

Utilizó una tarjeta Raspberry Pi como núcleo central del sistema, encargada del procesamiento, control y almacenamiento de datos, así como de ser el servidor web y alojar la base de datos. Se incluyó un módulo Wi-Fi ESP8266-01 para la comunicación y traslado de información a través del protocolo TCP/IP, además de agrega una capa de seguridad en el sistema.

Tudó<sup>6</sup> desarrolló un proyecto de control domótico remoto de vivienda mediante un smartphone Para lograr confort, seguridad y ahorro en el hogar desde un dispositivo móvil. El autor creó una aplicación de Android utilizando el software llamado AppInventor.

Es de destacar que la mayoría de los sistemas domóticos usan el módulo ESP8266 en sus diversas versiones ya que es altamente integrado: que combina un microcontrolador y una conexión Wi-Fi en un solo dispositivo.

Esto lo hace ideal para sistemas domóticos donde se requiere conectividad inalámbrica y es económico, lo que lo hace atractivo para

proyectos domóticos de bajo presupuesto.

## **Diseño del sistema domótico**

### **a. Hardware**

El diseño del sistema domótico incluye tres módulos Wi-Fi con chip ESP8266, un módulo de tarjeta SD para complementar la memoria del módulo Wi-Fi central, una fuente de alimentación de 3,3 V, LED, resistencias y pulsadores. Se utilizan LED en los pines de salida de los módulos Wi-Fi como una herramienta intuitiva que permite visualizar el encendido y apagado de los dispositivos configurados para funcionar en el sistema domótico, como televisores, luminarias, persianas, cafeteras, entre otros.

El desarrollo del hardware del sistema domótico del presente proyecto, no incluye la etapa de interconexión de la etapa digital y la etapa de potencia, para complementar el sistema propuesto, es necesario incluir circuitos de acoplamiento en los pines de salida de los módulos Wi-Fi.<sup>2,3,4,5,6</sup>

Estos circuitos permiten la interconexión entre la etapa digital y la etapa de potencia (120 V o 220 V en la vivienda) para crear un aislamiento eléctrico. Esto es importante para evitar riesgos de seguridad eléctrica y daños tanto en los dispositivos digitales, como en los módulos utilizados y en los usuarios. Además, es necesario realizar la conexión a los aparatos eléctricos del hogar, como luminarias, electrodomésticos, televisores, entre otros.

### **b. Software**

Para el desarrollo del sistema domótico, se utilizó el entorno de programación IDE de Arduino en conjunto con los módulos Wi-Fi ESP8266. Tanto el servidor central como los actuadores funcionan como servidores HTTP, en los cuales se alojaron páginas web desarrolladas en lenguaje de marcado de hipertexto (HTML). El diseño de estas páginas web se complementó con el uso de Cascade Style Sheets (CSS). Además, se incorporó el uso del lenguaje de programación JavaScript y se utilizó el framework de CSS de Front End llamado Bootstrap, que permite crear un diseño responsive. Por otra parte, se

realizó una mejora en la programación del dispositivo domótico central, para que funcione también como servidor websocket. Esto permite establecer una comunicación bidireccional entre los dispositivos y las aplicaciones conectadas. Además, el dispositivo utiliza la memoria EEPROM como una base de datos para la aplicación móvil y puede intercambiar mensajes con los actuadores a través del protocolo UDP.<sup>7</sup>

En cuanto al desarrollo de la aplicación móvil para smartphone, se utiliza el framework de código abierto llamado Ionic, el cual está desarrollado sobre AngularJS.<sup>8</sup>

Además, se utiliza un emulador de dispositivos móviles Android para probar y simular el funcionamiento de la aplicación.

### Modalidades

Se tiene previsto que el sistema domótico funcione en dos ambientes: uno en el que el usuario del sistema domótico mantiene la conexión a internet en su dispositivo móvil (redes sociales, navegación, aplicaciones, entre otros) (ver figura. 1), y otro en el que no existe dicha conexión (sitios remotos como cabañas o casas de campo).

En el ambiente con conexión a internet, el usuario puede conectar los elementos del sistema a la red local a través de un enrutador utilizando la red Wi-Fi. Por otro lado, en el ambiente sin conexión a internet, el usuario puede configurar los elementos del sistema domótico para conectarse a una red o punto de acceso proporcionado por el chip ESP8266.

### Interacción entre los elementos del sistema

El sistema consta de tres interacciones: cliente-servidor, servidor-actuador y cliente-actuador. En la interacción cliente-servidor, se realiza un intercambio de mensajes en formato JSON a través del protocolo de comunicación websocket por el puerto 81. En la interacción servidor-actuador, se realiza un intercambio de mensajes configurado con cadenas de texto separadas por barras, utilizando el protocolo UDP por el puerto



Figura. 1. Interconexión del sistema domótico en un ambiente con conexión a internet.

8888. En esta interacción, la dirección IP se utiliza para identificar el dispositivo. Por último, en la interacción cliente-actuador, se realiza un intercambio de mensajes de forma indirecta utilizando el servidor domótico como intermediario.

### Comunicación en el sistema domótico

La comunicación entre el servidor domótico y el actuador será constante e inicia cuando los dispositivos se encienden con una petición UDP del actuador al servidor. La comunicación se mantiene abierta ya que es el servidor quien enviará el mensaje correspondiente para permitir al actuador controlar el encendido y apagado de los dispositivos electrónicos de la vivienda.

La comunicación entre el usuario y la aplicación comienza cuando el usuario abre la aplicación en su smartphone. En la interfaz inicial, se muestra un campo de datos donde el usuario puede introducir una dirección IP, así como una breve descripción sobre la aplicación. Una vez que el usuario interactúa con la interfaz inicial y proporciona la dirección IP que identifica al servidor en la red domótica, la aplicación cambia la interfaz y muestra un símbolo de "espera" mientras procesa la IP y la almacena en la memoria caché.

La aplicación utiliza la dirección IP para establecer comunicación con el servidor domótico mediante el protocolo websocket. Inicia una solicitud websocket dirigida hacia

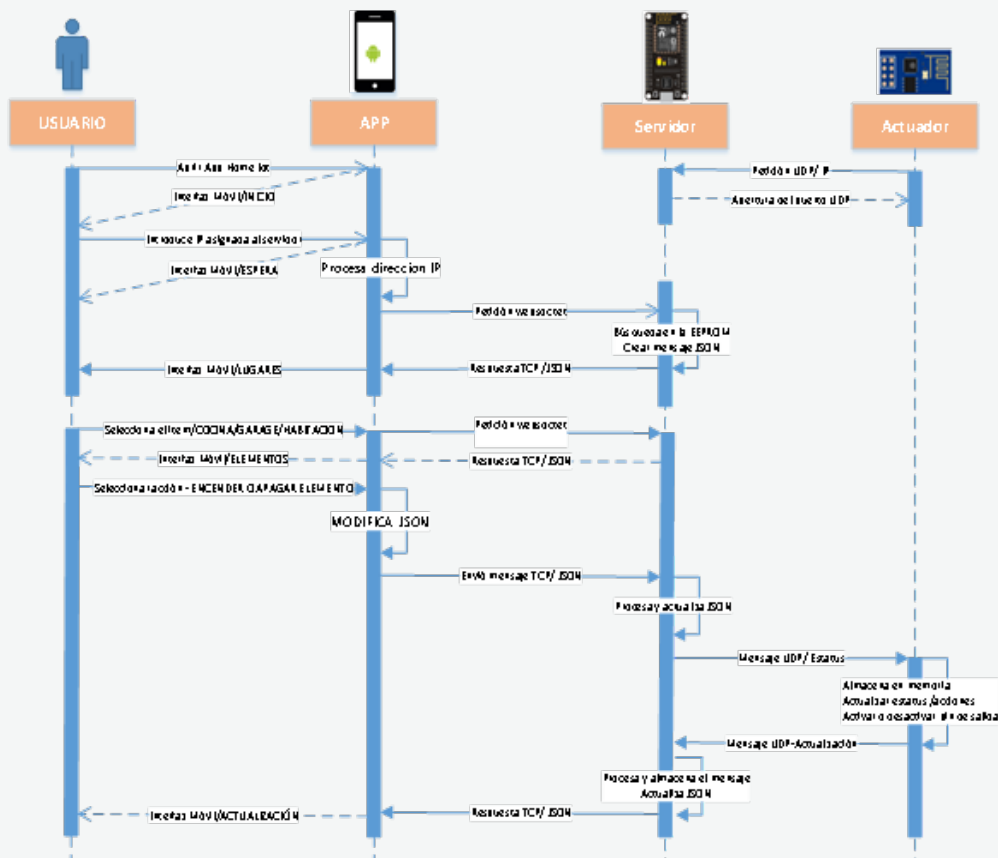


Figura. 2. Diagrama de secuencia de la comunicación entre los elementos del sistema domótico.

el servidor, y una vez aceptada, el servidor construye un mensaje en formato JSON que contiene datos almacenados internamente. Este mensaje se convierte en la respuesta TCP enviada desde el servidor hacia la aplicación.

El archivo JSON contiene información sobre los dispositivos configurados, su identificación, los elementos que se controlan dentro de la vivienda, los iconos, el estado, entre otros detalles. Al recibir el archivo JSON, la aplicación actualiza la interfaz para que los usuarios pueda visualizar los elementos de la vivienda (cocina, garaje, habitación, etc.) que podrán ser controlados.

A continuación, el usuario debe seleccionar en la interfaz descrita alguno de los ítems de la vivienda, inmediatamente, la aplicación envía una petición websocket al servidor, y éste, responde con el mensaje JSON nuevamente, con este archivo, la aplicación envía una nueva interfaz donde el usuario

puede observar los elementos configurados por cada ítem, por ejemplo, persiana, portón, luminaria, ventilador, etc. y su estatus (encendido o apagado).

La interfaz permite al usuario modificar el estatus, es decir, encender o apagar elementos de la vivienda. Para que esto suceda, la aplicación debe modificar el archivo JSON con el cambio de estatus del elemento seleccionado, luego, la aplicación retorna este mensaje por el canal abierto para comunicación websocket al servidor domótico, para que sea procesado y actualizado, en tal sentido, esta actualización es enviada con un mensaje único por el canal UDP, para que el actuador lo procese, almacene y cambie sus pines de salida.

El actuador, al modificar sus pines de salida, actualiza internamente el estado del mensaje recibido por UDP, con el fin de devolverlo al servidor como una actualización. Este mensaje permite al servidor cambiar el

estado en el mensaje JSON que devuelve como respuesta TCP a la aplicación, lo que a su vez genera una interfaz actualizada. (Para obtener más detalles, consulta la Figura 2).

### Desarrollo del sistema domótico

El sistema domótico es responsable de controlar los elementos de una vivienda mediante una aplicación móvil disponible para cualquier usuario con un smartphone. Este sistema consta de hardware y software. El hardware está compuesto principalmente por el servidor domótico, los actuadores y el teléfono inteligente. Durante el desarrollo de esta investigación, se enfocará principalmente en los protocolos de comunicación entre los dispositivos que conforman el hardware, a través del desarrollo del software, según corresponda en cada caso.

Además del hardware, el sistema incluye LEDs que permiten visualizar de manera intuitiva el estado de los elementos configurados en la vivienda, ya sea encendidos o apagados. Para mejorar el hardware del sistema, es necesario agregar circuitos de acoplamiento. Se debe realizar la conexión entre los pines de salida de los actuadores que alimentan los LEDs, lo que permitirá controlar el encendido y apagado real de los elementos de la vivienda que funcionan con corriente alterna.

El software del sistema fue desarrollado en dos etapas. La primera etapa corresponde al desarrollo de la aplicación móvil, mientras que la segunda etapa se enfoca en la creación de una interfaz de configuración tanto para el servidor domótico como para los actuadores.

### El servidor domótico

El servidor domótico está compuesto por un módulo Wi-Fi ESP8266 modelo ESP-12 NodeMCU y una tarjeta microSD. Se ha agregado al sistema domótico una memoria de 2 GB que permite almacenar bibliotecas y páginas web sin afectar el rendimiento del módulo Wi-Fi ESP8266. El ESP8266 cuenta con un microcontrolador de 32 bits que, a través de un firmware, puede ser

programado en el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino. Mediante las instrucciones que recibe el microcontrolador, puede recibir y proporcionar información. Además, cuenta con un chip diseñado para establecer conectividad con Internet, lo que permite que el usuario envíe información al microcontrolador y este pueda enviar información de respuesta al usuario o a otros microcontroladores. (Además, también tiene funcionalidad de actuador).

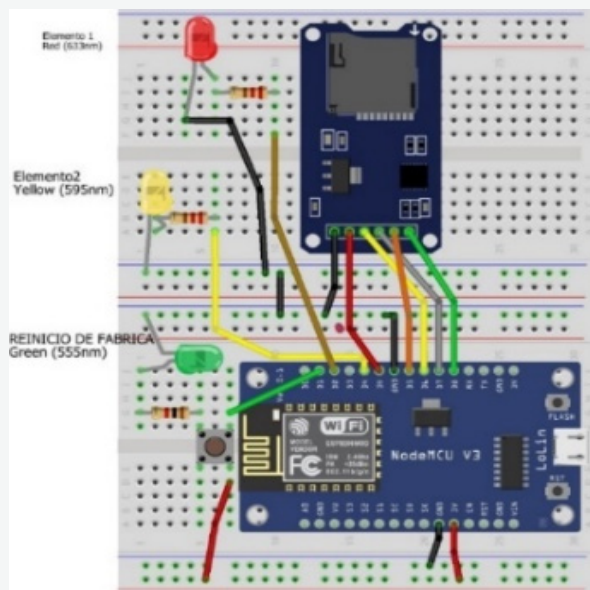


Figura. 3. Conexión en la protoboard del servidor domótico

### Actuadores

El sistema domótico cuenta con tres actuadores: uno interno, situado dentro del propio servidor, y dos independientes (aunque puede ser expandido muy fácilmente). Estos tres actuadores son responsables de encender y apagar los elementos dentro de la vivienda. Cada actuador puede controlar únicamente dos dispositivos electrónicos que estén ubicados en la misma zona de la vivienda.

El actuador interno del servidor funcionará de manera similar a los otros dos actuadores, con algunas diferencias en los procesos de comunicación y codificación. Además, los otros dos actuadores (como se muestra en la Figura. 4), cuentan con un arreglo pull-up con una resistencia R1 de 10 kΩ conectada a 3,3 V y un pulsador a tierra. Este pulsador tiene

una doble función: la primera es realizar el reinicio del microcontrolador ESP8266 modelo ESP-01, y la segunda es restablecer el módulo domótico a sus condiciones de fábrica. Los pines GPIO\_0 y GPIO\_2 son las salidas destinadas a controlar el encendido y apagado de los LED denominados "elemento 1" y "elemento 2".

De manera similar al servidor domótico, estos LED se utilizan como indicadores del estado de los dispositivos electrónicos dentro de la vivienda, como la iluminación o las persianas. Cambiarán su estado a encendido o apagado según las órdenes que el servidor domótico envíe al microcontrolador.

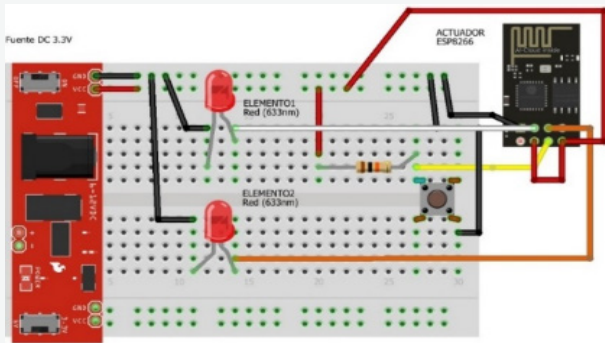


Figura. 4. Conexión a la protoboard del actuador

### Interfaz de configuración

La interfaz de configuración consta de una serie de páginas web alojadas en el servidor domótico. Esto permite al usuario configurar los elementos que se requieren controlar dentro de la vivienda, como la iluminación de una habitación, el portón del garaje o un ventilador en la sala de estar. La interfaz se divide en dos partes: la parte de diseño y animación, donde se utilizan las herramientas HTML, CSS, jQuery y Bootstrap, y la parte de almacenamiento de información e interacción con el servidor domótico, desarrollada con el entorno Arduino IDE.

Esta interfaz está conformada por una página de inicio de sesión, una página de error de datos y la página de configuración del servidor. La página de configuración del servidor tiene un menú desplegable que permite navegar hacia un escáner de redes, una página para cambiar las credenciales de inicio de sesión, y adicionalmente, muestra

la hora al usuario y un botón para cerrar sesión.

La página de inicio de sesión se muestra en la figura 5, es una presentación para el usuario que incluye un botón de inicio de sesión. Al hacer clic en este botón, se despliega la página mostrada en la figura 5(b), que es una página emergente con campos vacíos para introducir la información requerida para iniciar la sesión de configuración (consultar el diagrama de flujo de la figura 6). El usuario debe seleccionar la opción "Siguiente" para acceder a la página de configuración y comenzar el procesamiento de datos. En caso de que los datos sean incorrectos, se redirige al usuario a una página de error, donde tendrá la oportunidad de volver a intentar el inicio de sesión.



Figura 5. Página de Inicio de sesión del usuario: (a) Página al cargar la dirección. (b) Página para iniciar sesión.

En la página de configuración (Ver figura 7), el usuario deberá completar un formulario con la información requerida para el funcionamiento del sistema. Los campos vacíos solicitan las credenciales de la red con la que funcionará el sistema domótico, ya sea en una de las dos modalidades.

También se solicita la ubicación dentro de la vivienda del servidor domótico que se está configurando, la identificación de los elementos a controlar desde la aplicación y, por último, se incluye una configuración adicional para mejorar la seguridad. Esta

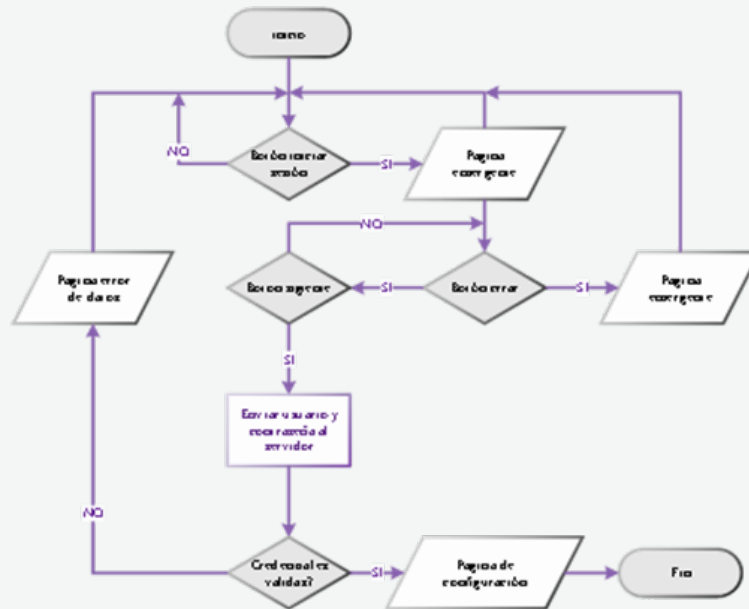


Figura. 6. Funcionamiento de la página de inicio de sesión

configuración permite al usuario cambiar el nombre del servidor domótico para modificar la dirección http con la que se accede. A la derecha de esta figura se describen las diferentes opciones de los campos diseñados para realizar la configuración del sistema.

Para la interfaz de configuración de los actuadores, se diseñó de la misma manera, pero exclusivamente se creó una sola página web para realizar la configuración debido a las limitaciones de memoria del modelo ESP-01.

### La aplicación móvil

El teléfono inteligente es una parte fundamental del sistema domótico, ya que es la herramienta que el usuario utiliza para tener el control total de los dispositivos electrónicos en la vivienda. Para poder utilizar el teléfono inteligente en el sistema, es necesario instalar la aplicación móvil desarrollada.

La aplicación móvil fue desarrollada utilizando el framework de Ionic, lo que permite obtener una aplicación en formato APK, que se puede instalar en un smartphone. Esta aplicación consta de tres pantallas: la página de inicio, donde se puede configurar la comunicación con

el servidor domótico mediante la dirección IP; la página de control, que muestra tres iconos que representan los lugares donde se han configurado actuadores (cocina, garaje, habitación); y la página de elementos, que muestra información específica según el ítem que se seleccione.

En el proceso de desarrollo de la aplicación, se ha centrado principalmente en el uso del protocolo de comunicación por websocket y en el proceso de verificación y procesamiento de los datos provenientes del servidor domótico.

La aplicación móvil se desarrolló utilizando una plantilla basada en Ionic, que se compila en el puerto 8100 y muestra la pantalla de inicio como se observa en la Figura. 8 (a). En esta pantalla, se muestra el logotipo HOME IOT. El nombre fue inspirado en el propósito de la aplicación, que es el hogar (HOME en inglés), y las siglas IOT, que significan Internet de las Cosas (Internet of Things en inglés). Estas siglas se utilizan debido a que el sistema se basa en la idea de la interconexión a través de Internet. Además, la palabra "DEMO" en la parte inferior indica que es una versión creada para evaluación y pruebas.

Luego, hay un mensaje de bienvenida que proporciona una breve descripción sobre





Figura. 7 Página de configuración del servidor domótico.

la aplicación móvil. También hay un campo donde se le solicita al usuario que ingrese la dirección IP del servidor domótico y se indica cómo se espera recibir esta información.

Cuando el usuario ingresa la dirección IP (que obtiene durante el proceso de configuración del sistema), debe seleccionar la opción "siguiente".

En este punto, la aplicación activa una función llamada "presentLoading()", que muestra una ventana emergente que indica al usuario que "espere por favor" durante 5 segundos (Ver Figura. 8 (b)).

Durante este tiempo, se asigna el valor de la IP ingresada en el campo de datos de la página de inicio a una variable llamada "Name".

Después de esto, la aplicación intenta establecer la comunicación websocket con el servidor domótico utilizando la función "OpenWebsocket(Name)".

Si logra establecer la comunicación, procesa el mensaje JSON recibido del servidor con la función "Process\_json()" para construir y mostrar al usuario la pantalla de control. En caso de que no se pueda establecer la comunicación, la aplicación vuelve a la página de inicio.



Figura. 8 (a) Página de Inicio de la aplicación móvil (b) Página de inicio con función de espera.

La pantalla de control (Ver Figura 9 (a)) cuenta con iconos y etiquetas que representan los lugares configurados en el sistema domótico para el usuario. En la figura, la cocina se representa con un icono de una taza de café, la habitación con un icono de una cama y el garaje con un icono de un auto. Este diseño proporciona una interfaz elegante, sencilla e intuitiva. Al seleccionar una de las opciones, por ejemplo, el garaje, se muestra la pantalla que se muestra en la Figura 9 (b), donde el usuario puede controlar el encendido y apagado de los elementos mediante un botón de interruptor que inicialmente estará en el estado OFF.



Figura. 9 (a) Pantalla de control. (b) Pantalla de elementos de ubicación garaje.

## RESULTADOS

### Configuración del servidor domótico

Para conectarse a la página de configuración del servidor domótico, el usuario debe conectarse al punto de acceso generado por el servidor domótico llamado NodemcuDA:54 e introducir la clave de acceso "12345678". Una vez establecida la conexión con el dispositivo utilizado, ya sea una computadora o un teléfono inteligente, el usuario deberá ingresar a través del navegador utilizando el nombre mDNS (<https://homeiot/>) o la IP por defecto (<https://192.168.4.1/>). En dicha página se solicitará el inicio de sesión del usuario, donde deberá introducir las credenciales de seguridad.

Al completar la etapa de seguridad, es necesario rellenar los campos vacíos de la página de configuración del servidor domótico con los ítems establecidos para la modalidad de conectividad a Internet. Para utilizar el sistema domótico en modalidad sin conectividad a Internet, es necesario llenar todos los campos excepto el nombre de la red y la contraseña, dejando esos campos vacíos. De esta manera, el servidor domótico mantendrá encendido su punto de acceso.

### Página de cambiar datos de iniciar sesión

El usuario aumenta un nivel de seguridad al tener la opción de cambiar el usuario y la contraseña de inicio de sesión a su disposición. La única restricción es que

debe introducir un máximo de 15 caracteres. Esta opción es voluntaria y no es obligatoria para la configuración del sistema.

### Página escáner de redes

La página para escanear las redes es una opción que permite al usuario detectar las redes Wi-Fi cercanas. Esto le permite visualizar si el servidor domótico tiene el alcance suficiente para conectarse a la red local de la vivienda.

### Configuración de los actuadores

El proceso de configuración de los actuadores es similar al del servidor domótico. Primero, se debe detectar el punto de acceso generado por el actuador, que puede ser, por ejemplo, Nodemcu E3:47. Todos los dispositivos tendrán la misma clave de acceso, pero el nombre tendrá un número hexadecimal diferente al final para diferenciar los distintos actuadores. Una vez establecida la conexión con el punto de acceso del actuador, el usuario debe ingresar al enlace <https://192.198.4.1/index.html> o <https://esp8266/index.html> a través del navegador. En esta página se solicitará la configuración, la cual debe ser completada en los campos correspondientes.

Al igual que la interfaz para configuración del servidor domótico, el actuador tiene la página de carga y una página de guardado exitoso. Este proceso se debe realizar para un máximo de 4 actuadores con dos salidas de control, para luego iniciar la aplicación móvil.

### La aplicación móvil

Para utilizar el sistema domótico, es necesario configurar la aplicación móvil desarrollada. Para ello, es necesario instalar el archivo .APK en el smartphone, al igual que cualquier otra aplicación que se descarga desde la Play Store. Una vez instalada, se podrá acceder a la aplicación HOMEIOT a través del icono en el smartphone. Desde allí, el usuario podrá manipular y controlar el sistema de forma intuitiva. Se debe configurar la aplicación con la IP del servidor domótico, para lograr acceso a la información de los actuadores.

**Tabla 1. Presupuesto de los componentes del sistema**

Componente	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Módulo Wi-Fi ESP8266 modelo NodeMCU	1	5,22	5,22
Módulo Wi-Fi ESP8266 modelo ESP01	2	3,21	6,42
Módulo tarjeta SD	1	1,88	1,88
Módulo de alimentación 3.3V/5V	3	0,70	2,1
Alimentación de 110 AC/9 VDC	3	4,87	14,61
LED	7	0,08	0,56
Resistencias	11	0,03	0,33
Optoacoplador MOC3021	3	1,00	3,00
TRIAC BTA16-600B	3	0,74	2,22
Pulsador	3	0,65	1,95
Placa de circuito impreso para el servidor domótico (10x10) cm	1	1,00	1,00
Placa de circuito impreso para los actuadores (10x5) cm	1	1,00	2,00
Caja plástica negra	3	1,00	3,00
<b>Costo total de los componentes</b>			<b>44,29</b>

### Presupuesto del sistema

En la siguiente tabla se expresa el costo final para la implementación del prototipo expresado en dólares, para instalar en tres

zonas dentro de la vivienda y que controle dos elementos por zona, es decir, seis elementos del hogar.

### Conclusiones

Con el avance de esta investigación, se ha diseñado un sistema domótico de bajo costo controlado por una aplicación para smartphone. Este sistema permite la manipulación de elementos dentro de una vivienda. Para el diseño, se han utilizado diversas tecnologías que han permitido implementar protocolos de comunicación basados en la interacción cliente-servidor. Además, se ha aplicado el conocimiento adquirido en cursos previos sobre el desarrollo de aplicaciones híbridas en el framework Ionic. Por último, se ha utilizado el desarrollo de páginas web interactivas utilizando HTML, CSS y librerías como Bootstrap y jQuery para configurar los dispositivos del sistema.

La aplicación móvil, el servidor domótico y los actuadores son los protagonistas de este

sistema. Estos permitieron el intercambio rápido y efectivo de información, utilizando el servidor domótico como servidor principal de websocket, UDP y HTTP, mientras que la aplicación móvil y los actuadores funcionan como clientes. Sin embargo, durante las pruebas de uso de la aplicación móvil en el smartphone, se encontró un problema con la comunicación por websocket debido a los protocolos de seguridad del sistema Android. La aplicación se detectó como no segura debido a que el servidor domótico (modelo ESP8266 NodeMCU) no proporciona protocolo HTTPS. Como solución, se obtuvieron los resultados a través del compilador para aplicaciones de Ionic.

Los aportes más considerables de esta investigación son:

⊕ Se ha diseñado un sistema domótico compuesto por dispositivos que pueden comunicarse entre sí, lo que proporciona comodidad al usuario. El sistema domótico es seguro y accesible, ya que la aplicación móvil cuenta con dos modalidades de uso: con conectividad a internet y sin conectividad. Además, el diseño del sistema incluye un primer nivel de seguridad para acceder a los puntos de acceso de los actuadores, y un segundo nivel de seguridad para acceder a la interfaz de configuración del servidor domótico.

⊕ Se ha desarrollado una interfaz web de configuración de dispositivos que es intuitiva y fácil de entender para el usuario. Esto permite que cualquier persona, incluso sin conocimientos previos, pueda configurar los dispositivos del sistema. La interfaz cuenta con un diseño responsive, lo que significa que se adapta a cualquier dispositivo con un navegador de internet. Esto garantiza una experiencia de usuario óptima en diferentes dispositivos, ya sea en una computadora de escritorio, una tableta o un teléfono móvil.

⊕ Se ha desarrollado un protocolo de comunicación asíncrono basado en UDP y websocket. Se implementó con éxito el envío de mensajes en formato JSON, lo cual permite manipular y procesar los datos de manera simple y sencilla tanto en el cliente como en el servidor. Para el protocolo UDP, debido a las limitaciones de los módulos Wi-Fi utilizados, no es posible enviar mensajes extensos. Por esta razón, se estableció un formato de mensaje en forma de cadena de texto con datos separados por barras. Esto permite enviar mensajes cortos, pero con la información requerida.

⊕ Se ha desarrollado una aplicación móvil híbrida utilizando el framework Ionic y el lenguaje de programación TypeScript. Esta aplicación es capaz de controlar los actuadores del sistema domótico.

⊕ Se ha codificado el servidor domótico y los actuadores para que funcionen como una base de datos simple. La información se almacena en memoria no volátil (EEPROM), lo que garantiza que los datos de configuración permanezcan en el sistema incluso después de reinicios o fallas de energía eléctrica.

⊕ Se ha realizado un presupuesto para el prototipo del sistema domótico. Se estima que el costo total de los componentes, incluyendo el circuito de acoplamiento, es de 44.29 \$. Además, se ha realizado un presupuesto por servidor domótico con un valor de 17.45\$ y por actuador con un valor de 13.42 \$.

## Referencias

- 1.- Tzuc, O. M., Quijano Cetina, R., & Fernández, F. (28 de mayo de 2015). Sistema domótico de control de luces mediante una aplicación Android basado en una tarjeta Raspberry-Pi. [tesis de grado] Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán. doi:10.13140/RG.2.1.1315.2087.

- 2.- Rojas Méndez MA. Diseño de un sistema domótico de bajo costo controlado mediante una aplicación para smartphone [tesis de grado]. Mérida: Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. 2022. 94p.
- 3.- Muñoz Mórales GA. Servidor de control domótico [tesis de grado]. Mérida: Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. 2020. 98p.
- 4.- Velasco Rondón LF. Interfaz de usuario en dispositivos domóticos [tesis de grado]. Mérida: Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes; 2019. 54p.
- 5.- Duran Méndez AJ. Central domótica usando Raspberry [tesis de grado], Mérida: Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes, 2021. 126p.
- 6.- Tudó, BA. (2013). Control domótico remoto de vivienda. [tesis de grado] Gandía, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 50p. disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/28786/memoria.pdf?sequence=1>.
- 7.- C. López Jurado, Cuál es la diferencia entre los protocolos TCP y UDP. CCM, 27 Julio 2020. [En línea]. disponible en: <https://es.ccm.net/faq/1559-cual-es-la-diferencia-entre-los-protocolos-tcp-y-udp.b>.
- 8.- Alcalá Bustos JC. Genionic: automatización del desarrollo de aplicaciones móviles con el framework híbrido Ionic a partir de modelos ISML [tesis de grado]. Facultad De Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana. 2017. 59p. disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/39890>.

# MATERIALES DIDÁCTICOS EN MULTIMEDIA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE PROMOTORES EN LA DONACIÓN DE SANGRE VOLUNTARIA

## MULTIMEDIA DIDACTIC MATERIALS FOR UPDATE OF PROMOTERS IN VOLUNTARY BLOOD DONATION

**Bertha Unise Estupiñan Sua.**

Instituto Venezolano de los Seguros Sociales; Mérida -5101-Venezuela  
rsua@gmail.com

**Recibido:** 25-07-2023

**Aceptado:** 18-11-2023

### RESUMEN

EL objetivo de la investigación fue elaborar materiales didácticos en multimedia para la actualización de promotores en la donación de sangre voluntaria en el centro de salud Instituto venezolano del Seguro Social sede Mérida, el estudio se sustentó en el enfoque cuantitativo, como investigación de campo de carácter descriptivo y se enmarcó en la modalidad de proyecto especial. La muestra estuvo conformada por quince (15) profesionales del banco de sangre, considerándose como muestra censal. La técnica utilizada para recoger la información (la encuesta) y el instrumento (cuestionario). Conclusión: se demuestran debilidades en los profesionales de salud para promocionar la donación voluntaria de sangre, situación que condujo a elaborar un material didáctico en multimedia (video instruccional), con la finalidad de atender de manera efectiva la problemática identificada, considerando, que es fundamental transformar e innovar en el desarrollo de métodos, técnicas y estrategias para ejecutar las mismas, con el propósito de optimizar el proceso de la promoción voluntaria de sangre en el contexto de la comunidad de tal manera que sean donantes voluntarios repetitivos.

**Palabras clave:** promoción, donación, sangre, actualización, materiales didácticos.

### ABSTRACT

The objective of the research was to develop the multimedia didactic materials for the promotion voluntary of blood donation at the Venezuelan Social Insurance Institute (IVSS) in Mérida. The study was based on the quantitative approach, field research, descriptive character, and was framed in special project modality. The sample was of fifteen blood bank professionals, it is a census sample, and the technique to collect the information was the survey and the instrument the questionnaire. Conclusion: the blood bank professionals presented weaknesses to promote voluntary blood donation, situation that led to the development of multimedia didactic materials (instructional video), with the purpose in order effectively the identified problem, it is essential to transform and innovate in the development of methods, techniques and strategies to execute them, with the purpose of optimizing the process for the promotion voluntary blood un the community and they are voluntary and repetitive donors.

**Key words:** promotion, donation, blood, update, didactic materials.

**Bertha Unise Estupiñan Sua:** MSc en Innovaciones Educativas (Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), MSc en Informática y Diseño Instruccional, Universidad de los Andes (ULA) Licenciada en Enfermería (ULA), Especialista en Hemoterapia del Instituto Autónomo “Hospital Universitario de los Andes” (IAHULA).

## INTRODUCCIÓN

Las metodologías de enseñanza y aprendizaje han sido creadas con el apoyo de materiales didácticos y tecnológicos siendo accesible para su uso y dependerá del docente en involucrar lo novedoso en ese contexto del proceso de la enseñanza y el aprendizaje, dando la oportunidad de compartirlos y ser aprovechados por individuos interesados en actualizar contenidos para su formación académica y profesional. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO,<sup>1</sup> resalta “la urgencia de adecuar la educación a los cambios que vive la sociedad en el conocimiento, la tecnología, la información, los nuevos lenguajes la comunicación y la investigación” (p. 11). Es pertinente actualizar los profesionales del Banco de sangre, y formar promotores en la donación de sangre voluntaria (DSV).

En este orden de ideas, se centra en una serie de fases formativas dirigidas personal especializado del banco de sangre, hacia la obtención de conocimientos novedosos con el objeto de fortalecer los mismos y ser competentes en la promoción de donar sangre de forma voluntaria. Así los contenidos contribuye a transformar la actitud del personal del banco de sangre y ser más eficiente en su praxis diaria y competente como promotor de la DSV, por lo tanto, la actualización del personal de salud permite desarrollar y optimizar las competencias con un sólido fundamento teórico de calidad en los bancos de sangre y garantizar que la oferta supere la demanda en cuanto a las necesidades transfusionales y una disponibilidad de componentes sanguíneos que permitan dar respuesta a las diferentes necesidades de los usuarios

La Organización Panamericana de la Salud (OPS),<sup>2</sup> puntualiza en los estados miembros a la necesidad de promocionar el desarrollo de programas de sangre para la donación voluntaria, altruista y repetida de sangre, lo cual demuestran ser los indicadores del desarrollo humano de la población y garantía en la administración de productos sanguíneos de óptima calidad y seguridad transfusional.

En este sentido, la DSV, dista de ser percibida de forma optimista en las instituciones hospitalarias, pues la asistencia de donantes voluntarios de forma espontánea es deficiente e insuficiente para cubrir la demanda de sangre en pacientes que lo requiere, por lo tanto, la actualización de profesionales del banco de sangre para la promoción de la DSV, es una necesidad para corregir la oferta y la demanda de los componentes sanguíneos de forma óptima, en la actualidad no se llega al 1.5%, y según lo sugiere la Organización Mundial de la Salud debería ser el 5%, por lo tanto, lo demuestra el registro anual que se lleva en cada banco de sangre del Estado Mérida y del país siendo un abastecimiento deficiente de sangre.

Así mismo, en el estado Mérida, según informe presentado por Corporación de Salud del estado Mérida en el 2018,<sup>3</sup> la red ambulatoria del estado no están recibiendo los cursos de actualización profesional orientados a la DSV, se comprobó que las donaciones son por reposición o dirigidas y un último porcentaje representado por donantes voluntarios, es decir de 9.850 donantes de sangre atendidos en el Instituto Autónomo “Hospital Universitario de los Andes” solo 147 fueron donantes voluntarios, tomando como referencia el centro de salud más importante y grande de la región, esta cifra es insuficiente para garantizar la disponibilidad de componentes sanguíneos y dar respuesta a todas las solicitudes de transfusión.

Por otro lado, en el Instituto Venezolano de los Seguros Sociales (IVSS) sede Mérida el servicio de Banco de sangre refleja similares condiciones relacionados con la donación voluntaria de sangre, desde enero a junio del 2020 asistieron como donantes voluntarios 9 personas lo que representa el 1.2%, de un total 830 personas que donaron para reponer sangre utilizada en algún familiar, estas cifras son alarmantes para la promoción de la DSV. En este orden de ideas, la información aportada por la estadística mensual del servicio del banco de sangre del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales año 2020, resalta un accionar negativo de la donación de sangre voluntaria.

La problemática planteada es generada por las siguientes causas: escaso material formativo necesario para la promoción de la (DSV) como son los materiales didácticos en multimedia, escasa actualización de los profesionales del banco de sangre sobre aspectos vanguardista del quehacer de los bancos de sangre, escasa motivación para la realización de eventos en grupos para fomentar la donación de sangre voluntaria en las diferentes comunidades de la ciudad de Mérida, disminuida participación de los medios de comunicación para incentivar en la comunidad la donación de sangre voluntaria a través de la radio, televisión y redes sociales, limitación del personal especializado para ser guía y facilitador de la enseñanza de la promoción de la donación de sangre voluntaria.

Por otra parte, las causales expuestas generan las siguientes consecuencias: cada centro de salud aplica sus propias pautas para captar donantes, cuyo resultado es inoperante, deficiencia en la asistencia de los donantes voluntarios a cada banco de sangre, ausencia de promotores formalmente actualizados en la DSV, limitado desarrollo de actividades formativas de fomento DSV en las escuelas, universidades, comunidad y una debilidad instructiva en los profesionales que optimicen la promoción de la DSV.

En atención a lo anteriormente expuesto se plantean las siguientes interrogantes: ¿Qué necesidad formativa presenta el personal del banco de sangre de la institución hospitalaria en estudio para actualizarlos como promotores en la donación de sangre voluntaria?, ¿Cuáles aspectos teóricos relacionados con el diseño de materiales didácticos en multimedia son fundamentales desarrollar para garantizar la actualización de promotores en la donación de sangre voluntaria en la institución de salud en estudio?, ¿Cómo será la estructura de los elementos formativos presente en los materiales didácticos en multimedia que permita la actualización de promotores de la donación de sangre voluntaria en el personal adscrito al contexto en estudio?.

¿Cuál sería el resultado de la elaboración de materiales didácticos en multimedia para la

actualización de promotores de la donación de sangre voluntaria en centro hospitalario Instituto venezolano de los seguros sociales sede Mérida? Las interrogantes anteriormente expuestas, contribuyen con el propósito del estudio y está en elaborar materiales didácticos multimedia con el objeto de emplearlos en la actualización del personal de la institución hospitalaria del Seguro Social sede Mérida.

## **Objetivos de la Investigación**

**Objetivo General:** Elaborar materiales didácticos en multimedia para la actualización de promotores en la donación de sangre voluntaria en el centro de salud Instituto venezolano del Seguro Social sede Mérida, ubicado en el municipio Libertador del estado Mérida

## **Objetivos Específicos**

Diagnosticar la necesidad de la elaboración de materiales didácticos en multimedia para la actualización del personal del banco de sangre de la institución hospitalaria en estudio como promotores en la donación de sangre voluntaria.

Caracterizar los aspectos teóricos relacionados con los materiales didácticos multimedia esenciales para la actualización del personal del banco de sangre perteneciente a la institución de salud en estudio.

Describir los elementos formativos estructurales de los materiales didácticos en multimedia que permita la actualización de promotores de la donación de sangre voluntaria en el personal adscrito al contexto en estudio.

Consolidar la elaboración de materiales didácticos en multimedia para la actualización del Personal del banco de sangre del Instituto Venezolano del Seguro Social sede Mérida como promotores en la donación de sangre voluntaria.

**Materiales educativos multimedia para la actualización de los promotores en la donación de sangre voluntaria**



Los materiales educativos multimedia tienen una característica particular, es decir, deben ser eficaces que permiten el logro de los objetivos para los cuales fueron diseñados para la enseñanza y el aprendizaje en el proceso educativo. Parafraseando lo dicho por Chunga.<sup>4</sup> Las características atribuidas a estos materiales es la flexibilidad, cuyo contenido temático es discutible por diferentes opiniones resultando ser funcional para el estudiante al adaptarlo a los diferentes formatos de acuerdo a sus posibilidades o accesibilidad para el contenido, estos materiales son Multidimensionales integrando lo novedoso y lo creativo tanto para el experto en contenido como el que recibe el material con sentido educativo permitiendo construir su propio conocimiento con sentido crítico e innovador.

Además, esta información es dinámica permite opciones para modificarla e interactuar con la misma con diferentes personas independientemente del tiempo y del espacio. los materiales digitales son multimedia, puntualizando que estos hacen usos de recursos como imágenes, videos, fotografías, sonidos y animaciones, todo ello conformados por contenidos temáticos para el aporte del aprendizaje con la característica peculiar de ser interactiva y motivante y permite favorecer las actividades por parte del estudiante y estas a su vez ser compartidas con el facilitador y resto del equipo de aprendices, lo cual permite la retroalimentación y representa la evaluación continua por parte del docente y si esta amerita realizar algún cambio para lograr el objetivo en cuanto al aprendizaje.

### **Actualización de promotores en la donación de sangre voluntaria**

La actualización de saberes también llamada capacitación del personal para el caso de la investigación hace referencia al personal de salud que labora en los bancos de sangre de las instituciones hospitalarias, por tanto, es un proceso a través del cual el personal especializado en el área de la salud (banco de sangre), adquiere nuevas destrezas y conocimientos que promueven, fundamentalmente un cambio de actitud

en el quehacer laboral. En este proceso estimula la reflexión sobre la realidad y evalúa la potencialidad creativa, con el propósito de modificar esta realidad hacia la búsqueda de condiciones que permiten mejorar el desempeño laboral, al respecto Millán,<sup>5</sup> define:

La capacitación del personal de salud como aquellos espacios de trabajo hospitalario que permiten a dichos profesionales recuperar sus saberes y prácticas, ponerse en contacto con los de otros y conocer o reconocer nuevos aspectos de la práctica médica con lo cual estos especialistas en salud están en posibilidades de desarrollar más eficazmente su labor (p.45).

De igual manera, Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS),<sup>6</sup> plantea la necesidad de formación y capacitación del personal adscrito a este Ministerio, con el fin de abordar las exigencias, retos e innovaciones de la sociedad venezolana, partiendo de la idea de que la salud en cualquier lugar del universo debe responder a los cambios sociales. Al respecto el MPPS (ob. cit.), propone al personal profesional de carácter de salud el desarrollo de contenidos globalizados para lograr la salud integral del individuo.

### **Método y materiales**

El estudio se enmarcó en el enfoque cuantitativo, de campo, de carácter descriptivo, bajo la modalidad del Proyecto Especial, se describe en forma específica las características inherentes a la investigación, se registró, se analizó, se determinó e identificó un significado a la variable de esta investigación y se evidencia que es univariable, por la que se plantea la elaboración de materiales didácticos en multimedia para la actualización de los promotores de la donación de sangre voluntaria, según Hurtado de Barrera<sup>7</sup>, afirma lo siguiente “Los diseños univariables constituyen la posibilidad de concentrar la atención en procesos muy específicos” (p. 730).

Lo cual corresponde con la elaboración

de materiales didácticos en multimedia para la actualización de la promoción de la donación de sangre voluntaria (DSV), se elaboró un video instruccional contentivo de material referente a la misma.

En este orden de ideas, Hernández et al,<sup>8</sup> expresan “los estudios descriptivos consisten en describir situaciones y eventos. Es decir, cómo se manifiesta cada fenómeno. Los estudios descriptivos buscan especificar propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p. 60). Por lo tanto se describe la situación de la donación de sangre voluntaria y su real promoción y necesidad de ser actualizada en los profesionales del banco de sangre.

En el diseño de campo, la información se obtuvo en forma directa del personal de salud que trabaja en el banco de sangre de la institución en estudio, los datos fueron recolectados en el sitio donde se presenta la problemática. Según Arias<sup>9</sup>: “Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (...)” (p. 31).

Lo que permite describir el comportamiento e interpretar la realidad evidenciada de acuerdo a los datos aportados por la muestra en estudio. Finalmente, se enmarcó en la modalidad de proyecto especial, estos son reconocidos como una modalidad de investigación en el Manual de trabajos de grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL,<sup>10</sup> definidos como:

Trabajos que lleven a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados, o respondan a las necesidades e intereses de tipo cultural. Se incluyen en esta categoría los trabajos de elaboración de libros de texto y materiales de apoyo educativo, el desarrollo de software, prototipos y de productos tecnológicos en general, así como la creación literaria y artística (p. 22).

En este sentido, los proyectos especiales buscan resolver un problema práctico con la finalidad de satisfacer una necesidad orientada a la creación de conocimientos, en esta oportunidad se apoyó en esta modalidad al dejar de forma tangible los materiales didácticos en multimedia, permitiendo el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) como un elemento novedoso para la actualización de saberes que innovan en el personal del banco de sangre de la institución en estudio y de tal forma prepararse para ser promotores efectivos en la donación de sangre voluntaria a través de un video instruccional contentivo de contenidos y material multimedia.

### **Fases de la Investigación**

**Describir la necesidad:** se realizó un diagnóstico mediante la aplicación de un instrumento de recolección de información aplicado a la muestra seleccionada y responde a necesidad de la construcción de materiales didácticos en multimedia para la actualización del personal de salud adscrito a la institución estudio para ser promotores efectivos de la donación de sangre voluntaria (DSV).

**Fundamentación teórica:** constituye un marco referencial de mayor especificidad referente al prototipo para elaborar el material didáctico multimedia (video instruccional) con el contenido teórico-práctico para promocionar la DSV.

**Descripción de la metodología utilizada:** elementos metodológicos que conforman el material didáctico en multimedia se describen los pasos relacionados y necesarios del diseño del prototipo, descripción teórica, público a quién está dirigido el material didáctico multimedia (video instruccional) y propuesta que conlleve a solucionar el problema, se describe la metodología en la que se sustenta el material didáctico multimedia (planificación y diseño, producción, uso y evaluación) y modelo instruccional ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación).

**Resultado concreto:** constituye la elaboración del material didáctico para la

actualización del personal de la institución en estudio en relación con ser promotor de la donación voluntaria de sangre: presentación, fundamentación teórica del video instruccional, modelo ADDIE, perfil del talento humano, contenido, diseño gráfico, interfaz, Guión instruccional o storyboard para la actualización de la DSV.

### **Población y Muestra**

Para las implicaciones de esta investigación, se establece los sujetos objeto de estudio donde se ha producido la situación, según Palella y Martins,<sup>11</sup> define la población, “el conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se va generar conclusiones” (p.115). Por consiguiente, la selección de la población en esta investigación estuvo conformada por 15 profesionales del banco de sangre del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales (IVSS) sede Mérida.

La muestra de los profesionales de salud en estudio es pequeña y se seleccionó toda la población con la finalidad de lograr resultados más precisos. Al respecto, Hurtado y Garrido,<sup>12</sup> señalan “Si la población es pequeña se puede estudiar su totalidad” (p. 8), ello justifica la utilización de un estudio censal, toda la población de estudio conformó la muestra.

### **Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Las técnicas son los medios utilizados para el procesamiento de recolección de datos, así lo define Bernal<sup>13</sup> "... un aspecto muy importante en el proceso de una investigación es el que tiene relación con la obtención de la información, pues de ello depende la confiabilidad y validez del estudio" (p. 74).

Con la finalidad de obtener esa información precisa sobre la necesidad de elaborar materiales didácticos multimedia para la actualización de los profesionales de la salud pertenecientes al banco de sangre de la institución en estudio para ser promotores efectivos de la DSV, se utilizó la encuesta como técnica, para la recolección de datos.

Según Castañeda,<sup>14</sup> define “consiste en diseñar un cuestionario de preguntas como instrumento de registro de opiniones” (p. 75), y para recoger la información se diseñó un cuestionario (instrumento), es definido por Bisquerra,<sup>15</sup> como “un conjunto más o menos amplio de preguntas y cuestiones que se consideran relevantes para el rasgo, característica o variables que son objeto de estudio” (p. 81).

En este sentido, el cuestionario se elaboró con un cuerpo de veintidós (22) ítems dirigido a la muestra en estudio, y con dos alternativas de respuestas. La información que aportaron los encuestados fue específica para el presente estudio y los resultados obtenidos sirvieron para la redacción de las conclusiones del diagnóstico.

### **Validez**

El cuestionario, fue sometido a validez de contenido. Según Bisquerra,<sup>15</sup> “determina el grado en que los ítems son una muestra representativa de todo el contenido a medir” (p. 91), la validez estuvo centrada en evaluar el dominio específico del contenido, a la comparación de criterios y a la relevancia teórica entre los conceptos, este procedimiento se hizo a través de juicio de expertos para ello se consultaran profesionales ligados a trabajos de investigación en el campo educativo con la finalidad de determinar si los ítems del instrumento median los aspectos que se aspiran medir en correspondencia con los objetivos de la investigación.

Luego se aplicó el Coeficiente de proporción de rango (CPR), según, Hernández<sup>16</sup>, define como: “El algoritmo que permite calcular la validez de contenido de cada ítem, la validez de contenido de todo instrumento y el nivel de concordancia entre jueces que validaron la prueba” (p. 3).

En este sentido, es importante señalar que el cálculo del Coeficiente de Proporción de Rango dio un resultado (0,9458), para el cuestionario aplicado a la muestra en estudio cuyo valor indica que la prueba presente tiene una excelente validez y concordancia. Confiabilidad La confiabilidad hace mención

a la consistencia de los resultados. Al respecto, Hurtado,<sup>17</sup> señala la confiabilidad “Se refiere al grado con que la aplicación repetitiva del instrumento a las mismas unidades de estudio, en idénticas condiciones produce iguales resultados, dando por hecho que el evento medido no ha cambiado. La confiabilidad se refiere a la exactitud de la medición” (p. 420).

Por tanto, para obtener la confiabilidad de los instrumentos se procedió a realizar una prueba piloto, el cual fue aplicada a un grupo de profesionales del banco de sangre de otra institución hospitalaria de la ciudad de Mérida con características similares con la población en estudio y ajenos de la misma, (10) diez profesionales.

En concordancia con lo expresado por Hernández et al,<sup>8</sup> señalan: “En esta prueba se analizan sin las instrucciones se comprenden y si los ítems funcionan adecuadamente” (p. 426). En este sentido Hernández et al,<sup>8</sup> señala: Requiere una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre 0 y 1.

Así pues, El coeficiente KR20 de Kuder-Richardson es usado para medir la consistencia interna de escalas de ítems dicotómicos, y el resultado de la confiabilidad aplicada a la prueba piloto obtuvo un Coeficiente Kr (20) de (0,89) el cual se interpreta como un instrumento de alta confiabilidad.

**Cuadro 1:** Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Medios didácticos Indicador: Medios educativos y Materiales didácticos o educativos.

N°	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
01	Considera procedente que los profesionales del banco de sangre, se actualicen en la promoción de la donación de sangre voluntaria empleando para ello medios didácticos novedosos como la TIC.	F	13	2
		%	86,67	13,33
02	Resalta en su actividad de salud como importante la actualización novedosa y continua de los profesionales en el banco de sangre mediante la utilización de las plataformas tecnológicas utilizando materiales multimedia disponibles.	F	14	1
		%	93,33	6,67
TOTAL		F	13,5	1,5
		%	90	10

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019).

## Técnica de Análisis de los Datos

Los datos fueron sometidos a un proceso de tabulación y análisis se utilizó la estadística descriptiva, con distribución de Frecuencia Absoluta y Relativa (%), se representaron los datos obtenidos en cuadros y se observó la sumatoria de las frecuencias y porcentajes de las alternativas propuestas.

En los resultados, se utilizó el análisis cuantitativo, según Balestrini,<sup>18</sup> dice “la aplicación estadística en el análisis de los datos, así como la interpretación descriptiva de los mismos” (p. 183). Así proporcionando la información necesaria para redactar las conclusiones derivadas del diagnóstico y se procedió a desarrollar el prototipo. Los resultados señalaron la necesidad de elaborar material didáctico en multimedia (video instruccional), el prototipo, storyboard o guion instruccional, interfaz, contenidos, evaluación y sitio web para su visualización y uso del mismo.

## Resultados del Diagnóstico

La representación de los resultados obtenidos se hizo a través de tablas contentivas del porcentaje de opiniones de la muestra para cada una de las alternativas del cuestionario aplicado a cada profesional del banco de sangre. El orden de secuencia de las tablas responde al orden de los ítems agrupados para cada dimensión e indicador.

Con respecto al total obtenido en el indicador analizado el 90% de la muestra necesita y está dispuesta a recibir actualización sobre como promover la donación voluntaria de sangre empleando para ello, recursos didácticos multimedia. 1

**Cuadro 2:** Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Medios didácticos Indicador: Materiales multimedia (textos, audiovisuales).

Nº	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
03	En su actividad profesional consulta con regularidad revistas, boletines y folletos de carácter científico, para ahondar sobre la temática relacionada con la promoción de la donación de sangre voluntaria en el contexto comunitario.	F	-	15
		%	-	100
04	Revisa con frecuencia material disponible en la red (noticias, cursos, acuerdos) acerca de la donación voluntaria donde resalte información vanguardista en este aspecto.	F	-	15
		%	-	100
TOTAL		F	-	1,5
		%	-	100

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

La muestra en estudio, se pronunció en un 100% que No, revisa el material disponible en la red (noticias, cursos, acuerdos) acerca de la donación voluntaria donde resalte información actual en este aspecto, dicho aspecto negativo aleja al personal del banco de sangre de conocer los avances destacados sobre la DSV, conocer las problemáticas de orden social que afectan este tipo de donación, así como la formas de motivar a la comunidad de ser partícipes de esta actividad altruista. En consideración, con los resultados obtenidos en el indicador material multimedia, se destaca en un 100% estos no son utilizado por el personal del banco de sangre para conocer los avances relacionados con la promoción de la donación voluntaria.

**Cuadro 3:** Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Medios didácticos Indicador: Materiales didácticos multimedia.

Nº	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
05	En su proceso de formación para profundizar saberes relacionados con la donación de sangre voluntaria utiliza la tecnología y sus herramientas tecnológicas como las TIC.	F	-	15
		%	-	100
06	Se incentiva a destacar su proceso de actualización en donación de sangre voluntaria empleando materiales didácticos en multimedia tales como (vídeos, audios, películas) dirigidos a promocionar la donación voluntaria de sangre.	F	-	15
		%	-	100
TOTAL		F	-	15
		%	-	100

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

Al consultar a la muestra en estudio, éstos manifestaron en un 100%, no utilizar en su proceso de actualización en donación de sangre voluntaria, Las TIC, ni materiales didácticos en multimedia como los (vídeos, audios, películas), este proceder negativo minimiza en éstos profesionales resaltar en su práctica la curiosidad por aprender los últimos métodos referentes a la donación de sangre voluntaria, así como también la forma de motivar a la comunidad a ser donadores voluntarios de sangre, asimismo, limita en éstos la posibilidad de acceder, distribuir, dar a conocer gran cantidad de información localizable en diferentes medios, lugares e individuos que la poseen.

Cuadro 4: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Actualización en la promoción de la donación de sangre voluntaria. Indicador: Nivel Académico.

N°	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
07	Con el objeto de recertificar saberes y potenciar su nivel académico bajo estándares vanguardista relacionados con la promoción de la donación voluntaria de sangre, considera necesario realizarlos a través de las plataformas virtuales como medio estructural de las TIC.	F	14	1
		%	90	10
08	Fomenta entre los profesionales de la salud adscritos al banco de sangre mejorar los conocimientos relacionados con la promoción de la donación de sangre voluntaria empleando recursos didácticos multimedia.	F	-	15
		%	-	100
09	Considera que su futuro como profesional de la salud adscrito al banco de sangre será moldeado por la adaptación de competencias a contextos específicos basándose en el poder de los flujos globales de información y conocimiento propuestos en las TIC.		15	-
			100	-
TOTAL		F	10	5
		%	66,67	33,33

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

En relación con los resultados obtenidos en el indicador nivel académico la muestra en estudio indicó en promedio en 67% que, si está dispuesto a recibir información referida con la promoción de la donación de sangre voluntaria con el objeto de potenciar su nivel académico como profesional de la salud empleando medios didácticos innovadores como los centrados en las TIC.

Cuadro 5: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Actualización en la promoción de la donación de sangre voluntaria. Indicador: Talento Humano.

Nº	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
10	En su accionar como profesional de la salud y en busca del desarrollo de su talento humano emplea las TIC, recoger para sí, los diferentes factores del contexto y los traduce en su sentido de pertenencia para con la institución, con el objeto de potenciar la interacción con pacientes y familias y así promover en éstos la donación voluntaria de sangre.	F	-	15
		%	-	100
11	Con la idea de fortalecer el proceso del talento humano en su actividad profesional emplea recursos didácticos multimedia con la finalidad de generar ambientes favorables que propicien la motivación, compromiso de las personas de la comunidad a donar sangre de forma voluntaria.	F	-	15
		%	-	100
12	Considera que el entrenamiento bajo ambientes TIC del personal de salud perteneciente al banco de sangre, como parte del desarrollo del talento humano constituye una manera eficaz de agregar valor a dichos profesionales y de esta forma enriquecer el patrimonio humano de la institución.		15	-
			100	-
TOTAL		F	5	10
		%	33,33	66,67

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

Con base en los resultados obtenidos en el indicador talento humano se tiene que el 67% del personal no destaca un efectivo talento que direcciona positivamente en la comunidad la donación voluntaria de sangre.

Cuadro 6: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Donación de sangre. Indicador: Selección de donante.

Nº	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
13	En su actividad como profesional de la salud en el banco de sangre, busca información pertinente, relevante y actualizada en la red, que le facilite la evaluación y selección de donantes potenciales de sangre, así como de la identificación de factores que podrían inhabilitarlos de forma temporal o permanente.	F	-	15
		%	-	100
14	En el proceso de selección del donante voluntario de sangre considera tanto los criterios para protección del donante, como del receptor y dichos datos se documentarán en la ficha de evaluación correspondiente de cada donante.	F	15	-
		%	100	-
TOTAL		F	7.5	7.5
		%	50	50

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

Con base en los resultados obtenidos en el indicador selección del donante los resultados indican que un 50% no ésta actualizado en relación con los procesos vanguardistas relacionados con la selección efectiva del donante de sangre el otro 50% manifestó afirmativamente que es esencial proteger tanto al donante como al receptor con la finalidad de garantizar un componente sanguíneo acorde con los requisitos exigidos por la OMS. 4.

Cuadro 7: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Donación de sangre. Indicador: Tipos de donantes de sangre.

Nº	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
15	Usted como profesional de la salud adscrito al banco de sangre promueve en la comunidad el ser donante voluntario altruista no remunerado.	F	15	-
		%	100	-
16	En su actividad profesional de la salud perteneciente al banco de sangre considera que con regularidad se presenta que las personas que acuden a donar sangre responden a ser familiares o conocidos de la persona que requiere recibir componentes sanguíneos.	F	15	-
		%	100	-
TOTAL		F	15	
		%	100	

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

En relación con los resultados obtenidos en el indicador tipos de donantes, no se destaca en un alto porcentaje el tipo de donante voluntario, por ende, corresponde tanto a los profesionales de la salud como a la comunidad convertirse en promotores de la donación voluntaria altruista de sangre. Con respecto a lo indicado, es menester de los bancos de sangre a través de su personal promocionar en la comunidad ser donante voluntario de sangre, comprendiendo que éste es un individuo que previo el cumplimiento de los requisitos señalados por la ley, da sin retribución económica y a título gratuito y para fines preventivos, terapéuticos, de diagnóstico o de investigación una porción de su sangre en forma voluntaria libre y consciente.

Cuadro 8: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Disponibilidad de sangre. Indicador: Abastecimiento de sangre.

Nº	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
17	Considera que la disponibilidad de componentes sanguíneos a nivel de los centros de salud está alejada de abastecer a la población que requiere recibir una transfusión.	F	15	-
		%	100	-
18	En el centro de salud en el cual Usted labora la demanda de solicitudes de sangre supera la oferta del vital e insustituible líquido de origen humano, por tal motivo se requiere de más personas voluntarias se acerquen a donar a los centros de salud	F	15	-
		%	100	-
TOTAL		F	15	
		%	100	

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)



En función con los resultados obtenidos en el indicador abastecimiento la muestra en estudio manifestó en un 100% que no hay abastecimiento suficiente de sangre para atender de manera eficiente las urgencias presentadas en cualquiera de los centros hospitalarios de la ciudad de Mérida.

Cuadro 9: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Disponibilidad de sangre. Indicador: Terapia transfusional.

N°	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
19	En su accionar formativo como especialista en la actividad transfusional promueve en el personal del banco de sangre la unificación de normas de manejo de hemoderivados ante, durante y después de la transfusión de éstos.	F	15	-
		%	100	-
20	En su actividad práctica como especialista en el área de salud adscrito al banco de sangre motiva la revisión y manejo cuidadoso del paciente que recibe tratamiento con hemoderivados.	F	15	-
		%	100	-
TOTAL			F	15
			%	100

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

Con base en los resultados obtenidos en el indicador transfusión, se denota un accionar positivo en el desarrollo del proceso transfusional, en este sentido, la transfusión es un procedimiento terapéutico basado en el aporte de los diferentes componentes sanguíneos obtenidos a partir de la donación altruista.

Cuadro 10: Análisis de Frecuencias y Porcentajes, Variable: Actualización de los profesionales en la promoción de donación de sangre voluntaria, Dimensión: Disponibilidad de sangre. Indicador: Seguridad transfusional.

N°	ÍTEMS		1	2
			SI	NO
21	Reconoce que los procedimientos que favorecen la seguridad de las transfusiones es el altruismo y voluntariedad de los donantes	F	15	-
		%	100	-
22	Fomenta en su actividad profesional en el banco de sangre la utilización de medios electrónicos como las computadoras con programas analizadores de sangre que les permita a los profesionales del caso a mejorar la asistencia transfusional.	F	15	-
		%	100	-
TOTAL			F	15
			%	100

**Fuente:** cuestionario aplicados a los profesionales del banco de sangre del estudio. (2019)

El indicador seguridad transfusional se destacó en un 100% que tanto el empleo de recurso de corte informático para el análisis exhaustivo de la sangre contribuye a denotar mayor seguridad al receptor en el momento de la transfusión de igual forma, la donación voluntaria conforma uno de los mayores grados de seguridad en la transfusión, debido a que el donante es una persona sana y controlada por los médicos del banco de sangre, además, no oculta datos relacionados con su salud.

## Discusión de los resultados

Del análisis de los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento de recolección de datos evidencia:

La presencia de debilidades en los profesionales de la salud adscrito al banco de sangre de la institución hospitalaria en estudio, referidos con la promoción de la donación de sangre voluntaria (DSV), al destacar en la dimensión tipos de medios didácticos, estos no son utilizados por dicho profesional para consolidar saberes novedosos direccionados a la actualización de conocimientos esenciales para la promoción en el quehacer comunitario sobre la (DVS). Por consiguiente, este accionar negativo limita en estos profesionales la motivación por aprender y analizar fenómenos en el contexto de la promoción en ambientes virtuales sociales.

Con respecto a la dimensión actualización en la promoción de la DVS, esta se muestra desatendida por parte de los directivos de la institución hospitalaria en estudio, al resaltarse un talento humano poco efectivo con respecto a direccionar positivamente a la comunidad respecto a la donación voluntaria de sangre, sin embargo, en personal del banco de sangre ésta dispuesto a recibir información referida con la promoción de la donación de sangre voluntaria con el objeto de potenciar su nivel académico como profesional de la salud empleando medios didácticos innovadores como los centrados en las TIC.

En referencia con la dimensión donación de sangre, en sus indicadores: selección de donantes, se destacó que los profesionales de la salud adscrito al banco de sangre

## Conclusiones

Al realizar el diagnóstico se determinó la necesidad de actualizar a los profesionales del banco de sangre en la promoción de la donación de sangre voluntaria mediante los materiales didácticos multimedia, dando repuesta al primer objetivo propuesto. Se evidencia aceptación en el personal del banco de sangre para renovar conocimientos innovadores relacionados con la promoción de DVS.

Apuestan por fortalecer saberes actuales, consultando los aspectos teóricos relacionados con el donante voluntario y también con los materiales didácticos multimedia, para ello

de la institución hospitalaria en estudio no están actualizados con los procesos vanguardistas relacionados con la selección efectiva del donante de sangre, asimismo, en el indicador tipos de donantes, el tipo de donante voluntario aparece disminuido en este proceder, de esta manera, corresponde tanto a los profesionales de la salud como a la comunidad convertirse en promotores de la donación voluntaria altruista de sangre.

En referencia con la dimensión disponibilidad de sangre los resultados demostraron que no hay abastecimiento suficiente de sangre para atender de manera eficiente las urgencias en los centros hospitalarios de la ciudad de Mérida y en relación con el proceso transfusional los profesionales mostraron un accionar positivo en la ejecución de este proceso, con respecto a la seguridad transfusional se destacó que tanto el empleo de recurso de corte informático para el análisis exhaustivo de la sangre contribuye a denotar mayor seguridad al receptor en el momento de la transfusión.

Los resultados obtenidos en el diagnóstico, evidenciaron que existen debilidades en los profesionales adscritos al banco de sangre relacionada con la promoción efectiva de la donación voluntaria de sangre. Ratificando de esta forma la necesidad de elaborar materiales didácticos en multimedia para la actualización de promotores en la donación de sangre voluntaria de las instituciones en estudio, se demuestra llevar a cabo el proyecto especial de elaborar material didáctico multimedia, en este caso se diseñó y elaboró un video instruccional dirigido a la actualización de la promoción de la donación de sangre voluntaria el mismo disponible en site google para dispositivos compatibles.

utilizar herramientas tecnológicas accesibles y de fácil uso para acceder a los contenidos en formato digital.

El profesional requiere mantenerse a la vanguardia de las acciones necesarias para captar donantes de sangre favoreciendo crear conciencia en la población apta para donar su sangre, en esta oportunidad se diseñó, elaboro y evaluó el video instruccional como material didáctico multimedia visible en site google. temporal.

## Referencias

- 1.- UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la cultura. (2014). Innovaciones Educativas. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002470/247005s.pdf>.
- 2.- Organización Panamericana de la Salud. (2017). Aumentan los donantes voluntarios de sangre. Disponible en: [www.paho.org/ven/index.php?option=com...donantes...sangre](http://www.paho.org/ven/index.php?option=com...donantes...sangre).
- 3.- Corporación de Salud del estado Mérida (2018). Rendimiento del trabajo de la red ambulatoria del estado Mérida. Mérida. Autor.
- 4.- Chunga, C. G. (2015) Orientaciones para diseñar Materiales didáctico multimedia. Disponible: <http://eprints.rclis.org/31852/1/Ebook.%20Orientaciones%20para%20dise%C3%B1ar%20materiales%20did%C3%A1ctico%20multimedia.pdf>.
- 5.- Millán, F (2013). La capacitación y actualización del personal de salud: un proceso permanente. México. Díaz de Santos.
- 6.- Ministerio del Poder Popular para la Salud. (2008) La formación integral y vanguardista del personal adscrito a este ministerio. Caracas.
- 7.- Hurtado de Barrera, J. (2010). Metodología de la Investigación Holística disponible en línea: <http://metodologia%20libro-J-Hurtado-de-Barrera-Metodologia-de-Investigacion-Revisado.pdf>.
- 8.- Hernández, R. Fernández C. y Baptista P. (2008). Metodología de la Investigación. México: Mc. Graw-Hill.
- 9.- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Caracas: Episteme.
- 10.- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2015) Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. 6º Edición, FEDUPEL. Caracas.
- 11.- Palella, S. S. y Martins, P. F. (2010) Metodología de la Investigación. Tercera Edición. Caracas: FEDEUPEL.
- 12.- Hurtado, L. y Garrido, Y. (2008). Paradigma y método de investigación en métodos de cambio. Valencia: Editorial Episteme.
- 13.- Bernal, B (2012). Trabajo de investigación. Material mimeografiado de la Universidad del Zulia. Maracaibo.
- 14.- Castañeda, M. (2012). Metodología de la Investigación. México: Ed. Mc Graw Hill.

- 15.- Bisquerra, R. (2013). Metodología de la Investigación. España: Morata.
- 16.- Hernández, L. (2007). Coeficiente de Proporción de Rango. Mérida: Universidad de los Andes.
- 17.- Hurtado, J. (2008). Metodología de la Investigación Holística. (4ta ed.). Caracas: SYPAL.
- 18.- Balestrini, M. (2008). Como se elabora el proyecto de Investigación. Caracas: BL Consultorios Asociados Servicio Editorial.

# REVISIÓN DE ALGUNOS ASPECTOS DEL SISTEMA AGROVOLTAICO

## REVIEW OF SOME ASPECTS OF THE AGROVOLTAIC SYSTEM

**Keyla Márquez P<sup>1</sup>, Quiliano Contreras Rubio<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería. Núcleo Universitario Alberto Adriani.

Universidad de Los Andes, Mérida -5101- Venezuela

<sup>2</sup>Laboratorio de Química. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago,

Jesús María Semprum, Zulia- Venezuela

keylaenator@gmail.com

**Recibido:** 18-08-2023

**Aceptado:** 31-10-2023

### Resumen

La enorme necesidad de recursos alimentarios, hídricos y energéticos ((FWE) Food, Water, Energy) en un futuro inmediato, unida a la gran preocupación por el cambio climático, exigen nuevas tecnologías, que podrían traducirse en innovaciones FWE integradas, con bajo impacto ecológico y climático. La integración de la energía solar fotovoltaica y las tecnologías agrícolas, es un enfoque prometedor para la doble productividad de la tierra, que podría satisfacer la creciente demanda de alimentos y energía, con énfasis en las poblaciones rurales y remotas. Se trata de la tecnología que denominaremos "agrovoltaica" (AV), que sería de gran utilidad para emplazamientos en climas cálidos y áridos, que consiste en aprovechar una misma superficie de terreno tanto para obtener energía solar como productos agrícolas, con alta iluminación solar. Un sistema optimizado de este tipo, con paneles solares, podría evitar el estrés térmico excesivo durante las inclemencias del tiempo, aumentando así el rendimiento de los cultivos.

**Palabras clave:** Energía solar, Fotovoltaico, Agricultura, Agrovoltaica

### Abstract

The enormous need for food, water and energy (FWE) resources in the immediate future, coupled with the great concern for climate change, demand new technological alternatives, which could translate into integrated FWE innovations. with low ecological and climate impact.

The fusion of photovoltaic solar energy and agricultural technologies, is a promising approach to dual land productivity that could meet the growing demand for food and energy, with an emphasis on rural and remote populations. This is "agrovoltaic" (AV) technology, which would be of great use for sites in hot and arid climates, which consists of taking advantage of the same surface of land, both to obtain solar energy and agricultural products, with high solar lighting where such an optimized system with solar panels could avoid excessive heat stress during inclement weather, thus increasing crop yields.

**Key words:** Solar energy, Photovoltaic, Agriculture, Agrovoltaic,

**Keyla Márquez:** MSc. En Electroquímica Fundamental y Aplicada ULA. Ingeniero Industrial IUPSM, personal docente y de investigación de la Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Alberto Adriani. El Vígía estado Mérida, Venezuela  
Email: keylaenator@gmail.com

**Quiliano L. Contreras Rubio:** Doctor en Química Aplicada (ULA), Profesor Titular de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Adscrito al PFC Ingeniería de Alimentos, Santa Bárbara de Zulia, Estado Zulia, Venezuela.  
Email: quiliano@gmail.com

## Introducción

El desarrollo a gran escala de la electricidad generada por energía solar, se ve obstaculizado en algunas regiones del mundo por la competencia en el uso del suelo y la resistencia social localizada. Uno de los enfoques para paliar estos problemas es la agrovoltaica: la ubicación estratégica conjunta de la energía solar fotovoltaica y la agricultura.<sup>1</sup> Las investigaciones sugieren que el potencial de un proyecto agrovoltaico para conservar los intereses agrícolas y en consecuencia, aumentar el apoyo local al desarrollo, es la oportunidad más significativa del doble uso de la energía solar.<sup>2</sup>

Cada vez se aplica más la energía solar cuando se combina con el uso compartido de la tierra. Ejemplos actuales son los sistemas fotovoltaicos (PV) que flotan sobre el agua<sup>3</sup> (figura 1), y también los terrenos de doble uso en los que la agricultura se entrelaza con los paneles PV<sup>4</sup> (Figura 2).



Figura 1.- Ejemplo de una estación fotovoltaica flotante.:

<https://interestingengineering.com/innovation/floating-solar-panels-reservoirs>



Figura 2.-Ejemplo de compatibilidad entre agricultura y sistema fotovoltaico: <https://nostresol.com/agrovoltaica/>

Es evidente que este tipo de implantaciones plantea retos, ya sea porque la geografía dificulta la instalación o porque la actividad requiere compartir tanto el terreno como la "cosecha" de fotones de luz.<sup>5</sup>

Debido a estos retos, es necesario optimizar la implantación de la fotovoltaica y otros usos del suelo para extraer un valor significativo que vaya más allá de un mero proyecto de demostración. Pero la diversidad y complejidad de las configuraciones no se prestan a un análisis sencillo. Dada esta complejidad, es necesario desarrollar algoritmos flexibles que puedan tener en cuenta múltiples variables, cuando los datos pueden proceder de múltiples fuentes complejas.

Es precisamente en esta configuración donde las aplicaciones de redes neuronales avanzadas (figura 3)<sup>6</sup> pueden ayudar y orientar la instalación y la gestión de las actividades combinadas de ordenación del territorio. Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- ⊙ Inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (AA), junto con parámetros y condiciones ambientales influyentes.
- ⊙ La necesidad de desarrollar algoritmos transferibles.
- ⊙ La metodología general para la implementación y extensión al segmento más amplio de uso dual fotovoltaico.

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático<sup>7</sup> se han convertido en importantes soluciones tecnológicas, ya que la industria busca constantemente formas de satisfacer la creciente demanda de energía limpia, barata y fiable. Estas tecnologías avanzadas tienen el potencial de analizar el pasado, optimizar el presente y predecir el futuro.

Esto significa que la IA y el AA tienen el potencial de resolver la mayoría de los desafíos que prevalecen actualmente.

## Técnicas de inteligencia artificial en sistemas fotovoltaicos

Los algoritmos de IA se utilizan en muchos aspectos del dimensionamiento, el modelado

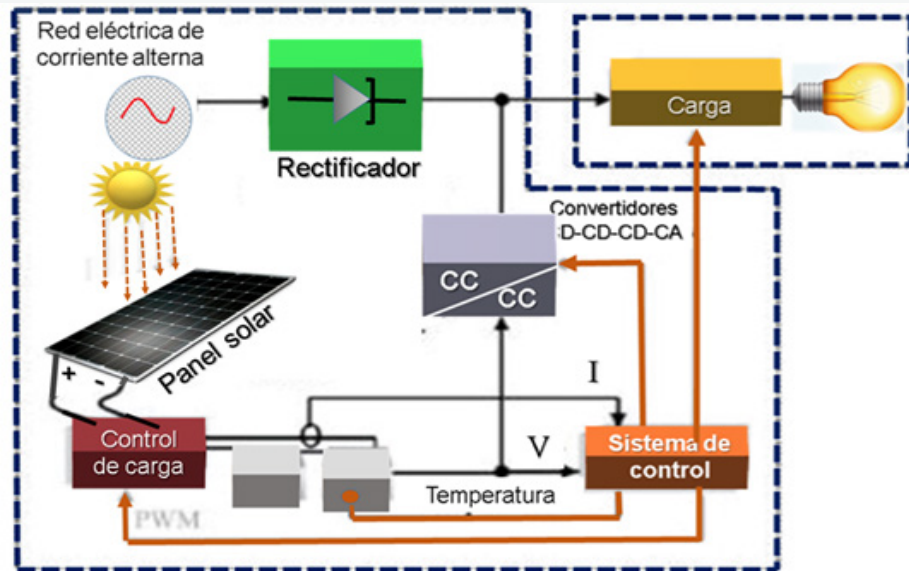


Figura 3.- Aplicaciones de redes neuronales avanzadas para el sistema fotovoltaico

y el control de los sistemas fotovoltaicos.<sup>8</sup> Es muy importante identificar el modelado de celdas solares como una preocupación precisa de las celdas solares en relación con la investigación de sistemas fotovoltaicos. Existen dos circuitos equivalentes para modelar la celda solar: el modelo de diodo único<sup>9</sup> y el de dos diodos.

El modelo de diodo único tiene cinco parámetros: factor ideal del diodo, corriente de saturación del diodo, resistencia en serie, resistencia en derivación y corriente fotogenerada, mientras que el modelo de doble diodo tiene siete parámetros (figura 4).

Estimar con precisión estos parámetros es

fundamental para modelar y dimensionar los sistemas fotovoltaicos.<sup>10</sup>

Existen muchos métodos convencionales en la literatura para la identificación de los parámetros de las celdas solares. La parte analítica se considera una conjetura inicial para la solución numérica.

### Parámetro de búsqueda de patrón (BP)

La extracción de parámetros de modelos fotovoltaicos ((PV) Photovoltaic) basada en datos medidos de corriente-voltaje, desempeña un papel importante en el control, la simulación y la optimización de sistemas PV.<sup>12</sup> El método de búsqueda de patrones se describe para modelos

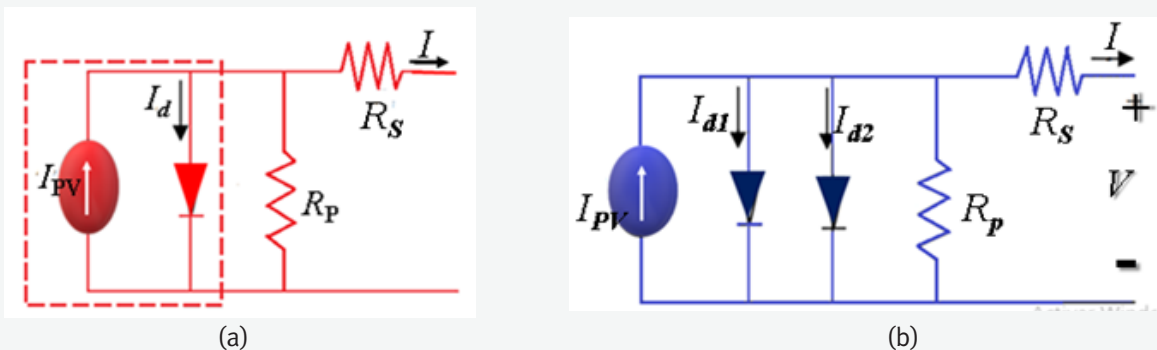


Figura 4.- Circuitos equivalentes para modelar la celda solar: (a) el modelo de diodo único<sup>11</sup> y (b) el modelo de dos diodos.  $R_s$  y  $R_p$  son las resistencias equivalentes en serie y en paralelo, respectivamente,  $I_{PV}$  es la corriente generada por la incidencia de la luz (corriente fotovoltaica),  $I$  es la corriente que pasa por el circuito.  $I_{d1}$  e  $I_{d2}$ , son las corrientes de los diodos 1 y 2, respectivamente.

de diodo único, doble diodo y módulo fotovoltaico. Sin embargo, los métodos convencionales no son capaces de estimar los parámetros de los módulos fotovoltaicos con gran precisión. Esto ha llevado a muchos científicos a buscar técnicas de IA para la identificación de parámetros. La búsqueda de patrones es un optimizador global capaz de resolver una amplia gama de problemas de optimización, y ha estado recibiendo una atención significativa.

A diferencia de muchas técnicas de optimización convencionales, no requiere la información del gradiente para guiar su proceso de búsqueda, ni impone ciertas características a la función objetivo, como la convexidad o la continuidad. Las principales características atractivas de este algoritmo de optimización son la simplicidad del concepto, la facilidad de implementación y la eficiencia computacional.

Se han introducido varias técnicas para el seguimiento del punto de máxima potencia ((MPPT) Maximum Power Point Tracking)<sup>13</sup> de los sistemas fotovoltaicos. En este sentido, se ha publicado la técnica MPPT, aumentada por la conductancia incremental ((INC) Incremental Conductance) y el algoritmo híbrido de salto de rana y búsqueda de patrones ((HSFLA-PS) Hybrid Shuffled Frog-Leaping and Pattern Search algorithm) basado en el sistema de inferencia neuro-fuzzy adaptativo ((ANFIS) Adaptative Neuro-Fuzzy Interference System)<sup>14</sup> para las aplicaciones de sistemas solares fotovoltaicos. Los valores óptimos de las tensiones para diferentes valores de temperaturas e irradiaciones solares se han encontrado utilizando el método HSFLA-PS.<sup>15</sup>

Tras aplicar el proceso de entrenamiento, el ANFIS daría una tensión óptima, teniendo en cuenta diferentes valores de irradiancia solar. El método INC debería inicializarse a partir de este punto para buscar el punto de máxima potencia conocido como "MPP".<sup>16</sup>

El mérito del método combinatorio ANFIS e INC es que necesitaría un menor número de muestras para el proceso de entrenamiento. Se ha informado de que el marco indica que

la técnica combinatoria HSFLA-PS-ANFIS-INC daría lugar a los máximos globales en diversas condiciones climáticas con una mayor tasa de convergencia y eficiencia.<sup>17</sup>

### **Necesidad de desarrollar algoritmos transferibles**

El nivel de penetración de la energía fotovoltaica en la red está aumentando exponencialmente en todo el mundo. Este mayor nivel de penetración plantea retos únicos a los operadores de sistemas. Además de los retos de la integración, persisten otros importantes en los ámbitos de: i) el aumento de la energía captada del sol; ii) la reducción del costo de los componentes necesarios para la conversión de energía, a fin de alcanzar la paridad con la electricidad generada con carbón; y iii) la mejora de la fiabilidad a fin de reducir los costos de sustitución durante la vida útil del sistema.

Los modelos de aprendizaje automático desarrollados sobre un conjunto de datos, que comprende una clase particular de materiales, muestran una escasa transferibilidad entre diferentes clases. El problema puede resolverse parcialmente aumentando la variabilidad del conjunto de datos a costa de la precisión de la predicción. Para desarrollar un modelo en una base de datos altamente variable, se ha propuesto una regresión localizada, basada en el enfoque "patchwork kriging"<sup>18</sup> (extrapolación por retazos) para capturar la mayoría de los detalles complejos de los datos.

En este enfoque, los datos se dividen en regiones más pequeñas, con parches compartidos de pocos puntos de datos a través de los límites vecinos. Se han desarrollado funciones de regresión locales en cada partición, con la restricción de ofrecer un rendimiento similar en el límite, desarrollando un modelo global para toda la base de datos. En resumen, el modelo de enfoque "patchwork kriging" es para desarrollar el modelo de predicción para un conjunto de datos con una enorme variabilidad, donde se desarrollan varios modelos locales sobre los dominios particionados, con parches compartidos



de puntos de datos a través de los límites vecinos. La implicación de la salida objetivo para crear las particiones requiere su estimación de antemano. Se puede desarrollar un modelo global sobre todo el conjunto de datos, que dirija los puntos de datos a una partición específica para una predicción precisa de los valores.

### **Implementación y ampliación al segmento más amplio de uso dual fotovoltaico.**

La intensificación de las demandas de flujo térmico de los concentradores fotovoltaicos exige innovaciones que van más allá de la refrigeración pasiva convencional por aire. La refrigeración pasiva es rentable, fiable y no consume energía. La disposición de las lentes planas debería permitir enfriar grandes disipadores de calor pasivos con concentraciones solares de hasta 2000 a 4000 soles (1 sol = 1000 W/m<sup>2</sup>).

Sin embargo, a medida que aumenten las concentraciones solares también lo hará la necesidad de refrigeración activa. La competitividad de la refrigeración activa<sup>19</sup> se ve reforzada por la capacidad de aprovechar la energía térmica que de otro modo se desperdiciaría.<sup>20</sup> La refrigeración activa por microcanales es un buen candidato para satisfacer la creciente demanda de flujo térmico de los concentradores fotovoltaicos. Para satisfacer las demandas de flujo térmico a corto plazo, lo más práctico es la refrigeración monofásica por microcanales. Los microcanales en batería ofrecen un rendimiento superior al de los microcanales monocapa, aunque son más difíciles de fabricar.<sup>21</sup>

Para satisfacer las demandas de flujo térmico a largo plazo, la integración de flujos en ebullición es prometedora. También deben explorarse nuevas vías, como la modificación de los microcanales rectangulares y rectos o el uso de microválvulas para suprimir las inestabilidades de ebullición.

Los módulos de fluido térmico, como los disipadores de calor, se utilizan mucho como dispositivos de refrigeración en aplicaciones de ingeniería. En particular, gracias a los avances en la fabricación de

sistemas microelectromecánicos (MEMS) y a las tecnologías de integración a pequeña escala, los disipadores de calor basados en nanomicrocanales han recibido cada vez más atención por su capacidad para eliminar una energía térmica generosa. En comparación con las tecnologías de gestión térmica convencionales, los disipadores de calor basados en nanocanales/microcanales presentan unas prestaciones de disipación térmica extraordinarias. Los disipadores de microcanales fabricados mediante micromecanizado pueden integrarse en chips semiconductores, lo que los convierte en uno de los métodos de refrigeración de chips más prometedores de la actualidad.

### **El potencial de los sistemas agrovoltaicos**

Los sistemas agrovoltaicos (SAV) ofrecen una estrategia simbiótica para la coubicación de energías renovables sostenibles y la producción agrícola. Esto es especialmente importante en los países en desarrollo y desarrollados densamente poblados, donde el desarrollo de las energías renovables es cada vez más importante; sin embargo, hay que preservar las tierras agrícolas rentables.

Como subraya el nexo entre alimentos, energía y agua (FEW), los avances en los SAV no sólo deben centrarse en la gestión de la energía, sino también en la gestión agronómica (de los cultivos y del agua). Los resultados muestran que la arquitectura fotovoltaica solar y los avances en la gestión agronómica dependen de (i) las cualidades de la radiación solar en términos de intensidad luminosa y radiación fotosintéticamente activa ((PAR) Photosynthetic Active Radiation), (ii) las categorías de SAV, como la centrada en la energía, la centrada en la agricultura y la centrada en la energía agrícola, y (iii) la perspectiva de los accionistas (especialmente los agricultores).

A continuación, son necesarios varios ajustes para la selección y gestión de cultivos debido a la limitación de luz, las condiciones microclimáticas bajo la estructura solar y las limitaciones de la estructura solar. Y lo que es más importante, se requiere un sistema de riego sistemático para evitar daños en la estructura de paneles solares. En resumen,

los avances del SAV deben planificarse cuidadosamente para garantizar los objetivos de reducir la dependencia de fuentes no renovables, mitigar los efectos del calentamiento global y cumplir las iniciativas del FEW.

Para satisfacer la demanda energética mundial con energías renovables limpias, como los sistemas solares fotovoltaicos (PV), se necesitan grandes superficies debido a la naturaleza relativamente difusa de la energía solar. Gran parte de esta demanda puede cubrirse con sistemas fotovoltaicos integrados en edificios y tejados, pero el resto puede satisfacerse con parques fotovoltaicos en tierra. El uso de grandes extensiones de terreno para huertas solares aumentará la competencia por los recursos de la tierra, ya que tanto la demanda de producción de alimentos como la de energía están creciendo. Esta competencia por la tierra se ve exacerbada por el aumento de la población.

El concepto de agrovoltaica puede resolver estos problemas<sup>22</sup> o el aprovechamiento conjunto de la misma superficie de terreno tanto para la producción de energía solar fotovoltaica como para la agricultura convencional. Se desarrolla un modelo de simulación acoplado tanto para la producción fotovoltaica ((PVSyst) Photovoltaic System)) como para la producción agrícola (modelo de cultivo Simulateur multidisciplinaire les Cultures Standard (STICS)),<sup>23</sup> para calibrar el potencial técnico de la ampliación de los sistemas agrovoltaicos.

Los resultados mostraron que el valor de la electricidad generada por energía solar unida a la producción de cultivos tolerantes a la sombra creaba un aumento de más del 30% en el valor económico de las explotaciones que desplegaban sistemas agrovoltaicos en lugar de agricultura convencional.

La utilización de cultivos tolerantes a la sombra, (café y cacao, que son los que más se benefician en sombra, porque la mayoría de los cultivos agrícolas, requieren bastante iluminación), permite minimizar las pérdidas de rendimiento y mantener así la estabilidad de los precios de los cultivos. Además, este

doble uso de las tierras agrícolas puede tener un efecto significativo en la producción fotovoltaica.

La necesidad de nuevas fuentes de energías renovables ha inducido la esperanza de que los cultivos agrícolas puedan ser una fuente de energía renovable para el futuro. Es necesario convertir la radiación solar tanto en energía como en alimentos. Por lo tanto, las plantas solares que utilizan paneles fotovoltaicos competirán con la agricultura por la tierra. Según la literatura, los sistemas agrovoltaicos pueden ser muy eficientes. Mecanismos similares a los evidenciados en los sistemas agroforestales pueden explicar la ventaja de estos sistemas mixtos. Por tanto, las nuevas plantas solares pueden combinar la producción de electricidad con la de alimentos, sobre todo en países donde la tierra de cultivo es escasa.

### **Presupuesto hídrico y modelización de cultivos para sistemas agro voltaicos**

Un nuevo término está de moda: el "agrovoltaísmo".<sup>24</sup> Se presenta como uno de los medios para alcanzar los objetivos fotovoltaicos para Francia. En el mundo agrícola, esta perspectiva suscita esperanzas e inquietudes. Las preocupaciones están relacionadas con las superficies que los promotores solares pretenden utilizar para la producción de energía fotovoltaica: esta cantidad puede considerarse como agricultores que no podrán instalarse. Esta producción solar podría convertirse en la principal producción agrícola. Pero también se plantean algunas cuestiones relativas a la instalación de paneles sobre los cultivos, y se pueden aprovechar algunos avances técnicos para reducir la sombra asociada.

El uso masivo de combustibles fósiles prohíbe perpetuar la producción de energía a nivel mundial y contribuye al inequívoco cambio climático., Las alarmantes consecuencias sobre el mundo agrícola consisten en un aumento de las demandas de agua por parte de las plantas, una disminución o un tope de los rendimientos de los cultivos y una disminución de la disponibilidad de agua en las regiones donde el riego sería necesario. Frente a

los retos energéticos y alimentarios, el agrovoltaísmo aparece como un concepto innovador en todo el mundo. Este concepto consiste en la asociación, en una misma superficie de terreno, de producciones agrícolas y fotovoltaicas, mediante paneles solares (PS) situados a una altura suficiente por encima del cultivo para permitir el paso de la maquinaria agrícola. El agrovoltaísmo (AV) trata por tanto de una especie de producciones eléctricas y agrícolas.

La instalación de paneles solares inclinados sobre las parcelas agrícolas proporciona energía renovable y medios de acción para amortiguar algunos de los efectos y peligros del cambio climático. Cuando los paneles funcionan correctamente, su sombra decreciente reduce el consumo de agua de las plantas, como consecuencia de la alternancia de bandas de sombra y sol, con un impacto a corto plazo en la conductancia estomática y una disminución global de los intercambios de gases.

Esto instó a desarrollar un nuevo modelo de crecimiento de los cultivos y de balance hídrico. El agrovoltaísmo parece una solución de futuro frente al cambio climático y los retos alimentarios y energéticos, típicamente en las zonas rurales y los países en desarrollo.

La combinación de agricultura y energía fotovoltaica en la misma superficie gana en atención y apoyo político en un número creciente de países, acompañada de notables actividades de investigación. En Alemania, entre los cultivos realizados con el sistema AV y en el campo de referencia con arreglo a un sistema de rotación de cultivos figuran la papa, el apio, nabo, la hierba de trébol y el trigo de invierno.

La eficiencia del uso de la tierra, medida por la relación equivalente de tierra ((LER) Land Equivalen Relation),<sup>25</sup> indicó un aumento de entre el 56% y el 70% en 2017, mientras que el verano seco y caluroso de 2018 demostró que el sistema agrovoltaico podría aumentar la productividad de la tierra en casi un 90%. Las simulaciones de radiación mostraron que desviarse del pleno sur unos 30° daba lugar a una distribución equitativa de la radiación

a nivel del suelo, lo que representaba la base del diseño agrovoltaico. Teniendo en cuenta el cambio climático y la creciente escasez de tierras, los resultados generales sugieren un alto potencial de la agrovoltaica como tecnología viable y eficiente para hacer frente a los principales retos del siglo XXI. El actual desarrollo de paneles transparentes en el campo agrovoltaico constituye nuevos aportes, probablemente con resultados exitosos en esta temática.

## **El potencial de los sistemas agrovoltaicos**

Para satisfacer la demanda energética mundial con energías renovables limpias, como los sistemas solares fotovoltaicos, se necesitan grandes superficies debido a la naturaleza relativamente difusa de la energía solar. Gran parte de esta demanda puede cubrirse con sistemas fotovoltaicos integrados en edificios y tejados, pero el resto puede satisfacerse con granjas fotovoltaicas en tierra. El uso de grandes extensiones de terreno para huertas solares aumentará la competencia por los recursos del suelo, ya que tanto la demanda de producción de alimentos como la de energía están creciendo y compiten por los limitados recursos del suelo.

Esta competencia por la tierra se ve exacerbada por el aumento de la población. Estos problemas pueden solucionarse con el concepto de agrovoltaica, es decir, utilizando la misma superficie de terreno para la producción de energía solar fotovoltaica y para la agricultura convencional. Se ha desarrollado un modelo de simulación acoplado para tanto la producción fotovoltaica (PVSyst) como el valor de la electricidad generada por energía solar acoplada a la producción de cultivos tolerantes a la sombra pueden crear más de un 30% de aumento del valor económico de las explotaciones que despliegan sistemas agrovoltaicos en lugar de la agricultura convencional.

La utilización de cultivos tolerantes a la sombra (algunos mencionados en la sección anterior) permite minimizar las pérdidas de rendimiento y mantener así la estabilidad de los precios. Además, este doble uso de

las tierras agrícolas puede tener un efecto significativo en la producción fotovoltaica local. Los resultados mostraron un aumento de la potencia fotovoltaica de entre más de 40 y 70 GW si sólo el cultivo de lechuga se convierte a sistemas agrovoltaicos.<sup>26</sup>

### **Clasificación normalizada e indicadores de los sistemas agrovoltaicos**

Los sistemas agrovoltaicos (agricultura-fotovoltaica) o de aprovechamiento compartido de la energía solar han adquirido un reconocimiento creciente como medio prometedor de integrar la agricultura y la captación de energía solar. Aunque este campo ofrece un gran potencial, los datos sobre el impacto en los cultivos, el crecimiento y el desarrollo son insuficientes.

Es necesario proporcionar una clasificación agrovoltaica general y estandarizada,<sup>27</sup> que incluya nombres y portadas correctos, que sea utilizable en todo el mundo e independiente de las condiciones climáticas locales, las prácticas agrícolas locales y los valores económicos de mercado de los cultivos. Esta clasificación se basa en componentes multidisciplinares (tipo de cultivo, estructura fotovoltaica,), que son elementos únicos para describir adecuadamente cada sistema agrovoltaico. La rápida disminución de los costos de los sistemas fotovoltaicos hace posible el potencial de los sistemas agrovoltaicos.

Estos sistemas de doble uso de la tierra mitigan los conflictos de uso de la tierra para los lugares con espacio abierto limitado y muestran el potencial de valor añadido en los cultivos y la ganadería. Sin embargo, se pueden encontrar muchos nombres diferentes y posibilidades de interacción entre la agricultura y la energía fotovoltaica. Esto dificulta y confunde a las partes interesadas la comparación y la evaluación comparativa de las instalaciones existentes, así como la propuesta y el establecimiento de nuevos regímenes legislativos.

Es necesaria una propuesta de clasificación estandarizada de los sistemas agrovoltaicos, que sea utilizable en todo el mundo. La clasificación debe basarse en la aplicación,

el sistema, el tipo de cultivo, la estructura fotovoltaica y la flexibilidad y ser capaz de categorizar cada instalación agrovoltaica existente correctamente.<sup>28</sup>

Según las diferentes demandas de luz solar, los cultivos pueden clasificarse en tres categorías principales, que incluyen seis clases menores. El punto de adaptación a la luz (PAL) se define como un indicador para aproximar si los cultivos positivos pueden florecer y fructificar con normalidad. Basándose en las horas de sol y en la radiación fotosintéticamente activa ((PAR) Photosynthetic Active Radiation), se propone un método de disposición de los cultivos combinando sus diferentes demandas de luz solar y su diferente distribución luminosa bajo paneles solares. Para ello, debería facilitarse una lista de especies recomendadas.

### **Aspectos económicos de la agrovoltaica (AV)**

La agrovoltaica combina los cultivos con la energía solar fotovoltaica para proporcionar beneficios de sostenibilidad en los sistemas de tierra, energía y agua.<sup>29</sup> Las políticas que apoyan el cambio de la agricultura de regadío a la de secano y la agrovoltaica conectada a la red en regiones que sufren estrés hídrico pueden mitigar tanto el agotamiento de las aguas subterráneas como el CO<sub>2</sub> procedente de la generación de electricidad.

Aquí se integran modelos hidrológicos, de cultivos, fotovoltaicos y financieros para evaluar el potencial económico de la agrovoltaica de secano en regiones con estrés hídrico.<sup>30</sup> El análisis revela un potencial de generación eléctrica de 11,2-37,6 PWh/año, equivalente al 40%-135% del suministro mundial de electricidad en 2018. Casi el 90% del agotamiento de las aguas subterráneas en 2010 (—150 km<sup>3</sup>) se produjo allí donde el costo nivelado de la generación agrovoltaica de secano conectada a la red es de 50-100 USD/MWh. Las posibles pérdidas de ingresos tras el cambio de cultivos de regadío a secano representan entre el 0% y el 34% del costo de generación nivelado. Los futuros análisis de costos y beneficios deben valorar el estrés evitado sobre las

aguas subterráneas desde la perspectiva de la disponibilidad de agua dulce a largo plazo.

Diversos estudios realizados hasta la fecha en varios países sobre el uso de módulos semitransparentes y opacos han demostrado los beneficios económicos resultantes del uso de esta tecnología. La mayoría de los resultados de estos estudios indican que el periodo de amortización de las inversiones en energía solar fotovoltaica en invernaderos oscila entre 4 y 10 años.

En Grecia, el gobierno subvenciona el costo de la electricidad en el sector agrícola para aumentar su competitividad. Al mismo tiempo, ofrece subvenciones económicas al capital invertido en solar-PV en invernaderos. Los resultados publicados sobre el uso de paneles fotovoltaicos solares en invernaderos agrícolas de varios países indican periodos de amortización de entre 4 y 10 años, mientras que en algunos casos los periodos de amortización son superiores, de hasta 25 años. La evaluación económica de las inversiones en energía solar fotovoltaica en invernaderos en Grecia ha indicado que el periodo de amortización varía de 7,2 años, cuando el capital invertido está subvencionado, a 14,4 años sin subvenciones de capital.



Figura 5.- Aspectos de algunos sistemas agrovoltaicos. <https://www.petroenergia.info/post/aplicaciones-de-energ%C3%ADas-renovables-en-la-cadena-de-producci%C3%B3n-agr%C3%ADcola>

La creciente demanda de generación de energía solar provocará un aumento de la competencia por el uso del suelo y, por tanto, posibles conflictos económicos y sociales. Una solución a este reto es producir alimentos y energía dentro de un sistema agrofotovoltaico (AV), como se muestra en la figura 5.

### Diseño arquitectónico de la agrovoltaica

Un sistema solar fotovoltaico (PV) es una unidad de generación de energía formada por un conjunto eléctricamente integrado de un conjunto PV, un inversor y otros componentes. Los paneles PV (también llamados módulos PV) están compuestos por varias celdas fotovoltaicas que convierten la energía de la luz solar en electricidad. Los módulos fotovoltaicos se conectan en serie para formar cadenas fotovoltaicas, que a su vez se conectan en paralelo para formar un conjunto fotovoltaico. El proceso es sencillo, ya que se trata de una conversión directa de luz solar en electricidad sin ningún movimiento mecánico complicado ni liberación de residuos al medio ambiente circundante. La idea del sistema agrovoltaico (AV) se basa principalmente en la adaptación de la tecnología fotovoltaica al uso agrícola, teniendo en cuenta las restricciones de espacio y cableado.<sup>31</sup>

Sin embargo, los AV se configuran de forma diferente a los sistemas fotovoltaicos típicos montados en el suelo (PV-GM), que son más frecuentes debido a sus costos de instalación más baratos y a la mayor densidad de paneles, que mejoran la producción de energía. Se han realizado varios estudios para determinar las características de la estructura fotovoltaica que debe integrarse en el sistema AV.

Los sistemas AV de densidad completa ((FD) Full Density) y de densidad media ((MD) Medium Density)<sup>32</sup> se han desarrollado y probado en estas instalaciones durante casi 10 años. La estructura FD está diseñada para una producción óptima de energía solar, por lo que sólo permite que alrededor del 50% de la radiación solar llegue al cultivo situado bajo el panel. Mientras que la estructura MD está diseñada para equilibrar la generación

eléctrica y la producción agrícola. De este modo, hasta el 70% de la radiación solar llega a los cultivos.

El entorno construido es una de las principales causas del impacto negativo que la actividad humana tiene en el planeta. El diseño de edificios debe adoptar estrategias que contribuyan a paliar esta situación. Por ello, los arquitectos deben ser capaces de captar y aplicar de forma holística e integral todos los aspectos del diseño sostenible, incluidas las tecnologías de vanguardia.

La fotovoltaica integrada en edificios ((BIPV) Building Integrated PhotoVoltaic) representa un importante campo a explorar, ya que los sistemas fotovoltaicos tienen un enorme potencial en el contexto del diseño arquitectónico y urbano. No obstante, su aplicación debe formar parte del proceso de diseño integral, esencial para la creación de una arquitectura sostenible de calidad. Dado que la población urbana mundial crece

constantemente, es necesario adoptar con urgencia enfoques sostenibles de diseño arquitectónico en el entorno urbano.

Sin embargo, el entorno urbano actual presenta grandes dificultades para la aplicación de cualquier nueva tecnología. En un contexto urbano, no sólo es necesario diseñar nuevos edificios, sino que, dado que el tejido urbano ya está en marcha, hay que tener cuidado de no dañar los valores históricos y arquitectónicos. Por lo tanto, es urgente demostrar las posibilidades de la BIPV en relación con la arquitectura sostenible y el entorno urbano, centrándose en explicar la necesidad de proporcionar a los arquitectos una metodología de trabajo con sistemas fotovoltaicos y agrovoltaicos avanzados en el diseño arquitectónico, introduciendo los puntos de partida para esta intención, y demostrando cómo debe crearse dicha metodología y un Manual de Diseño.

## Conclusión

Una de las principales amenazas para la seguridad alimentaria global, es el crecimiento de la población mundial. En la actualidad, hay más de 7.800 millones de habitantes en la Tierra y, según las previsiones de las Naciones Unidas, la población del planeta alcanzará los 9.100 millones para el 2050, de manera que el calentamiento global y el cambio climático significan un reto importante para la seguridad alimentaria mundial.

Se estima que el cambio climático, entre otros factores, podría reducir la productividad agrícola hasta en un 30% de aquí al 2050. Los investigadores afirman que el cambio climático ha reducido el rendimiento mundial del arroz en un 0,3% y el del trigo en una media del 0,9% cada año. El aumento de la temperatura media anual, la distribución desigual de las precipitaciones, los fenómenos meteorológicos anómalos y la desertización de las tierras impactan drásticamente el rendimiento de los cultivos.

Los desafíos mundiales a la seguridad alimentaria, frente a los retos energéticos y medio ambientales, exigen la búsqueda de nuevas tecnologías para el desarrollo sostenible del sector agrícola. Una de estas tecnologías es la agrovoltaica, la cual consiste en el uso simultáneo de la tierra para cultivar y la generación de electricidad. El uso de esta tecnología podría resolver los problemas de seguridad energética y alimentaria y tendrá un impacto positivo en el crecimiento, con bajas emisiones de carbono de las economías de los países. En la actualidad, la agrovoltaica está en fase de formación, pero en algunos países ya se ha generalizado.

La experiencia mundial demuestra que la clave del desarrollo de la agrovoltaica es la política estatal dirigida a estimular la instalación de sistemas agrovoltaicos para asegurar la eficiencia de la inversión en dichos proyectos. En base a esto, el estudio de la tecnología agrovoltaica, evaluando los beneficios económicos, ambientales y sociales de la implementación de proyectos agrovoltaicos, cobra especial relevancia. Por otra parte, estudios en progreso

reportan paneles solares transparentes, los cuales son en realidad concentradores solares de luz y calor, que pasan la energía a través de materiales ópticamente transparentes (conocidos también como vidrios inteligentes, que bien podrían ser polímeros inteligentes). La energía fotovoltaica puede integrarse como fuente de energía en esos materiales, y de este modo, una superficie transparente podría ser un sistema inteligente completamente autónomo. Esta tecnología aún está en desarrollo y sería una importante solución a futuro, en parte de la problemática actualmente percibida.

## Referencias

- 1.- Hassanien, R. . H. E., Li, M., & Lin, W. D. (2016). Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 989-1001.
- 2.- Pascaris, A. S., Schelly, C., Burnham, L., & Pearce, J. M. (2021). Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics. *Energy Research & Social Science*, 75, 102023.
- 3.- Gorjian, S., Sharon, H., Ebadi, H., Kant, K., Scavo, F. B., & Tina, G. M. (2021). Recent technical advancements, economics and environmental impacts of floating photovoltaic solar energy conversion systems. *Journal of Cleaner Production*, 278, 124285.
- 4.- Majeed, Y., Khan, M. U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F. & Raza, A. (2023). Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Reports*, 10, 344-359.
- 5.- Mattiotti F, Mohan Sarovar M, Giusteri GG, Fausto Borgonovi F, Celardo GL (2022). Efficient light harvesting and photon sensing via engineered cooperative effects. *New J. Phys.* 24 013027.
- 6.- Ramesh, G., Logeshwaran, J., Kiruthiga, T., & Lloret, J. (2023). Prediction of Energy Production Level in Large PV Plants through AUTO-Encoder Based Neural-Network (AUTO-NN) with Restricted Boltzmann Feature Extraction. *Future Internet*, 15(2),46.
- 7.- Khanzode, K. C. A., & Sarode, R. D. (2020). Advantages and disadvantages of artificial intelligence and machine learning: A literature review. *International Journal of Library & Information Science (IJLIS)*, 9(1), 3.
- 8.- Ahmed, M., Harbi, I., Kennel, R., Rodríguez, J., & Abdelrahem, M. (2022). Maximum power point tracking-based model predictive control for photovoltaic systems: Investigation and new perspective. *Sensors*, 22(8), 3069.
- 9.- Shannan, N. M. A. A., Yahaya, N. Z., & Singh, B. (2013, November). Single-diode model and two-diode model of PV modules: A comparison. In 2013 IEEE international conference on control system, computing and engineering (pp. 210-214). IEEE.
- 10.- Vellingiri, M., Rawa, M., Alghamdi, S., Alhussainy, A. A., Althobiti, A. S., Calasan, M., ... & Abdel Aleem, S. H. (2023). Non-Linear Analysis of Novel Equivalent Circuits of Single-Diode Solar Cell Models with Voltage-Dependent Resistance. *Fractal and Fractional*, 7(1), 95.
- 11.- Shannan, N. M. A. A., Yahaya, N. Z., & Singh, B. (2013). Single-diode model and two-diode model of PV modules: A comparison. In 2013 IEEE international conference on control system, computing and engineering (pp. 210-214). IEEE.

- 12.- Eslami, M., Akbari, E., Seyed Sadr, S. T., & Ibrahim, B. F. (2022). A novel hybrid algorithm based on rat swarm optimization and pattern search for parameter extraction of solar photovoltaic models. *Energy Science & Engineering*, 10(8), 2689-2713. <https://doi.org/10.1002/ese3.1160>.
- 13.- Ali, M., Ahmad, M., Koondhar, M. A., Akram, M. S., Verma, A., & Khan, B. (2023). Maximum power point tracking for grid-connected photovoltaic system using Adaptive Fuzzy Logic Controller. *Computers and Electrical Engineering*, 110, 108879.
- 14.- Termeh, S. V. R., Khosravi, K., Sartaj, M., Keesstra, S. D., Tsai, F. T. C., Dijksma, R., & Pham, B. T. (2019). Otimização de um sistema de inferência adaptativo neuro-fuzzy para o mapeamento do potencial das águas subterrâneas. *Hydrogeology Journal*, 27, 2511-2534.
- 15.- Guo, S., Abbassi, R., Jerbi, H., Rezvani, A., & Suzuki, K. (2021). Efficient maximum power point tracking for a photovoltaic using hybrid shuffled frog-leaping and pattern search algorithm under changing environmental conditions. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126573.
- 16.- Dileep, G., & Singh, S. N. (2015). Maximum power point tracking of solar photovoltaic system using modified perturbation and observation method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 109-129.
- 17.- Ahmed, E. M., Norouzi, H., Alkhalaf, S., Ali, Z. M., Dadfar, S., & Furukawa, N. (2022). Enhancement of MPPT controller in PV-BES system using incremental conductance along with hybrid crow-pattern search approach based ANFIS under different environmental conditions. *Sustainable energy technologies and assessments*, 50, 101812.
- 18.- Park, C., & Apley, D. (2018). Patchwork kriging for large-scale Gaussian process regression. *The Journal of Machine Learning Research*, 19 (1), 269-311.
- 19.- Molavi, A., Rafee, R., & Aslian, A. (2023). Active cooling of high concentrator panels with multi-junction modules by confined liquid impingement over the extended surfaces. *Energy Conversion and Management*, 293, 117397.
- 20.- Wang, Y., Yang, H., Chen, H., Yu, B., Zhang, H., Zou, R., & Ren, S. (2023). A review: The development of crucial solar systems and corresponding cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113590.
- 21.- Peng, H., Du, Y., Hu, F., Tian, Z., & Shen, Y. (2023). Thermal management of high concentrator photovoltaic system using a novel double-layer tree-shaped fractal microchannel heat sink. *Renewable Energy*, 204, 77-93.
- 22.- Janota, L., Vávrová, K., Weger, J., Knápek, J., & Králík, T. (2023). Complex methodology for optimizing local energy supply and overall resilience of rural areas: A case study of Agrovoltaic system with *Miscanthus x giganteus* plantation within the energy community in the Czech Republic. *Renewable Energy*, 212, 738-750.
- 23.- Jégo, G., Pattey, E., Mesbah, S. M., Liu, J., & Duchesne, I. (2015). Impact of the spatial resolution of climatic data and soil physical properties on regional corn yield predictions using the STICS crop model. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 41, 11-22.
- 24.- Elamri, Y., Cheviron, B., Lopez, J. M., Dejean, C., & Belaud, G. (2018). Water budget and



crop modelling for agrivoltaic systems: Application to irrigated lettuces. *Agricultural water management*, 208, 440-453.

- 25.- Ul Mehmood, M., Ulasyar, A., Ali, W., Zeb, K., Zad, H. S., Uddin, W., & Kim, H. J. (2023). A New Cloud-Based IoT Solution for Soiling Ratio Measurement of PV Systems Using Artificial Neural Network. *Energies*, 16(2), 996.
- 26.- Willockx, B., Herteleer, B., & Cappelle, J. (2020, June). Theoretical potential of agrovoltaic systems in Europe: a preliminary study with winter wheat. In 2020 47th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) (pp. 0996-1001). IEEE.
- 27.- Willockx, B., Herteleer, B., Ronsijn, B., Uytterhaegen, B., & Cappelle, J. (2020). A standardized classification and performance indicators of agrivoltaic systems. *EU PVSEC Proceedings*.
- 28.- Gorjian, S., Jamshidian, F. J., Gorjian, A., Faridi, H., Vafaei, M., Zhang, F., ... & Campana, P. E. (2023). Technological advancements and research prospects of innovative concentrating agrivoltaics. *Applied Energy*, 337, 120799.
- 29.- Thomas, S. J., Thomas, S., Sahoo, S. S., Kumar, A., & Awad, M. M. (2023). Solar Parks: A Review on Impacts, Mitigation Mechanism through Agrivoltaics and Techno-Economic Analysis. *Energy Nexus*, 100220.
- 30.- Bawa, R., Dwivedi, P., Hoghooghi, N., Kalin, L., & Huang, Y. K. (2023). Designing Watersheds for Integrated Development (DWID): Combining hydrological and economic modeling for optimizing land use change to meet water quality regulations. *Water Resources and Economics*, 41, 100209.
- 31.- D'Alessandro, F., Sevagian, F., Massulli, A. R., Nardecchia, F., & Pompei, L. (2023). Smart Cities and Communities: a case study of agrovoltaic systems applied to an Italian urban periphery. In 2023 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2023 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/ I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- 32.- Schuy, C., Weber, U., & Durante, M. (2020). Hybrid active-passive space radiation simulation concept for GSI and the future FAIR facility. *Frontiers in Physics*, 8, 337

# USO DE LA HIDROXIAPATITA DE CALCIO COMO CICATRIZANTE DE HERIDAS

## USE OF CALCIUM HYDROXYAPATITE AS A WOUND HEALING AGENT

**Reynaldo Ortiz, Elkis Weinhold, Marisen Leo**

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias,  
Departamento de Química, Laboratorio de Electroquímica  
Mérida 5101, Venezuela.  
reynaldoluis@gmail.com

**Recibido:** 09-10-2023

**Aceptado:** 07-11-2023

### Resumen

La hidroxiapatita de calcio (HA) se ha utilizado ampliamente como biomaterial para la regeneración ósea y tejidos blandos debido a su biocompatibilidad y capacidad osteoconductiva. Varios estudios demuestran que la HA posee propiedades cicatrizantes cuando se aplica localmente en heridas; esto se debe a que promueve la migración, proliferación y diferenciación de queratinocitos, fibroblastos y endoteliales, acelerando así los procesos de cicatrización. En este trabajo se presenta una revisión de los estudios más relevantes sobre el uso de la hidroxiapatita de calcio como cicatrizante de heridas tanto en animales como en seres humanos.

**Palabras clave:** Hidroxiapatita de Calcio, Biomateriales, Cicatrizantes, Regeneración ósea, Bioestimulador sintético

### Abstract

Calcium hydroxyapatite (HA) has been widely used as a biomaterial for bone and soft tissue regeneration due to its biocompatibility and osteoconductive capacity. Several studies show that HA has healing properties when applied locally to wounds; this is because it promotes the migration, proliferation and differentiation of keratinocytes, fibroblasts and endothelial cells, thus accelerating the healing processes. This paper presents a review of the most relevant studies on the use of calcium hydroxyapatite as a wound healing agent in both animals and humans.

**Key words:** Calcium hydroxyapatite, Biomaterials, Healing, Bone regeneration, Synthetic biostimulator

**Reynaldo Ortiz:** Dr en Química Aplicada, opción Electroquímica (ULA), Lcdo. en Química (ULA), investigador de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email:reynaldoluis@gmail.com.

**Elkis Weinhold:** Dra en Química Aplicada, opción Electroquímica Universidad de Los Andes (ULA), Licenciada en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email: elkisweinhold@gmail.com

**Marisen Leo:** Odontólogo (ULA), Técnico Medio, Especialidad Agropecuaria Mención Promoción y Gestión Ambiental. Diplomado en Ciencias Forenses, Instituto de estudios Superiores en Criminológica Aplicada, y Ciencias Forenses Facultad de Farmacia ULA. Diplomado en Cirugía Bucal, Universidad José Antonio Páez. Facultad de Ciencias de la Salud.

## Introducción

En general, el proceso de reparación de heridas se produce en casi todos los tejidos tras la exposición a casi cualquier estímulo destructivo, asimismo, la formación de cicatrices durante la reparación de heridas provoca una disfunción tisular similar dondequiera que se produzca. El proceso de cicatrización, es un fenómeno biológico que se promueve cuando se produce una herida, es un proceso complejo y dinámico, caracterizado por la integración de cuatro etapas sucesivas basadas en la hemostasia, la inflamación, la proliferación y la regeneración.<sup>1,2</sup>

Estos, a su vez, implican interacciones celulares y moleculares complejas que incluyen: migración y proliferación celular, depósito de matriz extracelular y angiogénesis. La primera etapa es la hemostasia, que ocurre inmediatamente después de la lesión; durante esta etapa, los vasos sanguíneos se contraen para reducir el flujo sanguíneo y forman coágulos para detener el sangrado. Además, las plaquetas liberan sustancias químicas que ayudan a estimular el siguiente paso, que es la inflamación, la cual es la respuesta natural del cuerpo para deshacerse de los agentes infecciosos y los daños.

Durante la fase inflamatoria, los glóbulos blancos, como los neutrófilos y los macrófagos, ingresan a la herida para eliminar bacterias y otros desechos. La inflamación también ayuda a estimular la proliferación celular necesaria para la reparación de tejidos. Después de la inflamación, comienza la fase de proliferación, en la que unas células llamadas fibroblastos comienzan a producir colágeno, una proteína clave en la formación del tejido cicatricial.

El colágeno proporciona fuerza y soporte estructural a la herida en proceso de cicatrización, mientras que los vasos sanguíneos se reconstruyen para restaurar el flujo sanguíneo al área lesionada. La etapa final de la cicatrización de heridas es la regeneración; durante esta etapa, el tejido cicatricial se reorganiza y fortalece, el exceso

de colágeno se elimina gradualmente y se reemplaza con tejido conectivo más fuerte; este paso puede llevar semanas o incluso meses, dependiendo de la gravedad de la lesión.

Para el tratamiento de heridas, existen varios métodos comúnmente utilizados por los profesionales médicos;<sup>3,4</sup> uno de los métodos más utilizados es el cierre primario de la herida, que consiste en unir los bordes de la herida con puntos, grapas o pegamento quirúrgico; otro método es el cierre secundario de la herida, que se utiliza cuando la herida es demasiado grande para cerrarla directamente, en este caso, la herida permanece abierta y se deja curar de abajo hacia arriba. Este método es común en heridas infectadas o que contienen tejido muerto.

Existen varios métodos para mejorar la cicatrización e incluso para lograr una apariencia estética de las cicatrices,<sup>5</sup> el cuidado adecuado de la herida es fundamental para una cicatrización adecuada. Se han aplicado agentes antibacterianos, técnicas quirúrgicas y una variedad de terapias basadas en medicamentos y dispositivos para mejorar la cicatrización de heridas, en una variedad de ingredientes activos, incluido extracto de Centella asiática (Madecassole), retinol, óxido de zinc, bálsamo de Perú, clostridiopeptidasa A, proteasa, neomicina, cloruro de benzalconio, propilenglicol, sulfadiazina argentina y corticosteroides entre otros.

Varios estudios recientes muestran que la hidroxiapatita de calcio, natural o sintética, utilizada en polvo, vendaje o en andamio químico, tiene propiedades antiinflamatorias que aceleran e incluso dirigen el proceso de cicatrización.

La hidroxiapatita de calcio HA (Figura 1), con fórmula química  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , es el principal componente mineral de huesos y dientes;<sup>6</sup> tiene una estructura cristalina similar al fosfato cálcico que se encuentra en el tejido óseo normal. Debido a su composición y estructura química, él HA exhibe excelentes propiedades de

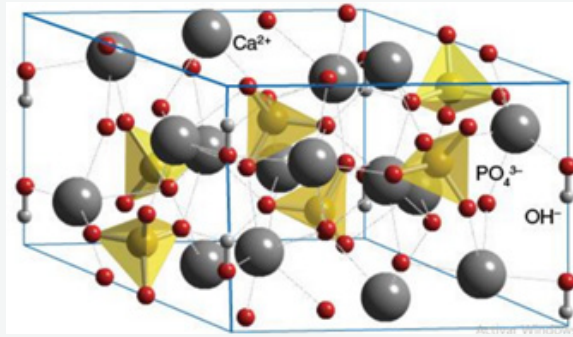


Figura 1.- Estructura cristalina de la hidroxiapatita de calcio.

Fuente: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/fbfae1a7-9e36-4f24-9056-8912e8e14bfo/content>

biocompatibilidad y bioactividad cuando se implanta en el cuerpo. La hidroxiapatita representa un excepcional potencial en osteointegración, osteoinductividad con baja toxicidad debido a su parecido con la fase inorgánica natural de los tejidos óseos, por lo tanto, la HA se ha utilizado para numerosas aplicaciones médicas. Tanto en su forma química basal, modificada estructuralmente o en combinación con biopolímeros y gran número de otras sustancias y medicamentos, sobre todo es un biomaterial ampliamente utilizado en ingeniería de tejidos y medicina regenerativa.

En esta revisión se presentan algunos estudios de aplicaciones cicatrizante y tratamiento de heridas de la HA in vivo en animales y humanos.

### ESTUDIOS CON ANIMALES

La HA ha sido objeto de estudios preclínicos de cicatrización de heridas en diversos modelos animales. Los primeros estudios con ratas Sprague Dawley mostraron que el tratamiento tópico con HA aceleraba el cierre de las heridas por escisión en comparación con los controles no tratados, con un aumento de la deposición de colágeno, la reepitelización, la angiogénesis y la disminución de la inflamación.<sup>7-9</sup> Se han observado efectos positivos similares en la cicatrización de heridas en otros modelos de otros animales como conejos<sup>10</sup> y cerdos.<sup>11,12</sup>

También se ha explorado el uso de HA en combinación con factores de crecimiento, células madre u otros

biomateriales para desarrollar apósitos avanzados para heridas.<sup>13</sup> En estudios más recientes se han propuesto y probado en animales de laboratorio, la fabricación de apósitos más sofisticados basados en HA dopada con iones metálicos<sup>14-16</sup> y HA nanométrica<sup>17-19</sup> soportada en andamios de quitosano, encontrándose altas tasas de cicatrización en ratas y conejos de laboratorio.

En general, la investigación con animales respalda la biocompatibilidad y la eficacia del HA para acelerar todas las fases de la reparación de heridas.

### ESTUDIOS EN HUMANOS

Varios ensayos clínicos pequeños han demostrado resultados positivos utilizando HA en formas como geles, pastas, polvos y apósitos<sup>20-22</sup> para tratar heridas crónicas, quemaduras e incisiones quirúrgicas. En 2009 Schwarz F. et al,<sup>23</sup> evaluaron la cicatrización de defectos periimplantarios intraóseos tras la aplicación de hidroxiapatita nanocristalina en combinación con una membrana de colágeno, el estudio en 22 pacientes mostró una mejoría en la cicatrización de los defectos periimplantarios a los 6 meses de la intervención. Entre los ensayos clínicos recientes, Kor H. et al en el año 2021, reportaron la aplicación de un procedimiento quirúrgico, usando un biocompuesto de HA en combinación con sulfato de calcio y gentamicina,<sup>24</sup> para el tratamiento de úlceras de pie diabético, el estudio fue realizado en 67 pacientes de

13 hospitales con úlceras de pie diabético, complicadas por osteomielitis confirmada o con sospecha de su padecimiento; el tratamiento quirúrgico con el biocompuesto resultó factible y satisfactorio en el 66% pacientes sometidos al tratamiento, por lo cual se hizo innecesario el proceso de amputación miembro inferior.

Estudios similares reportados por Karr J. C.,<sup>25</sup> en el cual empleó también una combinación de HA con sulfato de calcio y en este caso el antibiótico vancomicina, para el manejo y el cuidado de úlceras de pacientes con pie diabético con osteomielitis, evidenciaron que es una terapia coadyuvante eficaz segura y fácil en combinación con un buen procedimiento quirúrgico, no se observó ninguna reacción adversa y una vez sanada la osteomielitis no recidivó.

Estudios más recientes también han explorado el uso de andamios y membranas que contienen HA para la regeneración tisular guiada en heridas crónicas y defectos óseos. Jing Han et al., (2020)<sup>26</sup> prepararon nanobarras de hidroxiapatita dopada con Ti (Ti-HAP) y la incorporaron en una matriz de quitosano (CS) para la cicatrización de heridas articulares. El apósito de hidrogel nanocompuesto CS/Ti-HAP mostró una

elevada actividad antibacteriana y viabilidad celular significativa, la evaluación in vivo de la eficacia de la cicatrización de heridas articulares reveló que el apósito CS/Ti-HAP demostró un efecto terapéutico más rápido que los grupos de quitosano y CS/HA.

El método de dopaje con Ti consigue una elevada tasa de cicatrización de heridas de hasta el 94,2% tras dos semanas de tratamiento. Por lo tanto, estos resultados indican claramente que los nanocompuestos CS/Ti-HAP pueden ser materiales prometedores para aplicaciones de cicatrización de heridas articulares.

También se ha reportado un tratamiento efectivo para mejorar la apariencia de cicatrices profundas dejadas por el proceso de acné vulgar, usando como bioestimulador sintético, HA asociada a suero fisiológico y un anestésico,<sup>27,28</sup> la HA estimula la producción de colágeno endógeno y fibroblastos dérmicos. Así pues, la HA demostró ser un producto versátil y seguro para el tipo de aplicación en cicatrices hipertróficas derivadas del acné vulgar, dado que es biocompatible, bioestimulante, favorece el soporte y la firmeza de la piel y regenera el tejido, con resultados notables al cabo de sólo un mes.

## Conclusiones

Los resultados revisados demuestran que la HA posee propiedades intrínsecas cicatrizantes. Su aplicación local en heridas acelera los procesos fisiológicos de cicatrización tanto en modelos animales como en pacientes humanos. La HA constituye un biomaterial prometedor en el desarrollo de nuevas estrategias para el tratamiento de heridas crónicas y úlceras.

## Referencias

- 1.- Gurtner, G.C., Werner, S., Barrandon, Y. and Longaker, M.T. (2008) Wound Repair and Regeneration. *Nature*, 453, 314-321.
- 2.- Li, J., Chen, J., & Kirsner, R. (2007). Pathophysiology of acute wound healing. *Clinics in dermatology*, 25(1), 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2006.09.007>.
- 3.- Eming, S.A., Martin, P. and Tomic-Canic, M. (2014) Wound Repair and Regeneration: Mechanisms, Signaling, and Translation. *Science Translational Medicine*, 6, 265sr6.
4. Essential clinical procedures. (2007). En Elsevier eBooks. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4160-3001-0.x5001-1>.
- 5.- Wu, S., Marston, W. A., & Armstrong, D. G. (2010). Wound Care: The role of advanced

wound healing Technologies. *Journal of Vascular Surgery*, 52(3), 59S-66S.

- 6.- Velazco, G., & Ortíz, R. (2009). Biomateriales a base de hidroxiapatita sintética para reparación ósea. *Ciencia Odontológica*, 6(1).
- 7.- Santos, M. I., Fernandes, M. H., & Alonso, J. M. (2009). Calcium hydroxyapatite/collagen composite for bone regeneration: in vivo studies. *Journal of biomedical materials research. Part A*, 90(1), 272-279.
- 8.- Chen, Q., Zhu, C., & Thouas, G. A. (2012). Progress and challenges in biomaterials used for bone tissue engineering: bioactive glasses and elastomeric composites. *Progress in Biomaterials*, 1(1), 2.
- 9.- Cheng, L., Wang, T., Zhu, J., & Cai, P. (2016). Osteoinduction of calcium phosphate ceramics in four kinds of animals for 1 year: dog, rabbit, rat, and mouse. *Transplantation Proceedings*, 48(4), 1309-1314. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.09.065>
- 10.- Misic, A. M., Gardner, S. E., & Grice, E. A. (2014). The Wound Microbiome: Modern approaches to examining the role of microorganisms in impaired chronic wound healing. *Advances in wound care*, 3(7), 502-510.
- 11.- A. A. Majeed and R. A. Al Naimi (2012). Role of Hydroxyapatite in Healing of Experimentally Induced Cutaneous Wound in Rabbits. *Al-Anbar J. Vet. Sci.*, Vol.: 5 No. (1) 74-81.
- 12.- Okabayashi, R., Nakamura, M., Okabayashi, T., Tanaka, Y., Nagai, A., & Yamashita, K. (2009). Efficacy of polarized hydroxyapatite and silk fibroin composite dressing gel on epidermal recovery from full-thickness skin wounds. *Journal of Biomedical Materials Research Part B*, 90B(2), 641-646. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31329>.
- 13.- Cunha, C. S., Castro, P., Sousa, S., Pullar, R. C., Tobaldi, D. M., Piccirillo, C., & Pintado, M. M. (2020). Films of chitosan and natural modified hydroxyapatite as effective UV-protecting, biocompatible and antibacterial wound dressings. *International Journal of Biological Macromolecules*, 159, 1177-1185.
- 14.- Wang, X., & Tang, M. (2022). Bioceramic materials with ion-mediated multifunctionality for wound healing. *Smart Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.1002/smmd.20220032>.
- 15.- Yi, Z., Ma, W., Yang, Z., Zhang, H., Ma, J., Li, T., Niu, H., Zhou, Y., Yao, Q., Chang, J., Zhu, Y., & Wu, C. (2022). An ultralong hydroxyapatite nanowire aerogel for rapid hemostasis and wound healing. *Chemical Engineering Journal*, 430, 132912. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132912>.
- 16.- Lalehzar, S. S., Meamar, R., Talebi, A., & Fesharaki, M. (2022). Evaluation of the effectiveness of nano-hydroxyapatite particles in wound healing in an animal study. *Research Square (Research Square)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2303590/v1>.
- 17.- Han, J., Qi, J. H., Du, J., & Zhang, G. (2020). Fabrication of chitosan hydrogel incorporated with Ti-doped hydroxyapatite for efficient healing and care of joint wound. *Materials Letters*, 278, 128415. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128415>.
- 18.- Derakhshi, M., Naseri, M., Vafaeipour, Z., Malaekheh-Nikouei, B., Jafarian, A. H., & Ansari, L. (2023). Enhanced wound-healing efficacy of Electrospun mesoporous hydroxyapatite nanoparticle-loaded Chitosan nanofiber developed using Pluronic F127. *International*

Journal of Biological Macromolecules, 240, 124427. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124427>.

- 19.- Yi, Z., Ma, W., Yang, Z., Zhang, H., Ma, J., Li, T., Niu, H., Zhou, Y., Yao, Q., Chang, J., Zhu, Y., & Wu, C. (2022b). An ultralong hydroxyapatite nanowire aerogel for rapid hemostasis and wound healing. *Chemical Engineering Journal*, 430, 132912. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132912>.
- 20.- Olivas-Armendariz, I., Valencia-Gómez, L. E., Martel-Estrada, S. A., Vargas-Requena, C. L., & Rodríguez-González, C. A. (2016). Natural polymers aposites for skin regeneration. *Revista Mexicana De Ingenieria Biomedica*, 37(3), 235–249. <https://doi.org/10.17488/RMIB.37.3.4>.
- 21.- PEREIRA, G. A. & OLIVA, M. P. Efecacia de la Hidroxiapatita en la Cicatrización de Injertos óseos e Implantes Dentales: una Revisión Sistemática de la Literatura. *Int. J. Odontostomat.*, 8(3):425-432, 2014.
- 22.- Serracanta J., Ruiz M., Barret J.P (2014). Microcirugía y regeneradores dérmicos en el paciente quemado (Caso Clínico). *Heridas y Cicatrización* 15 (4) 24-43.
- 23.- Schwarz, F., Bieling, K., Latz, T., Nuesry, E., & Becker, J. (2006). Healing of intrabony peri-implantitis defects following application of a nanocrystalline hydroxyapatite (Ostim) or a bovine-derived xenograft (Bio-Oss) in combination with a collagen membrane (Bio-Gide). A case series. *Journal of clinical periodontology*, 33(7), 491–499. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2006.00936.x>.
- 24.- Hutting, K. H., De Stegge, W. B. A., Van Netten, J. J., Cate, W. A. T., Smeets, L., Welten, G. M., Scharn, D., De Vries, J. P., & Van Baal, J. G. (2021). Surgical treatment of diabetic foot ulcers complicated by osteomyelitis with Gentamicin-Loaded calcium Sulphate-Hydroxyapatite biocomposite. *Journal of Clinical Medicine*, 10(2), 371. <https://doi.org/10.3390/jcm10020371>.
- 25.- Karr J. C. (2011). Management in the wound-care center outpatient setting of a diabetic patient with forefoot osteomyelitis using Cerament Bone Void Filler impregnated with vancomycin: off-label use. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 101(3), 259–264. <https://doi.org/10.7547/1010259>.
- 26.- Han, J., Qi, J. H., Du, J., & Zhang, G. (2020). Fabrication of chitosan hydrogel incorporated with TI-doped hydroxyapatite for efficient healing and care of joint wound. *Materials Letters*, 278, 128415. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128415>.
- 27.- Nakai, D. N. M., & Canevassi, P. M. B. T. (2022). USO DA HIDROXIAPATITA DE CÁLCIO PARA DERMOVITALIZAÇÃO EM PELE COM CICATRIZ HIPERTRÓFICA: RELATO DE CASO. *Revista Eletrônica Da Estácio Recife*, 8(1). Recuperado de <https://reer.emnuvens.com.br/reer/article/view/677>.
- 28.- Cansado, V. D. C., & Días, F. F. (2023). Indução percutânea de colágeno no tratamento de cicatrizes de acne: relato de técnica. *E-Acadêmica*, 4(3), e0143441. <https://doi.org/10.52076/eacad-v4i3.441>.

# HIDRÓGENO EN CELDA DE COMBUSTIBLE DE MEMBRANA POLIMÉRICA (PEMFC): Una Revisión

## HYDROGEN IN A POLYMERIC MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC): A Review

**Márquez Keyla<sup>1</sup>, Weinhold Elgis<sup>2</sup>, Márquez Olga<sup>2</sup>, Ortiz Reynaldo<sup>2</sup>, Márquez Jairo<sup>2\*</sup>.**

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Núcleo Universitario Alberto Adriani, ULA, Mérida.

<sup>2</sup>Laboratorio de Electroquímica, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, ULA. Mérida 5101, Venezuela.

jokkmarquez82@gmail.com

**Recibido:** 05-09-2023

**Aceptado:** 17-11-2023

### Resumen

La incorporación del vector hidrógeno en celdas de combustible, para suministro posterior y cuando sea requerida la energía, y con ausencia de contaminantes ambientales, ha sido un tópico de mucho estudio estos últimos años. Luego de esas numerosas investigaciones, se llega a considerar al dúo H<sub>2</sub>-PEMFC como la pareja apropiada para tales fines. Son numerosas las aplicaciones económico-sociales que se han logrado y esperan lograr en el futuro próximo. Entre las diferentes alternativas estudiadas para el suministro de hidrógeno a la Pila, acá se tratan, el suministro de hidrógeno líquido vehicular, el llenado vehicular con hidrógeno verde y azul y el combustible vehicular hidrógeno desde vectores metanol y amoníaco. Aplicaciones varias son, desde equipos portátiles hasta grandes centrales de producción de energía estacionaria y en transporte y dispositivos móviles. Relativo al transporte, se han incorporado estas celdas de combustible en automóviles, buses, locomotoras, buques, aviones, motocicletas, vehículos de carga.

**Palabras clave:** Hidrógeno, Celdas de combustible, Membranas poliméricas.

### Abstract

The incorporation of the hydrogen vector in fuel cells, for later supply and when energy is required, and with absence of environmental pollutants, has been a topic of much study in recent years. After these numerous investigations, the H<sub>2</sub>-PEMFC duo has come to be considered as the appropriate couple for such purposes. Numerous economic-social applications have been achieved and are expected to be achieved in the near future. Among the different alternatives studied for the supply of hydrogen to the fuel cell, the supply of liquid hydrogen for vehicles, the filling of vehicles with green and blue hydrogen, and hydrogen vehicle fuel from methanol and ammonia vectors are discussed here. Applications range from portable equipment to large stationary power plants and in transportation and mobile devices. Regarding transportation, these fuel cells have been incorporated in automobiles, buses, locomotives, ships, airplanes, motorcycles, cargo vehicles.

**Key words:** Hydrogen, Fuel Cells, Polymeric membranes

**Keyla Márquez:** MSc. En Electroquímica fundamental y Aplicada (ULA), Ingeniero Industrial (IUPSM), miembro del personal docente y de investigación del NUAA de la ULA. E-mail: keylaenator@gmail.com.

**Elgis Weinhold:** Dra en Química Aplicada, opción Electroquímica Universidad de Los Andes (ULA), Licenciada en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email: elkisweinhold@gmail.com.

**Olga P. Márquez:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciada en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. E-mail: olgamq@ula.ve

**Reynaldo Ortiz:** Dr en Química Aplicada, opción Electroquímica (ULA), Lcdo. en Química (ULA), investigador de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email:reynaldoluis@gmail.com

**Jairo Márquez P:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciado en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. E-mail: jamar@ula.ve



## Introducción

Los requerimientos actuales a nivel mundial urgen por el acceso sin limitaciones al recurso energético no contaminante.<sup>1,2</sup> Existe el requerimiento adicional, sumado a las energías renovables, del almacenamiento y de fuentes de suministro energético disponibles, permanentes, seguras, variadas, ilimitadas, accesibles, no contaminantes y económicas.<sup>3</sup> El Hidrógeno cumple con buena parte de estas exigencias y ello explica la creciente actividad científico-técnica, relacionada con este recurso.<sup>4</sup> Son variadas las vías de su síntesis, y su obtención, mediante síntesis químicas controladas y procesos del tipo electrolisis, fotoelectrólisis y fotoelectroquímico, se suman a esa actual exigencia de nula contaminación, simplicidad y economía en la síntesis.<sup>1</sup>

Adicionalmente, La celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte directamente la energía química en energía eléctrica. Son variadas las celdas de combustible existentes y su aplicabilidad.<sup>3,4</sup>

Uno de los usos más importantes del Hidrógeno para la generación de electricidad, es en las celdas de combustible (Hidrógeno + Oxígeno  $\rightarrow$  Energía + Agua). Con las celdas de combustible se espera la superación de serios problemas actuales como son: la escasez de combustible, contaminación y calentamiento global (efecto invernadero), y la excesiva centralización de la producción de la energía eléctrica.<sup>5</sup> Se utiliza Hidrógeno puro como combustible y aire como oxidante y se evalúa el rendimiento global del sistema.

Amplios estudios realizados, destacan la importancia que representa el dúo, Hidrógeno – Pila PEM (arreglo de celdas de combustible de membranas de intercambio protónico), ello por su acertado acoplamiento en atención a requerimientos sociales e industriales que requieren del recurso energético, así, en la actualidad se procesan, atienden, resuelven y desarrollan, usos y aplicaciones de este dúo como, por ejemplo, en transporte, automoción, industria, comercio y sociedad.<sup>6</sup> Existe ya una clasificación de hidrogeno multicolor,

dependiendo de su grado de contaminación en el proceso de síntesis (no contaminante, poco contaminante, contaminante).<sup>4,7</sup>

En este estudio se tratarán en particular los Hidrógenos denominados verde y azul, en consideración a su nula o poca carbonización ambiental durante su síntesis y uso, y se tratará en particular, la aplicación del dúo H<sub>2</sub> – PEM en la automoción.

## Hidrógeno

La humanidad busca actualmente un sistema energético fiable, asequible y no contaminante, y las energías renovables (Figura 1), sumadas a procesos de almacenamiento y suministro de estas energías, ocupan en la actualidad un papel preponderante con relación a ello, debido principalmente a su diversidad, abundancia, accesibilidad y potencial aprovechamiento en todo el planeta,<sup>8</sup> estas son de muy poca o de nula contaminación, sin contribución al efecto invernadero y a la contaminación ambiental.

El desarrollo de energías limpias es imprescindible para la implementación del acceso mundial a la electricidad y paralelamente controlar el cambio climático y la contaminación ambiental, contribuyendo así al saneamiento del planeta.<sup>9</sup> Los requerimientos actuales a nivel mundial, en los campos energético, económico, salud, comunicación, seguridad, ambiente, servicios y bienestar comunitario, urgen por el acceso sin limitaciones al recurso energético.<sup>4,5</sup> Existe el requerimiento adicional, sumado a las energías renovables, de fuentes de suministro energético disponibles, permanentes, seguras, variadas, ilimitadas, accesibles, no contaminantes y económicas. De las fuentes disponibles al respecto, el Hidrógeno cumple con buena parte de estas exigencias y ello explica la creciente actividad científico-técnica, los nuevos desarrollos y nuevas aplicaciones de este recurso.

El Hidrógeno es considerado también un vector de almacenamiento energético,<sup>10</sup> con novedosas aplicaciones, y su obtención, mediante síntesis químicas controladas y

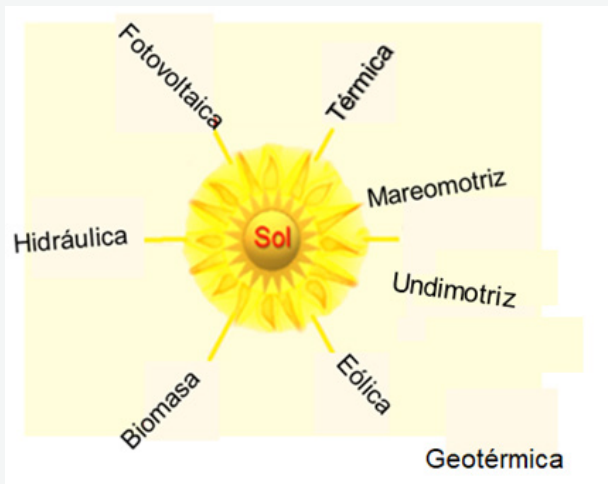


Figura 1.- Cuadro ilustrativo de Energías Renovables (ER)

procesos del tipo electrolisis, fotoelectrólisis o fotoelectroquímico, se suman a esa actual exigencia de nula contaminación, simplicidad y economía en la síntesis (Figura 2).

En cuanto a la descarbonización, efecto invernadero y contaminación ambiental, es necesario la atención a otras fuentes contaminantes ambientales. Hay emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agrícola, pecuario, silvicultura y deforestación. Otros problemas de origen antrópicos debido al manejo inadecuado de recursos naturales son:

- (a) deforestación;
- (b) desertificación;
- (c) inundaciones;

- (d) contaminación hídrica, superficial o subterránea;
- (e) contaminación del aire;
- (f) recarga insuficiente de acuíferos;
- (g) impermeabilización de suelos;
- (h) contaminación en general (residuos radioactivos y otros contaminantes);
- (i) otros.

Las fuentes renovables de energía están bajo evaluación en diversas localidades para su incorporación en planes de descontaminación ambiental. La energía Solar, eólica e hidroeléctrica han sido de amplia aceptación y al respecto nos referimos, en forma resumida, a parte de esa interrelación. En la tabla I se indican rutas para la producción de Hidrógeno vía electroquímica.<sup>1,3</sup> Mediante la electrolisis fotovoltaica, en medio acuoso, se obtienen Hidrógeno y oxígeno a partir del agua, la cual es restablecida posteriormente y con suministro de energía al medio, en celda de combustible.

La apuesta por el uso del H<sub>2</sub> como vector energético que permitiría mantener la capacidad de energía y transporte requerida actualmente por nuestras sociedades deberá resolver dificultades técnicas, económicas y sociales, puesto que el H<sub>2</sub>, el gas más ligero de nuestra naturaleza, es un elemento cuyo manejo requiere tecnologías avanzadas y no está exento de ciertos riesgos en su uso cotidiano.

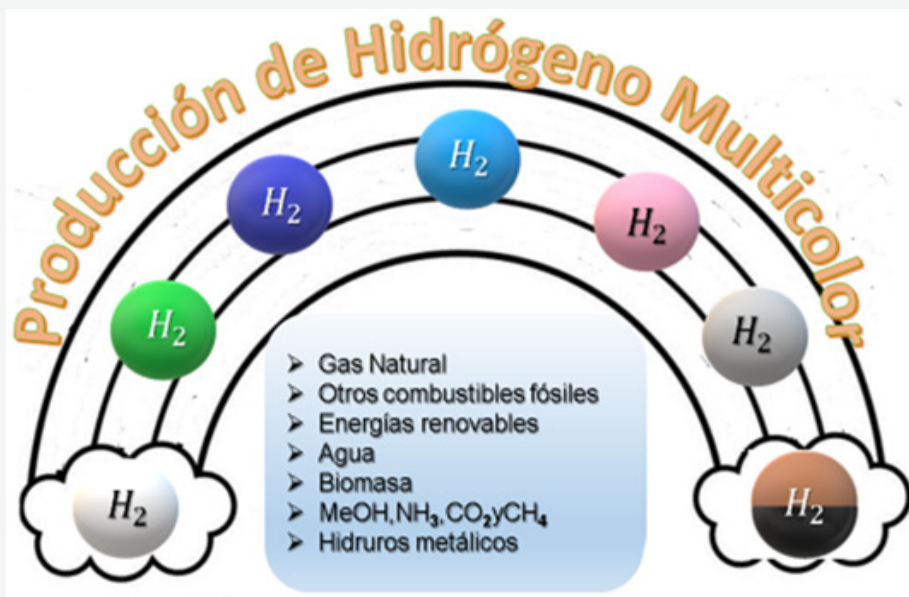


Figura 2.- Representación de la producción de Hidrógeno multicolor.

**Tabla 1.-** Producción de Hidrógeno (verde y/o azul), de la energía solar, vía Electroquímica

H <sub>2</sub> de la energía solar directa (electrólisis fotovoltaica)
H <sub>2</sub> en celda fotoelectroquímica
H <sub>2</sub> de energía solar indirecta (electrólisis): eólica, hidroeléctrica, térmica, mareomotriz, etc.
H <sub>2</sub> por electrólisis (otras fuentes de electricidad)
H <sub>2</sub> vía producción de amoníaco “verde”
H <sub>2</sub> vía producción de metanol “verde”
H <sub>2</sub> procesos cíclicos con regeneración de los reaccionantes

### Celda de combustible

La celda de combustible opera en forma similar a una batería y funciona en forma continua, mientras reciba un suministro continuo de combustible, produciendo energía en forma de electricidad y calor.

El combustible (Hidrógeno) alimenta al electrodo anódico y el oxígeno (o aire) al electrodo catódico. En presencia de un catalizador, el átomo de Hidrógeno se desdobra en sus componentes protón y electrón, los cuales se desplazan por vías diferentes al cátodo.

El protón que se forma en el ánodo, atraviesa el medio electrolítico entre electrodos, mientras que los electrones crean una corriente separada (energía) que

puede ser utilizada antes de su llegada al cátodo, donde se reunirán con el Hidrógeno y oxígeno en una molécula de agua<sup>11</sup> (figura 3). Son variadas las celdas de combustible existentes y su aplicabilidad<sup>12</sup> (Tabla 2).

Uno de los usos más importantes del Hidrógeno para la generación de electricidad, es en las celdas de combustible (Hidrógeno + Oxígeno → Energía + Agua). Con las celdas de combustible se espera la superación de serios problemas actuales como son: la escasez de combustible, contaminación y calentamiento global (efecto invernadero), y la excesiva centralización de la producción de la energía eléctrica.

Se utiliza Hidrógeno puro como combustible y aire como oxidante y se evalúa el rendimiento global del sistema.<sup>12-17</sup>

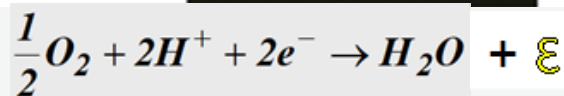
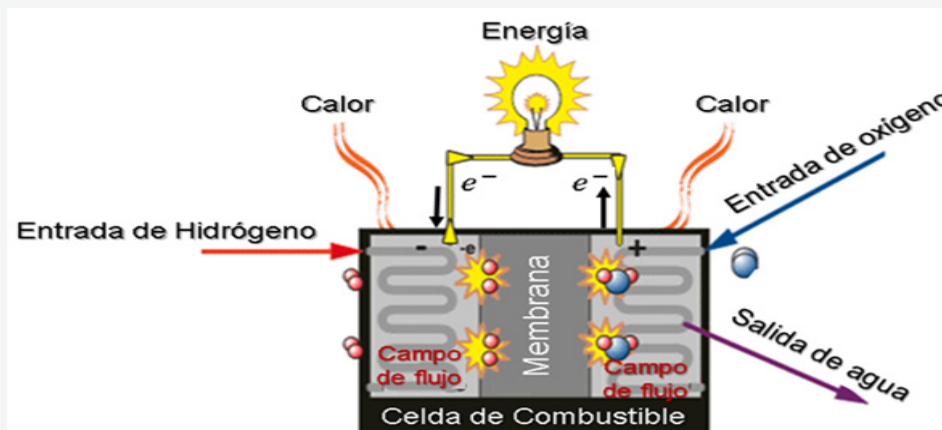


Figura 3.- Representación de una Celda de Combustible de Hidrógeno (Ref. 11)

**Tabla 2.-** Tipos de Celdas de Combustible y Características (Ref. 12)

	PEMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC	DMFC
<b>Electrolito</b>	Membrana de Polímero sólido	Solución alcalina	Ácido Fosfórico	Carbonatos fundidos	Óxido sólido	Membrana de polímero sólido
<b>Temperatura de operación (°C)</b>	60-80	100-120	200-250	600-700	800-1000	50-120
<b>Intervalo de Potencia</b>	(5-250) kW	(5-150) kW	50 kW - 11MW	100 kW - 2 MW	100 kW -250 MW	5 kW
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Baja temperatura</li> <li>➢ Arranque rápido</li> <li>➢ Baja corrosión</li> <li>➢ Mantenimiento bajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Mayor eficiencia</li> <li>➢ Rápida reacción catódica</li> </ul>	Acepta H <sub>2</sub> impuro	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Reformado interno</li> <li>➢ Cogeneración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Reformado interno</li> <li>➢ Cogeneración</li> </ul>	No necesita reformador de combustible
<b>Aplicaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Transporte Portátiles</li> <li>➢ Residencial</li> </ul>	Espaciales	Generación eléctrica distribuida y calor	Generación eléctrica distribuida y calor	Generación eléctrica distribuida y calor	Portátiles

El Hidrógeno es ahora ampliamente reconocido como un vector energético flexible y respetuoso con el entorno, que supone un sistema de suministro energético seguro y, en particular con unas consecuencias significativas en el sector transporte, el Hidrógeno complementa a la electricidad con su gran capacidad de almacenamiento de energía y facilita la integración de la electricidad excedente generada en el mercado energético. La producción de Hidrógeno para uso industrial ya está ampliamente extendida, pero las pilas de combustible son las primeras candidatas para el desarrollo de nuevas oportunidades en su tecnología de aplicación. Por su elevada eficiencia y su silenciosa operación, estos convertidores de energía limpia son adaptables a un amplio rango de aplicaciones de consumo de energía, incluyendo diversos aparatos, así como aplicaciones al transporte por carretera, vía férrea, marítima y aérea.

### Celda de combustible PEM (PEMFC)

Las pilas de combustible de tipo PEM se denominan así porque el electrolito está constituido por una membrana polimérica que separa la parte anódica y catódica de la celda (Barreras).<sup>15,18</sup> Se trata de un conductor protónico, que permite el paso a través de él de los iones H<sup>+</sup>, pero con la particularidad de ser impermeable al resto

de sustancias. Un esquema simplificado del funcionamiento de una pila tipo PEM puede verse en la figura 4.<sup>2</sup> Básicamente, una celda está compuesta por tres zonas: un electrodo cargado negativamente (cátodo), un electrodo cargado positivamente (ánodo), y en medio la membrana electrolítica que separa físicamente los gases a ambos lados.

El combustible, en este caso Hidrógeno, es introducido por los canales mecanizados en la placa bipolar por el lado del ánodo y guiado a través de una capa difusora de material carbonoso hasta la capa catalítica, donde tiene lugar la reacción de oxidación del Hidrógeno (Ec.1). Para los electrodos, los materiales más comunes son aleaciones con Níquel, con Cobre, con Lantano, Itrio estabilizado con Zirconio (YSZ), dióxido de Cerio, Titanato dopado con Lantano y Estroncio, Circonio estabilizado con Escandio, Manganita dopado con Lantano y Estroncio, entre otros. La capa difusora debe ser un material altamente poroso, de modo que facilite la difusión del Hidrógeno para alcanzar más eficientemente las partículas de catalizador.

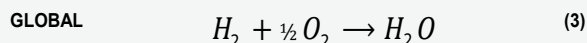
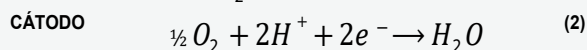
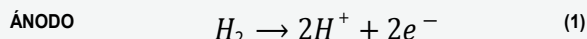
Los protones generados atraviesan la membrana polimérica de intercambio protónico, pero los electrones no pueden cruzarla, debido a que no es conductora electrónica y buscan la salida a través de un circuito alternativo: el formado por las

capas difusoras (que al ser de un material carbonoso conducen la electricidad) y las placas, creando una corriente eléctrica disponible para la REALIZACIÓN de un trabajo. Por la otra cara, el aire entra a través de los canales del cátodo, atraviesa la capa difusora y el oxígeno se combina en la capa catalítica con los protones que pasan a través de la membrana y los electrones del circuito exterior, generando agua y calor (Ec. 2).

Estos dos subproductos son evacuados a través del flujo de gases en el cátodo y, en el caso del calor, además por convección (natural o forzada) con el medio que rodea a la pila. En el caso de una configuración de varias monoceldas apiladas (lo que constituye realmente una pila), la circulación electrónica varía, ya que los electrones generados en el ánodo de una celda no se recombinan en la reacción catódica de la misma celda, sino en el cátodo de la celda adyacente.

Es el proceso continuo de generación y recombinación en celdas consecutivas lo que provoca una circulación electrónica global a través del sistema (19). Las reacciones electroquímicas descritas anteriormente

pueden formularse como:



Si empleamos la teoría electroquímica, para una pila de combustible de tipo PEM que emplee  $H_2/O_2$  a  $25^\circ C$ , el potencial teórico que puede producir la misma será de 1,23 V, con una eficiencia del 83%. Sin embargo, el potencial real de una pila disminuye respecto de su valor teórico (ideal) debido a las pérdidas irreversibles que tienen lugar. La figura 5 nos presenta los elementos que componen la Celda PEM.<sup>8</sup>

El primer paso para diseñar una pila es definir el tamaño del área activa y el número de unidades que la formarán. En efecto, cuando un stock (arreglo) se diseña para una aplicación dada, los datos del diseño vienen impuestos por los requerimientos de la aplicación a la cual se va a entregar la energía eléctrica que se produzca, tales como el voltaje y la potencia. En el proceso de apilamiento en serie de las celdas, el voltaje total de la pila es la suma de todos los voltajes individuales, o el producto

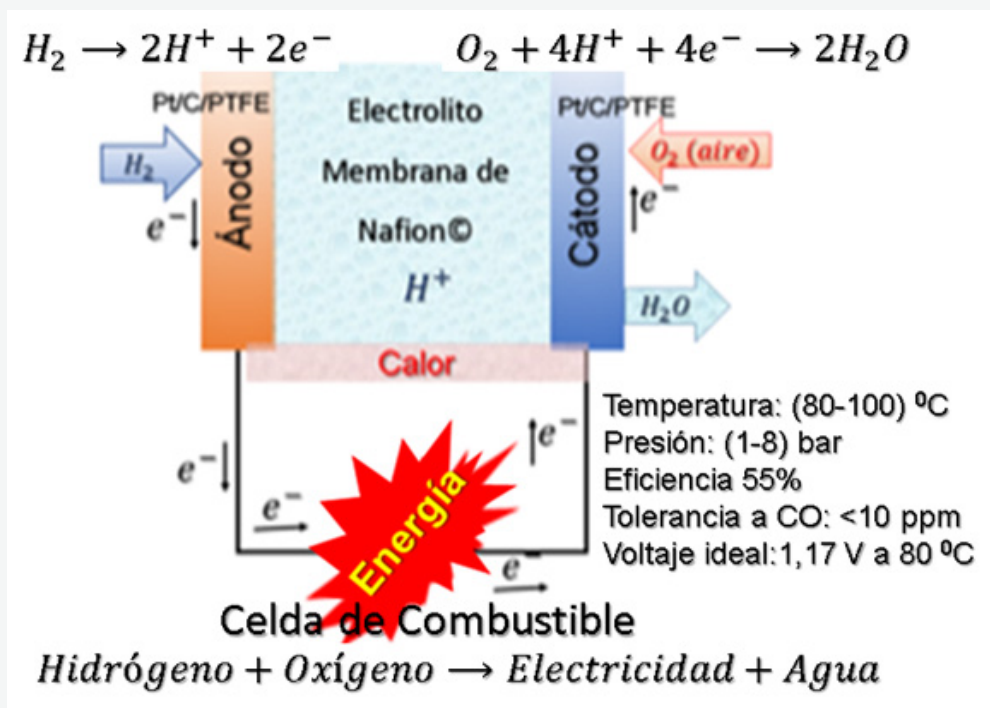


Figura 4.- Celda de Combustible con Membrana de intercambio protónico, PEM (Proton Exchange Membrane)

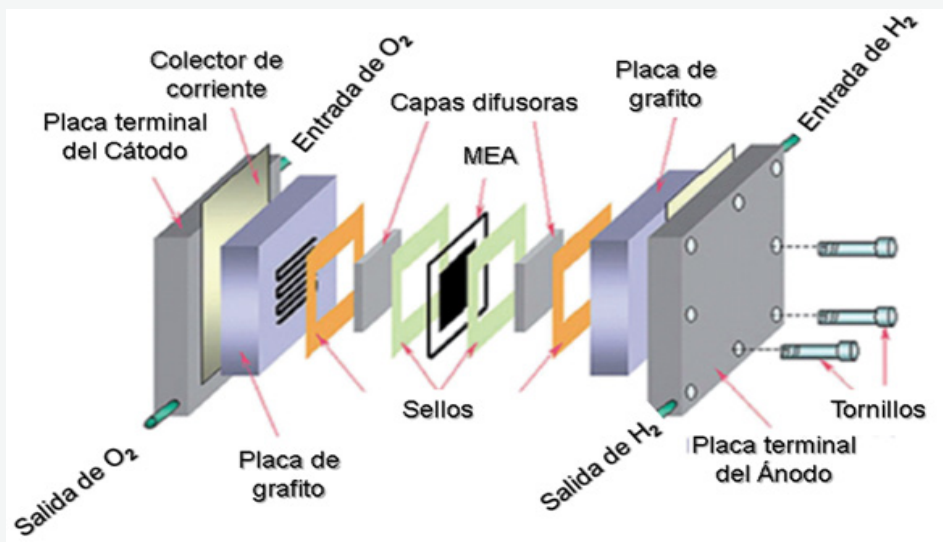


Figura 5.- Componentes de la Celda PEM (Ref. 8)

del voltaje promedio por el número total de celdas. De forma general, el potencial de la pila y la densidad de corriente no son parámetros independientes, sino que están relacionados a través de la curva de polarización.<sup>8</sup>

### Combustible Hidrógeno en vehículos

El Hidrógeno puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> actuando desde tres frentes<sup>4-6</sup>:

I. Si el Hidrógeno es obtenido de combustibles fósiles (mediante reformado de gas natural) y empleado en pilas de combustible, se logra una primera reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la mayor eficiencia de la pila respecto al motor alternativo.

II. Si el Hidrógeno se obtiene de fuentes renovables y se quema en motores alternativos la reducción de emisiones es muy drástica, incluso si el Hidrógeno obtenido a partir de gas natural se emplea en pilas de combustible.

III. Si el Hidrógeno obtenido de fuentes renovables, electrólisis con agua pura y se emplea en pilas de combustible, la contaminación ambiental se considera nula. El análisis anterior revela que el Hidrógeno y las pilas de combustible pueden ser una solución al problema del transporte.

La electrólisis tiene el potencial de permitir

la producción de Hidrógeno con un impacto medioambiental mínimo.<sup>5,14,20-22</sup>

Por esta razón, al Hidrógeno producido por electrólisis se le ha dado la categoría de verde. Por supuesto, la principal ventaja de los vehículos de Hidrógeno es que se mueven de una forma que es totalmente limpia. No es solo que únicamente emiten vapor de agua, es que, además, sus componentes son mucho más sostenibles que las baterías de los vehículos eléctricos. Las celdas de combustible de Hidrógeno son completamente renovables.

Además, precisamente por esa falta de batería, los vehículos propulsados con Hidrógeno son considerablemente más ligeros que sus competidores eléctricos y no tienen que estar enchufados durante horas para cargarse. Los coches de Hidrógeno repostan de forma similar a los de gasolina, por lo que el tiempo que requieren es parecido. Es decir, que mientras que un coche eléctrico requiere de 5 horas para una carga completa, uno de Hidrógeno rellena el tanque en 5 minutos.

La falta de infraestructuras de carga, el elevado coste de producción del Hidrógeno verde y la mayor penetración del vehículo eléctrico van a provocar que la adopción como medio de transporte se retrase. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de vehículos eléctricos y de Hidrógeno

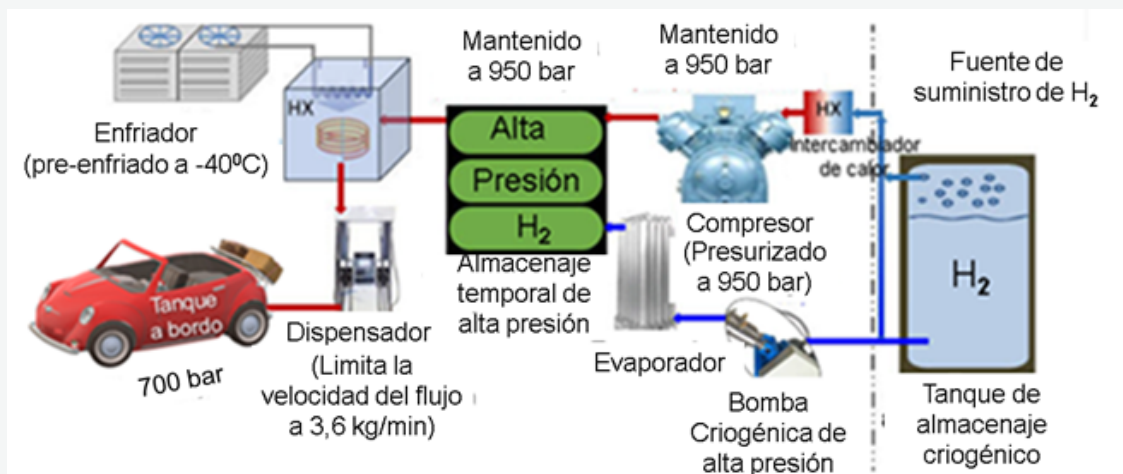


Figura 6.- Estación de recarga de Hidrógeno líquido

no se excluyen mutuamente. Es más, dadas las diferencias entre ambos, la combinación podría ser el camino a seguir. Los coches eléctricos ofrecen ventajas inigualables para el transporte de corta distancia, mientras que los de Hidrógeno podrían demostrarse como la mejor opción para desplazamientos de media o larga distancia.

Las aplicaciones de pilas de combustible en automoción pasan mayoritariamente por las pilas PEMFC, que, si bien presenta problemas técnicos, tales como una crítica gestión de la humedad de la membrana o problemas de vibraciones con la misma membrana, resulta muy adecuada dada su baja temperatura de operación, lo que facilita el período de arranque.<sup>23</sup>

Entre las diferentes alternativas estudiadas para el suministro de Hidrógeno a la Pila, se plantean las formas de Hidrógeno como gas comprimido o en forma líquida, siendo ésta última más compleja pues requiere almacenamiento y manipulación criogénica (Figura 6).<sup>24,25</sup>

El motor de Hidrógeno funciona gracias a una pila de combustible instalada en la parte delantera del vehículo. En la pila de combustible se produce una reacción química entre el Hidrógeno almacenado en los depósitos del vehículo y el oxígeno que llega del exterior.

Esta reacción produce electricidad para mover el vehículo y vapor de agua, que es lo

único que se expulsa por el tubo de escape. Un auto de pila de combustible también cuenta con una batería donde se acumula la electricidad sobrante para que sea utilizada en cualquier momento. También, existe comercialmente el vehículo NEXO, por ejemplo, dispone de tres tanques de Hidrógeno a presión, situados debajo del asiento posterior. Cada depósito tiene una capacidad de 52,2 litros.

En total almacenará un máximo 156,6 litros de Hidrógeno. El recargue de este combustible se hace en cinco minutos y con los tres depósitos cargados el NEXO puede recorrer una distancia de 666 kilómetros.

Desde el punto de vista de las estaciones de servicio (las llamadas hidrogeneras) también se plantea si la producción ha de ser in-situ a través de reformadores de gas natural o electrólisis, o bien de tipo centralizada y transportando el combustible en depósitos presurizados o de forma criogénica, de forma similar a como ocurre ahora con las refinerías y gasolineras.

En cuanto al tren de potencia, la opción más simple es la llamada “full-power”, consistente en que la pila alimenta a un motor eléctrico que acciona las ruedas. Sin embargo, el elevado coste de las pilas recomienda recurrir a pilas más pequeñas, las cuales requieren el empleo de una configuración híbrida, es decir, combinar el empleo de la pila de combustible con una batería que permita, por ejemplo,

aprovechar frenados regenerativos.

Esta idea de los vehículos híbridos parte de unos vehículos que ya están comercializados y que presentan rendimientos bastante elevados en los que el motor térmico convencional se acopla a una batería, ya sea en configuración serie o paralelo. En la configuración serie la energía para el motor eléctrico procede exclusivamente de la batería, que es cargada por el motor térmico (o pila de combustible); por el contrario, en la configuración paralela la transmisión es arrastrada a la vez por el motor térmico y por el motor eléctrico.

Una de las soluciones más viables es el uso del Hidrógeno verde como combustible.<sup>5,20-22</sup> Su potencial es evidente como fuente de generación de energía renovable limpia y sostenible, que brinda múltiples ventajas para el medio ambiente. Incorporar el Hidrógeno verde a la combustión interna de los motores aumenta la eficiencia del combustible, lo que se traduce en un ahorro importante en el consumo y extiende la vida útil del motor.

El Hidrógeno azul es poco o no contaminante, dependiendo de su síntesis, el almacenamiento y el reciclaje de los carbonizantes formados en el proceso. El

Hidrógeno azul es también apropiado para su utilización como combustible, en medios de transporte terrestre, aéreo y marítimo.

Otras formas estudiadas de suministro de Hidrógeno a la pila contemplan el suministro del Hidrógeno producto de la oxidación del metanol;<sup>26-28</sup> mezcla con combustibles fósiles para reducir emisiones de dióxido de carbono; suministro de metanol recurriendo a un reformado a bordo<sup>29</sup> y también gana aceptación la pila de metanol directo DMFC, es decir, una pila muy similar a la PEMFC, pero capaz de establecer sus reacciones a partir de metanol.<sup>30,31</sup>

Si esta pila alcanzase su madurez tecnológica en poco tiempo facilitaría en gran medida la introducción de los vehículos con pila de combustible, ya que podrían utilizarse las infraestructuras de suministro (gasolineras) actuales. El metanol se obtiene en grandes reactores industriales utilizando altas presiones y a partir del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que es el principal responsable del calentamiento global. Se sintetiza también el metanol a partir de  $\text{CO}_2$ , agua y electricidad que puede provenir de fuentes renovables. De hecho, el metanol ya se utiliza de forma corriente en la industria como disolvente para pinturas, barnices y anticongelantes, también como

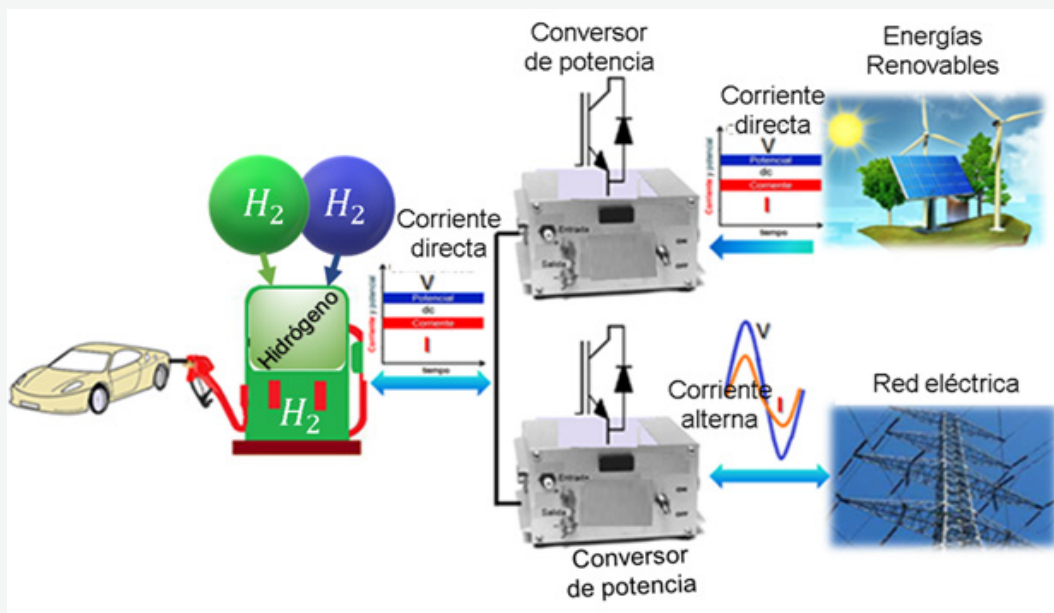


Figura 8.- Combustible vehicular Hidrógeno desde vectores metanol y amoníaco



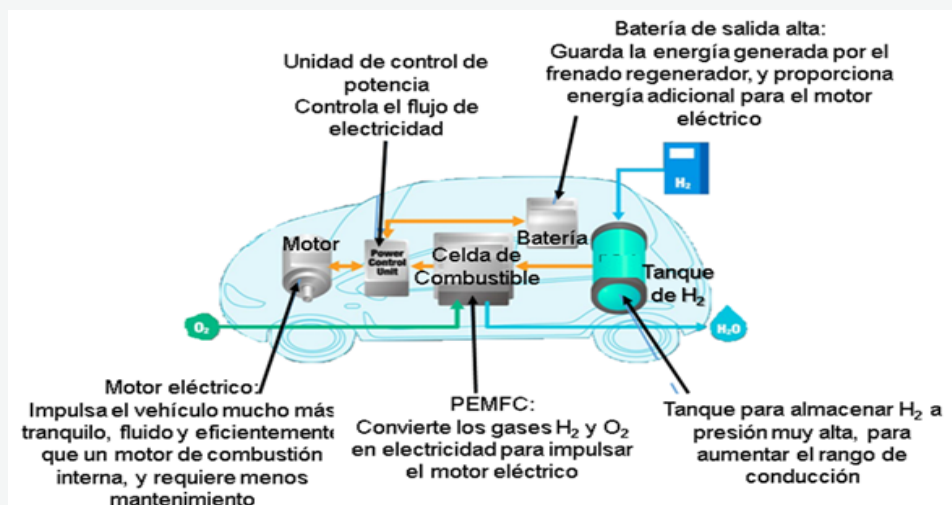


Figura 9. - Automóvil sin/o poco contaminante ambiental

combustible para automóviles. El  $CO_2$  capturado en las plantas industriales como materia prima para fabricar metanol a gran escala mediante energías renovables lo convertiría en un nuevo combustible solar para alimentar nuevos sistemas mecánicos híbridos electrificados.

Por su parte, el amoníaco ofrece una gran potencialidad para ser utilizado como combustible en diferentes aplicaciones. El hecho de estar libre de carbono ofrece la posibilidad de alimentar turbinas de gas, calderas, celdas de combustible y motores de combustión interna sin emisiones de  $CO_2$  asociadas a su uso, por lo que, si la energía y las materias primas utilizadas para producir el amoníaco proceden de fuentes renovables, todo el ciclo se considera completamente libre de carbono.

Además, actualmente el amoníaco ya se produce y comercializa en volúmenes considerables, por lo que ya existe la infraestructura necesaria para su transporte y almacenamiento, junto con procedimientos de manipulación segura bien establecidos.

El uso del amoníaco como combustible presenta ciertas ventajas, ya que permite utilizar motores de combustión interna similares a los actuales.

Además, su producción es económicamente viable y se puede llevar a cabo utilizando energía renovable, en paralelo con

la producción de Hidrógeno y otros combustibles neutros.<sup>32-34</sup>

El amoníaco garantiza, para el futuro, un sistema de energía libre de  $CO_2$ . La alta densidad volumétrica del Hidrógeno, su baja presión de almacenamiento y su estabilidad para el almacenamiento a largo plazo, son algunas de las ventajas del amoníaco para el almacenamiento de Hidrógeno. Además, el amoníaco también se considera seguro, debido a su alta temperatura de autoignición, su baja presión de condensación y su baja densidad de gas comparada con el aire. El amoníaco puede producirse a partir de muchos tipos diferentes de fuentes de energía primaria, de particular interés las renovables.

En el lugar de utilización, la energía del amoníaco puede generarse directamente como combustible o descomponerse inicialmente en Hidrógeno para muchas opciones de su uso. El uso del amoníaco se ha centrado principalmente en la posible utilización directa del amoníaco debido a su mayor eficiencia energética total, abarcando el motor de combustión interna, la combustión para turbinas de gas y la celda de combustible de amoníaco directa.<sup>35</sup>

Se ha propuesto también el uso del amoníaco para la producción insitu de Hidrógeno mediante su descomposición.<sup>36</sup> La figura 9 muestra un arreglo de los componentes del sistema energético en el vehículo.<sup>37</sup>

**Tabla 3.-** Tipos de tecnología de vehículos eléctricos (Ref. 37)

Transporte Portátil Residencial		
100% Eléctricos a baterías BEV	Uno o varios motores eléctricos que pueden ser recargados en la red	Incorpora sistema de recuperación de energía de la frenada y las deceleraciones
Vehículos eléctricos de hidrógeno FCEV	Movido por pila de combustible de hidrógeno	Se genera una corriente eléctrica en la pila, que mueve el motor eléctrico
Vehículos eléctricos de autonomía extendida EREV	Motor de combustión de gasolina y uno o varios eléctricos	Cuando la batería tiene suficiente carga el motor de gasolina se encuentra parado y el vehículo se mueve sin emisiones. Cuando la batería requiere energía se pone en marcha el motor de combustión para recargarla y mover el motor eléctrico.
Vehículos híbridos enchufables PHEV	Motor de gasolina acompañado por un motor eléctrico	Movimiento del carro por cada motor o en forma combinada. Motor eléctrico con batería enchufable a la red
Vehículos híbridos no enchufables HEV	La batería se puede recargar utilizando el motor de combustión o la energía de la frenada y desaceleraciones	Reducen los consumos, sobre todo en recorridos urbanos.
Híbridos suaves de 48 voltios	Sistema eléctrico de 48V (sustituye el de 12V)	Puede detener el motor de combustión (disminución del consumo y emisiones) y reactivarlo cuando se requiera. Puede accionar pequeños motores eléctricos

## Conclusiones

- ⊕ Para su utilización el Hidrógeno puede combinarse con el oxígeno por procesos térmicos (MCI, turbinas) o electroquímicos (pilas de combustible) para generar energía mecánica o eléctrica con una emisión solo de vapor de agua.
- ⊕ Las pilas de combustible instaladas tipo PEM, se muestran como una tecnología apropiada para un gran número de aplicaciones, desde equipos portátiles hasta grandes centrales de producción de energía estacionaria y en transporte y dispositivos móviles.
- ⊕ Las grandes ventajas de los vehículos de pilas de combustible frente a los vehículos eléctricos son el menor tiempo de recarga y/o descarga y frente a los convencionales (incluidos los híbridos) el uso de un combustible que no es ni limitado ni contaminante.
- ⊕ Vehículos eléctricos operando con celdas de combustible y con Hidrógeno almacenado a bordo producen cero contaminaciones. No hay emisión de gases contaminantes ni gases de efecto invernadero.
- ⊕ Muchas empresas manufactureras de vehículos a celdas de combustible cuentan ya con desarrollos en proceso, algunas ya con ejemplares comercializados. Y se han incorporado estas celdas de combustible en el transporte, buses, locomotoras, buques, aeroplanos, motocicletas.

⊕ Hay actualmente una demanda por la fabricación de reformadores, electrolizadores, catalizadores y nuevas membranas, desarrollo de materiales y ensamblaje de pilas de combustible, en particular pilas de combustible PEM. También requerimientos por una red de estaciones de servicio de Hidrógeno (hidrogeneras) y por la incorporación de dispensadores de Hidrógeno en estaciones de servicio convencionales.

**Agradecimiento:** Los autores agradecen a la Universidad de los Andes – Mérida, por su apoyo académico

## Referencias

- 1.- Márquez J, Márquez OP, Weinhold E, Márquez K. 2021. Hidrogeno desde la energía Solar (con Electroquímica). Una revisión. Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE). 4(1)11-27. <http://revistas.saber.ula.ve/rite>.
- 2.- Márquez P Jairo, Márquez P Olga, Martínez Yris, Márquez Keyla, Weinhold Elkis, Ortíz Reynaldo. 2022. Electroquimienergía y Cambio Climático: una revisión. InfoANALÍTICA 10(1).
- 3.- Linares H JI, Moratilla S BY. 2007. El Hidrógeno y la Energía. Avances de Ingeniería. Asoc. Nac. de Ingenieros del ICAI y Univ. Pontificia Comillas. Madrid - España.
- 4.- Morante JR, Andreu T, García G, Guilera J, Tarancón A, Torrell M. 2020. Hidrógeno Vector energético de una economía descarbonizada. Fundación Naturgy.
- 5.- Márquez OP, Márquez K, Weinhold E, Márquez J. 2023. Vector Energético: Hidrógeno Multicolor (con electroquímica). pg. 65 – 78. Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE) 6(1) Enero – Junio. ISSN: 2665-0339.
- 6.- IRENA-Green hydrogen policy. 2020. Selección de tipos de Hidrógeno. Pag.8.
- 7.- Van de Graaf Thijs. 2021. Energía y Geoestrategia. Cap. 3. El Hidrógeno limpio: la piedra angular de un nuevo escenario geopolítico. 191-241.
- 8.- Barreras F, Lozano A. 2012. Hidrógeno. Pilas de combustible de tipo PEM. [www.energia2012.es](http://www.energia2012.es).
- 9.- Bisquert J. 2005. Sistemas electroquímicos y nanotecnología para el almacenamiento de energía limpia. Energías renovables Caja España. Universitat Jaume I, 12071 Castelló.
- 10.- Groll S. 2021. Energía para un futuro neutro desde el punto de vista climático. Heinrich-Böll-Stiftung e.V., Schumannstraße 8, 10117 Berlin.
- 11.- Mexpolímeros. [www.mexpolimeros.com](http://www.mexpolimeros.com).
- 12.- Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH<sub>2</sub>). Ciudad Real. España.
- 13.- El-Shafie M, Kambara S, Hayakawa Y. (2019) Hydrogen Production Technologies Overview. Journal of Power and Energy Engineering ,7, 107-154. <https://doi.org/10.4236/jpee.2019.71007>.
- 14.- Márquez OP, Márquez J. (2020). Hidrogeno vía Electroquímica, Cap. 16. Una Educación Universitaria de Calidad (Tomo II). Publicación Vicerrectorado Académico ULA. ISBN

978-980-11-1858-9. ULA-Mérida-Venezuela.

- 15.- P de la Torre Iglesias-Sarría. 2019. Hidrógeno y Pilas de Combustible. Perspectivas de Futuro en el transporte. Colegio Universitario de Estudios Financieros. Tesis. Madrid.
- 16.- El Hidrógeno y las Pilas de Combustible. 2007. Edición para la Comunidad Autónoma de Castilla y León. E.I.S.E. Domenech, S.A. España.
- 17.- Asensio, P. 2020 Hidrógeno y pila de combustible. Energías renovables. p., (1-20) Ed. Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid.
- 18.- Vallejo OP. 2003. “Ensamble y evaluación de una celda de combustible tipo PEM” Tesis Maestría. Centro de Investigación y Desarrollo tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ). Méjico.
- 19.- Muthukumar M, Rengarajan N, Velliyangiri B, Omprakas MA, Rohit CB, Raja UK. (2021). The development of fuel cell electric vehicles–A review. *Materials Today: Proceedings*, 45, 1181-1187.
- 20.- Chamorro RJ. 2009. Modelamiento, Optimización y Control de una Planta de Producción de Hidrógeno para Celdas de Combustible. Tesis de Maestría Universidad del Norte, Barranquilla.
- 21.- Ibrahim Dincer. 1971. Green methods for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy* (Pergamon)-Vol. 37, Iss: 2, pp 1954-1971.
- 22.- Bhandari, R., Trudewind, C.A. and Zapp, P. (2014) Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Electrolysis Review. *Journal of Cleaner Production*, 85,151-163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.04>.
- 23.- Grupo TES (Transport Energy Strategy) del V Programa Marco de la Unión Europea y de Daimler Chrysler [GONZO6].
- 24.- Carlos Marschoff, Jairo Márquez P., Olga P. Márquez. 2023. Electromovilidad para un Medioambiente más Limpio. *Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)* Vol 6 N 1. 79-91. ISSN: 2665-0339.
- 25.- <https://hdsam.es.anl.gov/index.php?content=hrsam>.
- 26.- Junjie Chen. 2022. Methanol steam reforming for hydrogen production in microchannel reactors. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)* Vol 1, No 4, 01-27.
- 27.- Lu. W, Zhang. R, Toan. S, Xu. R, Zhou. F and Sun. Z. 2022. Microchannel structure design for hydrogen supply from methanol steam reforming. *Chemical Engineering Journal*, Volume 429, Article Number: 132286.
- 28.- Yao CZ, Wang LC, Liu. YM, Wu. GS, Cao. Y, Dai. WL, He. HY, Fan. KN. 2006. Effect of preparation method on the hydrogen production from methanol steam reforming over binary Cu/ZrO<sub>2</sub> catalysts, *Appl. Catal. A Gen.*, 297, 151–158.
- 29.- Trimm. DL. 2003. On-board hydrogen generation for fuel cell-powered vehicles: the use of methanol and propane, *Top. in Catal.*, 22, (2003), 359–367.
- 30.- Alias. MS, Kamarudin. SK, Zainoodin. AM, and Masdar. MS. 2020. Active direct methanol

fuel cell: An overview. International Journal of Hydrogen Energy, Volume 45, Issue 38, 2020, Pages 19620-19641.

- 31.- Kawamura. Y, Ogura. N, Yamamoto. T, and Igarashi. A. 2006. A miniaturized methanol reformer with Si-based microreactor for a small PEMFC. Chemical Engineering Science, Volume 61, Issue 4, Pages 1092-1101.
- 32.- A.G. Olabi, Abdelkareem. MA, Al-Murisi. M, et al. (2023). Recent progress in Green Ammonia: Production, applications, assessment; barriers, and its role in achieving the sustainable development goals. Energy Conversion and Management, 277, 116594.
- 33.- Márquez OP & Márquez JP. 2023. El amoníaco como almacenaje químico de Hidrógeno. Amerika Latina y El Karibe. Debate e Ideas. Caracas-Venezuela.
- 34.- Aleasoft Energy Forecasting. 2021. El amoniaco verde o cómo transportar el Hidrógeno renovable (2021). <https://elperiodicodelaenergia.com/el-amoniaco-verde-o-como-transportar-el-hidrogeno-verde/>.
- 35.- Olabi, AG., Abdelkareem, MA., Al-Murisi, M., Shehata, N., Alami, AH., Radwan, Castro MA. 2021. Sistemas de producción de potencia utilizando amoníaco y su aplicación en ciclos combinados. Tesis de Grado. Dpto. Ingeniería Energética. Sevilla – España.
- 36.- Lucentini I. 2021. Producción de Hidrógeno a partir de Amoniaco en Reactores de paredes catalíticas. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Politécnica de Cataluña. España.
- 37.- García G. 2018. Tipos de vehículos eléctricos: funcionamiento y características de cada tecnología. (<https://www.hibridosyelectricos.com/>).
- 38.- Muthukumar M, Rengarajan N, Velliyangiri B, Omprakas MA, Rohit CB, Raja UK. (2021). The development of fuel cell electric vehicles–A review. Materials Today: Proceedings, 45, 1181-1187.

# LA TRANSDISCIPLINARIEDAD Y SU IMPORTANCIA EN LA EDUCACIÓN ESPECIAL

## TRANSDISCIPLINARITY AND ITS IMPORTANCE IN SPECIAL EDUCATION

José Rafael. Prado Pérez<sup>1</sup>, Irmarielba Angulo Rondón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental del Yaracuy- San Felipe 3201-Venezuela

**Recibido:** 19-09-2023

<sup>2</sup>Facultad de Humanidades y Educación Universidad de Los Andes. Mérida 5101-Venezuela;

**Aceptado:** 10-10-2023

jose.prado078@gmail.com

### Resumen

El propósito fundamental de este ensayo es, plantear la importancia de la transdisciplinariedad en el trasfondo paradigmático de los profesionales de la educación especial en la sociedad contemporánea, desde las tendencias de nuevos enfoques insurgentes, en tiempos de transformación académica, para una actuación profesional más acorde con la nueva ciencia, las necesidades educativas actuales y los propósitos de la academia en el ámbito universitario. Para realizar esta disertación, se analiza y se trata de expresar una concepción paradigmática de alta relevancia en la actuación docente en la sociedad del conocimiento del siglo XXI como es la “transdisciplinariedad”, el cual es un constructo cambiante por su naturaleza flexible, sujeto a revisiones, reorientaciones o reconstrucciones de acuerdo con los cambios académicos científicos. Asimismo, se aborda teniendo presente el panorama señalado por las organizaciones mundiales encargadas de la salud, quienes enfatizan indicadores que estiman que para este siglo XXI en América latina y el Caribe vivirán alrededor de 60 millones de personas con algún tipo de discapacidad; desde esta perspectiva se necesitan conceptos muy actuales e interrelacionados, capaces de dar las explicaciones unificadas y globales que permitan resolver problemas complejos y planetarios.

**Palabras clave:** Educación especial, transdisciplinariedad, discapacidad, complejidad.

### Abstract

The aim of this essay is to raise the importance of transdisciplinarity in the paradigmatic background of special education professionals in contemporary society, from the trends of new insurgent approaches, in times of academic transformation, for a professional performance more in line with the new science, the current educational needs and the purposes of the academy at the university level. To carry out this dissertation, we analyze and try to express a paradigmatic conception of high relevance in the teaching performance in the knowledge society of the 21st century, such as "transdisciplinarity", which is a changing construct due to its flexible nature, subject to revisions, reorientations or reconstructions according to the scientific academic changes. Likewise, it is approached bearing in mind the panorama pointed out by the world organizations in charge of health, who emphasize indicators that estimate that for this XXI century in Latin America and the Caribbean there will be around 60 million people living with some type of disability; from this perspective, very current and interrelated concepts are needed, capable of giving unified and global explanations that allow solving complex and planetary problems.

**Key words:** special education, transdisciplinarity, disability, complexity, biostimulator

**José R. Prado P.:** Dr en Educación Mención Currículo, Dir. de Investigación y Postgrado Universidad Nacional Experimental del Yaracuy. Postdoctorados: Gerencia para el Desarrollo Humano, Políticas Públicas en Educación y Filosofía e Investigación, Coord. del Grupo de Investigación Complejidad y Desarrollo Humano en la Discapacidad Núcleo Universitario “Rafael Ángel Gallegos Ortiz” Universidad de Los Andes. Email: jose.prado078@gmail.com y jprado@uney.edu.ve.

**Irmarielba Angulo Rondón:** Estudiante de la Lice. en Educación Mención Educación Física, Deporte y Recreación Facultad de Humanidades y Educación, ULA Mérida Venezuela, Arbitro Federado de la Federación Venezolana de Softbol.

## Introducción

El problema que nos ocupa reside en el hecho de que nuestro aparato conceptual clásico que creemos riguroso, por su objetividad, determinismo, lógica formal y verificación resulta corto, insuficiente e inadecuado para simbolizar o modelar realidades que se nos han ido imponiendo, sobre todo a lo largo del siglo XX y lo que va del siglo XXI, ya sea en el mundo subatómico de la física, como en el de las ciencias de la vida y en las ciencias humanas. Para representarlas adecuadamente necesitamos conceptos muy distintos a los actuales y mucho más interrelacionados como la interdisciplinariedad o la transdisciplinariedad, capaces de darnos explicaciones globales y unificadas.

La vida personal, social e institucional, en el mundo actual, se ha vuelto cada vez más compleja en todas sus dimensiones. Esta realidad ha hecho más difíciles los procesos metodológicos para conocerla en profundidad, información que necesitamos, sin alternativa posible, para lograr el progreso de la sociedad en que vivimos. De aquí ha ido naciendo, en los últimos 25 ó 30 años, una gran diversidad de métodos, estrategias, procedimientos, técnicas e instrumentos, sobre todo en las Ciencias Humanas, para abordar y enfrentar esta compleja realidad. Estos procesos metodológicos se conocen hoy día con el nombre general de Metodologías Cualitativas, y han sido divulgados en un alto número de publicaciones, estas orientaciones metodológicas tratan de ser sensibles a la complejidad de las realidades de la vida moderna y, al mismo tiempo, estar dotadas de procedimientos rigurosos, sistemáticos y críticos, es decir, poseer una alta respetabilidad científica.

Esta línea de reflexión ha exigido la creación de términos nuevos y, entre ellos, está jugando un papel clave el de “transdisciplinariedad”. Pero, ¿qué entendemos exactamente con el mismo? En efecto, como lo señala Prado<sup>1</sup> “más allá de”, o “a través de” (trans) las disciplinas conocidas puede haber muchas cosas, y necesitamos saber a cuáles nos referimos

si deseamos comunicarnos y entendernos. Por otro lado, la semántica, como también la etimología, pueden tener “cierto derecho” a imponernos un determinado significado de los términos, pero sabemos que, en definitiva, es la pragmática, es decir, el “uso” de los términos y, a veces, contra toda lógica, el que termina jugando el papel principal en la comunicación.

El movimiento intelectual y académico denominado transdisciplinariedad se ha desarrollado mucho en los últimos 15 años; como lo afirma Morín<sup>2</sup> este movimiento desea ir más allá no sólo de la uní-disciplinariedad, sino también, de la multi-disciplinariedad (que enriquece una disciplina con los saberes de otra) y de la interdisciplinariedad (que lleva, incluso, el orden epistémico y metodológico de una a otra). Aunque la idea central de este movimiento no es nueva; Piaget la proponía ya en los años 70 como una etapa nueva del conocimiento, su intención es superar la parcelación y fragmentación del conocimiento que reflejan las disciplinas particulares y su consiguiente hiperespecialización, y, debido a esto, su incapacidad para comprender las complejas realidades del mundo actual, las cuales se distinguen, precisamente, por la multiplicidad de los nexos, de las relaciones y de las interconexiones que las constituyen.

Por otro lado, es sumamente relevante tener presente que los estudios realizados por la UNESCO,<sup>3</sup> estiman que para inicios del siglo XXI en América latina y el Caribe vivirán alrededor de 60 millones de personas con algún tipo de discapacidad, información motivante para investigar acerca del qué y el cómo se desempeña el docente, cuando trabaja en la modalidad de educación especial.

En este discurso nos centramos en explicar la necesidad e importancia académico-científica del desarrollo y aplicación de una nueva concepción paradigmática que trascienda el mecanicismo de la modernidad y en su lugar se instaure una visión transdisciplinaria integral del ser humano, basada en el holismo epistémico y en la filosofía neohumanista. Por lo tanto, se aborda la exposición de un estatuto

epistemológico de la concepción holística del ser humano, como elemento esencial, substancial, existencial y trascendental del contexto social complejo y transdisciplinario; así como también se consideraran las dimensiones de la problemática de las discapacidades a nivel mundial.

## **Desarrollo**

### **El paradigma objetivista de la modernidad y su influencia en la formación universitaria**

Observando la formación universitaria del docente, en la modalidad de la educación especial fundamentada epistemológicamente y filosóficamente desde esta visión positivista, mutilante, reduccionista y unidimensional, consecuentemente acarreará profesionales con deficiencias, porque conduce a una hipersimplificación y por ende, se debe acotar la propuesta de Morín,<sup>4</sup> al respecto, acciones fraccionadas no responderán a necesidades reales y sentidas por la sociedad, en especial porque se observa y resuelve la problemática oral desde una visión aislada de la educación integral del individuo con cualquier tipo de discapacidad.

Apunta Pirona<sup>5</sup> de igual manera, que es importante que el modelo educativo que se asume para la formación del talento humano, sea instrumento esencial y transformador, capaz de estimular a enfrentar exitosamente los desafíos del mundo contemporáneo y permita formar ciudadanos que contribuyan a construir una sociedad más justa y abierta, basada en la solidaridad, el respeto a las diferencias culturales y derechos humanos, así como al uso compartido del conocimiento y la información, constituyéndose en un elemento insustituible para el desarrollo social, la producción, el crecimiento económico, el fortalecimiento de la identidad cultural y el mantenimiento de la cohesión social, la lucha contra la pobreza y la promoción de la paz.

Sugiere Esser,<sup>6</sup> que las relaciones entre la filosofía, la física y la biología en el plano individual y social, conforman el marco conceptual expuesto en el primer acápite

que se resume en la identificación del subsistema de conocimiento organización identidad que dinamiza el desarrollo humano. La concepción positivista excluye del proceso de producción de conocimiento también al área intersubjetiva (además de las experiencias internas y la separación del sujeto y el objeto). El área intersubjetiva hace relación a la tradición, a la conciencia colectiva, al sentido común, a la ética, a la religión, a la ciencia, al lenguaje, y a todo el ámbito de acción de la intuición, ámbito que posee mayores alcances que el enfoque objetivo, tal como lo evidencian las experiencias cotidianas.

### **Nueva concepción paradigmática en la actuación docente y profesional en educación especial.**

Se cuestiona que en América Latina y el Caribe las instituciones de Educación Superior tienen un papel protagónico en el estudio crítico de los cambios que se están gestando en la sociedad contemporánea y en el esfuerzo de predicción e incluso de conducción de dichos cambios, mediante la creación e intercambio de conocimientos pertinentes con la participación de toda la sociedad y del propio sector educativo. Asimismo, señala que debería fomentarse la pertenencia social, la innovación, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en los programas de estudio, fundando las orientaciones a largo plazo en los objetivos, necesidades sociales y culturales.

Desde esta visión advierte Beltrán<sup>7</sup> el conocimiento representa las maneras de acercarse o de comprender un evento el cual para ser comprendido en mejor forma ha de ser visto desde diversas perspectivas hasta tener una mayor comprensión, más compleja, la cual a su vez constituye una manera de apreciar el hecho, más no la comprensión global y definitiva pues el conocimiento es dinámico, evoluciona y tiene matices.

Pero el conocimiento es más que saber intelectual, es vivencia, es intuición, es acto, técnica e idea. El conocimiento desde lo holístico es la condición humana y social relacionada con el saber, con la experiencia,



con el sentido de trascendencia y es a su vez la vida intuitiva y las manifestaciones cuya explicación a veces parecieran no tener asidero.

Además, que una visión estrecha en un área tan diversa como es la educación especial, no sólo limita la capacidad de encontrar soluciones adecuadas, sino que hace imposible dar el paso previo fundamental y decisivo: impide reconocer las problemáticas a consecuencia de una ceguera metodológica que, recorta un campo de visibilidad y decibilidad arbitrariamente, para luego, ocultando este detalle, exhibirse como sujeto de la visibilidad total.

Por lo tanto, se necesita con urgencia en el proceso formativo del universitario en la modalidad de la educación especial, de una nueva manera de utilizar la mente, una conciencia más plena e integral, la lógica clásica se queda corta, sus palabras y conceptos son estáticos y reductivos, además, obligan a lo conocido a ser estático.

Desde este abordaje, es imprescindible la formación universitaria que contribuya al mejoramiento de la vida, que haga frente a la discriminación, al fanatismo, a la explotación y a la violencia, al choque entre culturas, etnias y regiones. Se propone un humanismo universalista, plural y convergente; que contribuya a estructurar los países, las instituciones y las relaciones humanas, impulsando un individuo capaz de producir la recomposición de las fuerzas sociales; en un mundo en el que se perdió el sentido y la dirección en la vida, destacándose la necesidad de profesionales aptos para crear una nueva atmósfera de reflexión en la que no se opongan ya de modo irreducible lo personal a lo social, ni lo social a lo personal.

Desde este punto de vista, la actuación del profesional de la educación especial la cual se inclina hacia la objetividad del conocimiento y el determinismo de los fenómenos, pero que, frente a la complejidad de las nuevas realidades emergentes actuales, su fuerte interdependencia, por un lado, y por el otro, la dotación insospechada de la capacidad no creadora de los procesos

cognitivos del cerebro humano, postulan una nueva conciencia y un paradigma acorde con ambos grupos de realidades.

En tal sentido, Martínez<sup>8</sup> sugiere que la principal falla en la formación de los universitarios actualmente, es básicamente cultivar, solamente un hemisferio cerebral, el izquierdo y sus funciones racionales consientes, descuidando la intuición y las funciones holística entre otras del lado derecho, además de marginar el componente emotivo y afectivo y su importancia en el contexto general.

La armonía entre estas tres estructuras fundamentales cerebrales, su equilibrio y sabia orquestación, deberá ser un objetivo fundamental de nuestra educación moderna. Pero que desde el enfoque humanista, la formación universitaria debe involucrar toda la persona y no solo su mente, abordando las destrezas intelectuales con todos los otros aprendizajes que son necesarios en la vida, para lograr ser una persona autorrealizada: habilidades relacionadas con los sentimientos, valores, intereses, creencias, elección, capacidad imaginativa y creadora, conductas entre otras.

Esta postura rescata la importancia del sujeto, además, la observación no es pura, sino que implica la inserción de lo observado en un marco referencial o fondo, representado por los intereses, valores, actitudes y creencias de determinada persona que serían los que le darían significado a lo observado.

En general la persona inteligente no suele fallar en su lógica o argumentación, pero acepta con facilidad, en forma tácita no explícita, ciertos presupuestos (valores, creencias, intereses, conjeturas, hipótesis, actitudes) que determinan el curso de su pensamiento, razonamiento y de su investigación.

Es considerado la nueva racionalidad la cual se constituye por cinco principios fundamentales y más universales, los principios de la inteligibilidad, dos de naturaleza ontológica (la tendencia universal al orden de los sistemas abiertos

y la ontología sistémica) y tres de base epistemológica (el conocimiento personal, la meta comunicación del lenguaje total y el principio de complementariedad).

En tal sentido, es conveniente acotar lo que indica Morín<sup>9</sup> ya que la ciencia debido a su incapacidad de controlar, prever, integrar, articular, reflexionar sus propios conocimientos e incluso de concebir su rol social, se ha vuelto ciega. Tal cual como una paradoja, pues la ciencia moderna, que tanto contribuyó a elucidar el cosmos, las estrellas, la bacteria, es completamente ciega con respecto a sí misma y a sus poderes; debido a que ya no sabemos a dónde nos conduce.

Por otro lado, se señala que la fragmentación del conocimiento disciplinario y especializado han alejado al investigador de una percepción contextualizada, sistémica y compleja de su propio objeto de estudio, además de su elevado grado de especialización y formalización, obstaculizando plantearse los problemas acerca de la propia forma en que se constituye la realidad de la forma parte este proceso.

De acuerdo con Esquivel,<sup>10</sup> empecemos por considerar todo aquello que concebimos como acciones (acerca de Teorías de la Acción véase, entre los trabajos clásicos, la recopilación; la versión más específica de la Teoría de la Acción en que se apoya este trabajo. Definiendo, muy en general, la acción como una particular transformación entre dos estados de cosas (uno inicial y otro final), veremos entonces con gran claridad las semejanzas y diferencias primarias entre la acción de instruir y la acción de aprender: primero, ambas son específicamente equivalentes (propiamente incluidas en el conjunto de las acciones), en cuanto que el estado de cosas final es siempre una competencia nueva por parte del individuo que aprende o que es instruido.

Además, ambas son comúnmente equivalentes en cuanto que se vinculan a unas coordenadas socio espacios temporales (marco de Situación o Contexto) donde se definen cosas como necesidades,

tiempos, lugares, redes sociales, etc. Segundo, ambas son diferentes por el hecho de que el aprendizaje es una acción más general que la instrucción, en el sentido de que toda instrucción tiende a producir un aprendizaje (entendido como estado de cosas final), mientras que no toda acción de aprendizaje se deriva de una acción de instrucción.

### **La transdisciplinariedad y su importancia en la educación especial**

Como le señalamos al inicio de este ensayo, estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud estiman que para inicios del siglo XXI en América latina y el Caribe vivirán alrededor de 60 millones de personas con algún tipo de discapacidad, esta situación obliga a la educación en todas sus etapas y niveles a transformarse, a fin de estar a la altura de las necesidades educativas de este nuevo milenio, en tal sentido, se plantea la urgencia de investigar acerca del qué y el cómo se desempeña el docente, cuando trabaja en la modalidad de educación especial.

Como lo plantea Padrón,<sup>11</sup> se está produciendo un movimiento importante de reforma educativa y curricular que redundará en beneficio de la inclusión de los estudiantes con necesidades educativas especiales en la escuela ordinaria. Si a ello se une la existencia de profesionales con verdadera vocación, que necesitan ser formados en la perspectiva de la nueva conceptualización de las necesidades educativas especiales, se puede decir que existe una potencia capaz de dinamizar cambios sorprendentes en este terreno.

En cuanto a la producción de talento humano el modelo educativo revela una tendencia a la capacitación con énfasis en el desarrollo de técnicas y destrezas manuales y un aprendizaje fundamentado en el enfoque conductista, con una visión parcial de los procesos inherentes a la formación integral del ser humano.

Dentro de este marco de ideas, se puede considerar que es el paradigma objetivista de la modernidad el cual configura un episteme

educativo mecánico y reduccionista fundamentando la formación universitaria del docente; observándose la necesidad de trascender hacia un enfoque paradigmático holístico, que permita concebir al hombre en sus diversas perspectivas y dimensiones del Ser con base en la epistemología del neohumanismo como filosofía no antropocéntrica.

Se expresa, que el docente en la modalidad de la educación especial, debería ser concebido desde una mirada amplia, sensible, que refleje su interioridad, al ejecutar la acción de la atención que debe proporcionar, a todo individuo que lo requiera, sin mirar estatus socioeconómico, religiones, razas. Pero para ello, es indispensable necesariamente un cambio de paradigma educativo en las instituciones universitarias y desde quienes dirigen el hecho educativo con la intención de alcanzar una nueva formación.

Martínez<sup>12</sup> señala que, de acuerdo a la secuencia histórica del pensamiento de la cultura occidental orientada hacia la educación, denotaremos a los paradigmas, como “paradigmas epistémicos”: En las tres primeras décadas del siglo XX los físicos hacen una revolución de los conceptos fundamentales de la física, lo que implicó que las ideas positivistas no eran respaldadas ni por esta disciplina. Concluyen que el observador no sólo no está aislado del fenómeno que estudia, sino que forma parte de él. El fenómeno lo afecta, y él a su vez influye en el fenómeno.

No obstante, es imperiosa la necesidad de abordar en las actividades académicas, y en especial en la formación universitaria del docente de la educación especial, las contradicciones, las aporías, las antinomias, las paradojas, las parcialidades y las insuficiencias del paradigma que ha dominado desde el Renacimiento, el conocimiento científico.

### **Necesidad e importancia de una formación universitaria y actuación Integral en la educación especial**

En el mundo actual, caracterizado por sus

interconexiones a un nivel global donde los fenómenos educativos, físicos, biológicos, psicológicos, sociales, políticos, económicos y ambientales, están entre sí, recíprocamente interdependientes, y para abordar y vivir en este mundo de manera adecuada, se necesita una nueva perspectiva y una nueva formación profesional amplia, integral, holista, ecológica y transdisciplinaria que ni las concepciones reduccionistas del cosmos académico, ni las diferentes disciplinas aisladamente pueden cubrir.

Al respecto, se plantea un nuevo paradigma; una transformación fundamental del modo de pensar, percibir y valorar. En este sentido, en la educación especial se advierte la necesidad de considerar el conjunto de dimensiones socioculturales a fin de abordar las discapacidades como un hecho total, lo que permitirá reflexionar en los planes preventivos, en las prácticas y más adelante en los métodos terapéuticos, así como también en las causas tanto fisiológicas como sociales y sobre todo, aprehender los es que más cultural y social a partir de los cuales se previene y se reconoce.

Asimismo, esta concepción se suma como aporte para la necesaria transformación universitaria.

Se sugiere que el ser humano, sea odontólogo, médico, educador, Ingeniero, carpintero o cocinero, no debe sentirse exclusivo en el mundo, a pesar del arsenal de conocimientos que la educación universitaria le permita, alcanzar, y como tal comportarse, al contrario, todo ese mundo de ideas, conceptos, pensamientos adquiridos durante su proceso de metamorfosis universitario, debe directamente, irlo convirtiendo en un ser cada día más sensible, vulnerable, sociable y menos mezquino frente a sufrimiento y necesidades de sus semejantes.

Según Pirona et al<sup>13</sup> la formación de los profesionales universitarios en cualquier carrera es una responsabilidad compleja y con múltiples exigencias para todos los que se involucrasen en su desarrollo. Esa multiplicidad de exigencias supone una organización rigurosa, encargada de velar

porque se defina en forma pertinente al profesional a formar y los requerimientos pedagógicos a seguir para lograrlo, además de realizar un seguimiento sistemático a fin de evitar desviaciones que distorsionen el perfil profesional que se aspira formar. Estos dos aspectos podrían constituir la esencia y razón de ser de las instituciones universitarias.

### **Del reduccionismo positivista de la modernidad al paradigma de la transdisciplinariedad y la complejidad en la educación especial**

En el mundo de la ciencia en general y en particular de las ciencias fácticas se viven momentos de incertidumbre producto de la inadecuación de las rígidas estructuras metodológicas heredadas de la ciencia de la modernidad. Estamos en presencia de un redimensionamiento de los objetos de estudio con importantes efectos en las dimensiones filosóficas de la ontología, epistemología y metodología.

Esta discusión se inscribe en el debate que desde mediados del Siglo XX se viene dando sobre el papel protagónico de los paradigmas en la producción de conocimiento científico, que originó e impulsó Thomas Khun<sup>14</sup> con su obra “La Estructura de las Revoluciones Científicas”. Su explicación sobre la ciencia en “Zig zag”, refiriéndose a las dudas, incertidumbre y discontinuidades manifiestas ante la aparición de un nuevo descubrimiento, constituyen un interesante proceso lleno de complejidad. Se impone, por tanto, una revisión de los cimientos de la arquitectura científica de las ciencias en general, y en particular, de los elementos que fundan la investigación en la Educación Especial, para adecuarlos a una compleja realidad ontológica y a los requerimientos de múltiples usuarios.

Así pues, la no linealidad, el azar, la imprevisión y la imprecisión, lo desconocido, lo complejo, forma parte intrínseca de la realidad objeto de reflexión en procesos de indagación científica en la Educación Especial y requiere una nueva lógica para su comprensión e interpretación.

La observación le debe mucho a la teoría; es por ello, que antes de abordar el estudio de una realidad, el investigador debería revisar sus enfoques paradigmáticos, sus métodos, sus conceptos, para poder obtener un conocimiento profundo en relación con el objeto de estudio, en orden de que emerja un pensamiento creativo, orientado hacia la búsqueda de conocimientos significativos, sin casarse, ni amarrarse a paradigma alguno, de manera tal que los procesos mentales evolucionen en forma libre, espontánea y dinámica, de acuerdo con la naturaleza y características del objeto de indagación y las condiciones que se presenten durante la misma.

Desde la inauguración de la modernidad con la obra de Descartes y las posturas empiristas inglesas; y especialmente en los últimos tres siglos, el quehacer científico se fundó en las matemáticas de Newton y Leibniz; estas explicaron un mundo lineal, mecánico, caracterizado por la repetición de los fenómenos, su predictibilidad, y sujeción a leyes inmutables. El conocimiento exacto de las leyes del movimiento y de la configuración del universo determinó el avance del conocimiento científico, su lógica y su lenguaje.

En la actualidad, seguimos repensando este enfoque paradigmático porque en las ciencias de la educación especial, no estamos respondiendo a visiones complejas de nuestro mundo en especial en el trabajo científico que se viene construyendo en el campo de la discapacidad.

Como se menciona en el Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad<sup>15</sup> La formación de pregrado y los postgrados en la educación especial se caracterizan por el hábito de realizar investigaciones bajo el paradigma positivista, pero en una forma mecánica o recetaria de hacer ciencia, sin el suficiente conocimiento epistemológico, puesto que no se manejan las corrientes filosóficas, enfoques paradigmáticos y posturas que rigen los procesos del pensamiento para construir la ciencia la educación especial.

El aporte significativo de este trabajo,

podemos vincularlo al proceso de La transdisciplinariedad y la educación de calidad, constructos que dan una visión más expedita a educadores de la educación especial en la interpretación de otros paradigmas emergentes como son la complejidad y la transdisciplinariedad, esto permite desarrollar procesos de construcción del conocimiento en esta área que responda a una verdadera sociedad del conocimiento que tome en consideración a la persona con alguna condición, la cual, es un ser humano que presenta tanto variadas potencialidades

y limitaciones en un contexto de actual de incertidumbre en nuestra sociedad por la disminuida formación académica del área, puesto que la evolución de las ciencias se ha orientado hacia la interdisciplinariedad facilitando la formación de teorías generales y conduciéndolas a la integración y a la búsqueda del conocimiento sin fronteras, que deben ser complementados necesariamente tanto por la complejidad y la transdisciplinariedad en la formación universitaria.

## Conclusión

En resumidas cuentas, la realización de investigaciones y trabajos en áreas afines a las ofertas académicas y en tópicos relacionados con las demandas del entorno que revisten importancia para el desarrollo integral del individuo que presenta una condición especial. Implica la formación de docentes con una sólida comprensión desde lo humano, lo integral, lo sistemático y lo holístico, respetando las potencialidades y necesidades como personas, pero desde una perspectiva epistemológica inter, multi, transdisciplinaria y compleja.

Por tal situación, se propone dentro del contexto de América Latina y el Caribe: Profundizar en el sistema multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario, seguir actualizando los recursos pedagógicos necesarios para crear una verdadera inclusión de personas con discapacidad siendo el mayor reto que enfrenta el sistema educativo venezolano para desarrollar una pedagogía de la inclusión. En definitiva, la formación académica en la discapacidad, pensada desde una epistemología transdisciplinaria, constituye un largo viaje hacia lo desconocido, este viaje según Morin , constituye la búsqueda del conocimiento en forma permanente, de forma crítica, abordando la realidad, transitando los pensamientos, viajando de lo simple a lo complejo, de lo disciplinario a lo transdisciplinario, de la certeza a la incertidumbre, es decir movilizándose desde una verdadera lógica científica que vaya en beneficio de la discapacidad y sobre todo en el sistema educativo venezolano.

Por los planteamientos antes citados, proponemos en el ámbito educativo, una modalidad de educación especial en Venezuela: Profundizar en los sistemas mencionados, actualizar la estructura legislativa vigente en materia de discapacidad en la educación venezolana, rescatar el papel de la pedagogía en las instituciones de formación universitaria. En especial en las áreas de la educación especial, de esta manera facilitaremos respuestas viables, pertinentes y con equidad e inclusión a los planteamientos sociales que requieren las personas con una condición especial.

## Referencias

- 1.- Prado, J. La complejidad y el desarrollo humano en la Discapacidad. Reflexiones. Vicerrectorado Administrativo. Universidad de los Andes Mérida Venezuela 2013.
- 2.- Morín, E. El método II. El conocimiento del conocimiento. Madrid.1999.
- 3.- UNESCO. Educación. La agenda del siglo XXI. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (1ra edic.) Colombia: Tercer mundo Editores 1998.
- 4.- Morín, E. Introducción al Pensamiento Complejo. Barcelona. Gedisa. 2003.

5. Pirona M, García N, Rincón M. (2006). Odontología transcultural: Eje transversal del currículo de la Facultad de Odontología de la Universidad Del Zulia (Parte I). Ciencia Odontológica Vol. 3 N° 2, Pág. 78 – 84.
- 6.- Esser, J. (2005). La transdisciplinariedad compleja como referente teórico para el abordaje del proceso-salud-enfermedad Vol. VII • Número 1. Documento en línea. Disponible en: [new.medigraphic.com/cgibin/resumen.cgi?IDREVISTA=101&IDARTICULO=7975&IDPUBLICACION=] Consultado: 2008, Enero 16.
- 7.- Beltrán, R. Educación en odontología: Manual del profesor Lima, Perú. Universidad Peruana Cayetano Heredia 1998.
- 8.- Martínez, M. La nueva ciencia. Su desafío, lógica y método. México. Trillas. 2002.
- 9.- Morín, E. Articular los saberes. Salvador. USAL. (1998).
- 10.- Esquivel, N. Humanismo y Universidad. Perspectivas para una formación 2003.
- 11.- Padrón J. Paradigma de las ciencias sociales. Universidad Simón Rodríguez. (2005).
- 12.- Morín, E. Los Siete Saberes necesarios para la Educación del Futuro. Ediciones UNESCO – IESALC. Caracas. 2000.
- 13.- Pirona M, García N, Rincón M. (2006). Odontología transcultural: Eje transversal del currículo de la Facultad de Odontología de la Universidad Del Zulia (Parte I). Ciencia Odontológica Vol. 3 N° 2, Pág. 78 - 84.
15. Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad. Selección de ponencias y comunidades: Año 2001 (Actas). Madrid.

# Normas para los autores

## Normas para los autores

El idioma oficial de la revista es el español, aunque podría considerarse artículos en idioma inglés para que alcance una mayor audiencia,

## Criterios de Evaluación y Condiciones

### Generales:

Las contribuciones técnicas que se publiquen deberán estar enmarcadas en los requisitos fijados por la presente norma y aceptadas por el Comité Editorial. Los trabajos publicados en RITE son de su propiedad intelectual, con las excepciones que se estipulan en el Convenio de Publicación y no podrán ser reproducidas por ningún medio sin la autorización escrita del comité editorial.

Los autores deberán indicar, al final del manuscrito, nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo correo electrónico

### Contribuciones

El comité editorial acepta siete tipos de contribuciones para publicación: Artículos técnicos, artículos de ingeniería aplicada, comunicaciones, revisiones, notas técnicas, ensayos y artículos de difusión.

### Artículos Técnicos:

Son aquellas contribuciones que además de informar novedades y adelantos en las especialidades que abarca RITE, son el resultado de un trabajo de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte relevante en Ciencia, Tecnología e información para su difusión.

### Artículos de ingeniería aplicada y educación:

Son el resultado de trabajos de grado (Especialización, Maestría y Doctorado) o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial y en educación.

### Comunicaciones:

Son reportes de resultados originales de investigaciones de cualquier campo de la educación, las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia especializada. Podrá ser de hasta 10 cuartillas.

### **Revisiones:**

Son artículos solicitados por invitación del comité editorial y comentan la literatura más reciente sobre un tema especializado en particular.

### **Notas Técnicas:**

Son aquellas contribuciones producto de investigación destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca RITE. Podrán presentarse en una extensión máxima de diez (10) cuartillas, incluyendo figuras y tablas, las que deberán cumplir las condiciones que para ellas se establezca.

### **Artículos de difusión:**

Son aquellos que reportan una idea con hechos de actualidad, relacionada con la proyección de la revista, sin entrar en detalles. El comité editorial se reserva el derecho de seleccionar los artículos técnicos, de educación y los de ingeniería aplicada consignados para publicación, después de consultar por lo menos a dos árbitros.

### **Ensayos:**

Son textos que analizan, interpretan o evalúan un tema de investigación en particular. Debe presentar argumentos y opiniones sustentadas. Los artículos remitidos para su publicación tienen que ser inéditos. No serán aceptados aquellos que contengan material que haya sido reportado en otras publicaciones o que hubieran sido ofrecidos por el autor o los autores a otros órganos de difusión nacional o internacional para su publicación.

### **Normas para la presentación de artículos y documentos:**

Todas las contribuciones deberán prepararse en procesador de palabras Microsoft office Word a espacio 1,5 en papel tamaño carta, tipo de letra Arial 12, con todos los márgenes de 2,5 cm, anexando su versión digital.

Los artículos técnicos, los de educación y los de ingeniería aplicada deberán tener una extensión mínima de 10 páginas y un máximo

de 20 (excepto para las revisiones, que no tendrán límites de páginas), incluyendo ilustraciones (figura + tablas)

### **Composición**

Los artículos técnicos y de ingeniería aplicada deberán ordenarse en las siguientes secciones: título en español, nombre completo de autores, resumen en español y palabras clave, título en inglés, resumen en inglés (Abstract) y (Key words), introducción, desarrollo, conclusiones, referencias bibliográficas.

### **Título en español:**

Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, formulas ni caracteres desconocidos, que contenga la menor cantidad de palabras que expresen el tema que trata el artículo y pueda ser registrado en índices internacionales. El autor deberá indicar también un título más breve para ser utilizado como encabezamiento de cada página.

### **Nombre completo de los autores:**

Además de indicar nombre y apellido de los autores, en página aparte se citará título académico, lugar de trabajo, cargo y dirección completa, incluyendo teléfono y correo electrónico.

### **Resumen en español y palabras clave:**

Señalando en forma concisa los objetivos, metodología, resultados y conclusiones más relevantes del estudio, con una extensión máxima de 200 palabras. No debe contener abreviaturas ni referencias bibliográficas y su contenido se debe poder entender sin tener que recurrir al texto, tablas y figuras. Al final del resumen incluir de 3 a 5 palabras clave que describan el tema del trabajo, con el fin de facilitar la inclusión en los índices internacionales.

### **Títulos, resumen y palabras en inglés:**

(Abstract y keywords). Es la versión en inglés de título, resumen y palabras clave en español.



**Introducción:**

En ella se expone el fundamento del estudio, el estado del arte en forma concisa, planteamiento del problema y objetivo del trabajo.

**Cuerpo del Artículo:**

Se presenta en diversas secciones:

**Métodos y Materiales:**

Donde se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, las especificaciones técnicas de los materiales, cantidades y métodos de preparación.

**Resultados:**

Donde se presenta la información pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

**Discusión:**

Donde se examinarán e interpretarán los resultados que permitan sacar las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan.

**Conclusiones:**

En este aparte se resume, sin mencionar los argumentos que las soportan, los logros extraídos en la discusión de los resultados, expresadas en frases cortas y breves.

**Referencias Bibliográficas:**

Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles, las referencias deben ser citadas y numeradas secuencialmente en el texto con números arábigos entre corchetes. (Sistema orden de citación), al final del artículo se indicarán las fuentes, como se expresa a continuación, en el mismo orden en que fueron citadas en el texto, según se trate de:

**Libros:**

Autor (es) (apellidos e iniciales de los nombres). título, número de tomo o volumen (si hubiera más de uno), número de edición (2da en adelante), lugar de edición, ciudad, nombre de la editorial, número(s) de páginas(s), año.

**Artículos de revistas:**

Autor(es) del artículo (apellido e iniciales de los nombres), año, título del artículo, nombre de la revista, número de volumen, número del ejemplar, número(s) de páginas(s).

**Trabajos presentados en eventos:**

Autor(es), (apellido e iniciales de los nombres), título del trabajo, nombre del evento, fecha, número(s) de página (s).

**Publicaciones en medio electrónicos:**

Si se trata de información consultada en internet, se consignarán todos los datos como se indica para libros, artículos de revistas y trabajos presentados en eventos, agregando página web y fecha de actualización; si se trata de otros medios electrónicos, se indicarán los datos que faciliten la localización de la publicación.

**Ilustraciones:**

Incluir en el texto un máximo de 12 (doce) ilustraciones (figuras y tablas).

**Figuras:**

Todos los gráficos, dibujos, fotografía, esquemas deberán ser llamados figuras y enumerados con números arábigos en orden correlativo, con la leyenda explicativa que no se limite a un título o a una referencia del texto en la parte inferior y ubicadas inmediatamente después del párrafo en que se cita en el texto. Las fotografías deben ser nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras.

### **Tablas:**

Las tablas deberán enumerarse con números arábigos y leyendas en la parte superior y ubicarse inmediatamente después del párrafo en el que se citan en el texto. Igual que para las figuras, las leyendas deberán ser explicativas y no limitarse a un título o a una referencia del texto.

### **Unidades:**

Se recomienda usar las unidades del sistema métrico decimal, si hubiera necesidad de usar unidades del sistema anglosajón (pulgadas, libras, etc.), se deberán indicar las equivalencias al sistema métrico decimal.

### **Siglas y abreviaturas:**

Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

### **Fórmulas y ecuaciones:**

Los artículos que contengan ecuaciones y fórmulas en carácter arábico deberán ser generados por editores de ecuaciones actualizados con numeración a la derecha.

### **Normas técnicas del diseño**

#### **Diseño y versión:**

#### **Formato electrónico.**

Debe respetarse la diagramación establecida y los originales publicados en las ediciones de esta Revista; son propiedad del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes, siendo necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

#### **Sitio Web**

Web Repositorio Institucional SaberULA ([www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)).

### **Dirección institucional**

Dirección institucional Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía - 5145- Edo. Mérida.

**Contactos Tel:** 0275-8817920/0414-0078283

**E-mail:** [rite@ula.ve](mailto:rite@ula.ve)

**E-mail:** [riteula2017@gmail.com](mailto:riteula2017@gmail.com)

# Instructions for authors

## Instructions for authors

The official language of the journal is Spanish, although it could be considered papers in English to reach a wider audience.

## Evaluation Criteria and Conditions

### General:

The technical contributions that are published must be framed in the requirements established by this standard and accepted by the Editorial board.

The works published in RITE are its intellectual property, with the exceptions that are stipulated in the Publication Agreement and may not be reproduced by any means without the written authorization of the editorial board.

Authors must indicate, at the bottom of the manuscript first and last name, academic title, place of work, position they hold and full address, including email

## Contributions

The editorial board accepts seven types of contributions for publication:

Technical papers, applied engineering papers, short communications, reviews, technical notes, essays and diffusion papers.

## Technical Papers:

Are those contributions that, in addition to informing news and advances in the specialties covered by RITE, are the result of a research work, either bibliographic or experimental, in which results have been obtained, discussed, leading to reliable conclusions, that mean a relevant contribution in Science, Technology and information.

## Papers of applied engineering and education:

They could be the result of graduate thesis (Specialization, Master degree and Doctorate) or research in the academic and industrial field, either experimental and / or theoretical, that means a technological contribution for solving specific problems in the industrial sector and in education.

## Communications:

These are reports of original research resulting from any field of education, basic or applied sciences, aimed at a specialized audience. It could cover up to 10 pages.

## Reviews:

These are papers requested, by invitation, of the editorial board and comment on the most

recent literature on a particular specialized topic.

### **Technical notes:**

Are those contributions produced by research aimed at informing news and / or advances in the subjects covered by RITE. They may be submitted in a maximum length of ten (10) pages, including figures and tables, which must meet the conditions previously established for them.

### **Diffusion papers:**

Are those that report an idea including current events, related to the projection of the journal, without going into details.

### **Essays:**

These are texts that analyze, interpret or evaluate a particular research topic. Supported arguments and opinions are requested.

The editorial board reserves the right to select technical, educational and applied engineering papers consigned for publication, after consulting, at least, two reviewers.

Papers submitted for publication must be unpublished before. Those papers containing material that has been reported elsewhere or that have been offered by the author or authors to other national or international broadcasting bodies for publication will not be accepted.

### **Rules for submitting papers and documents:**

All contributions must be prepared using Microsoft office Word processor at 1.5 spacing on letter size paper, Arial 12, with all margins at 2.5 cm, their digital version should be sent as an attachment.

All papers, should have a minimum of 10 and a maximum of 20 pages (except for the reviews that have a free number of pages), including illustrations (figure + tables).

### **Composition:**

All papers must be divided as follows:

Titles in English and Spanish, Full name of authors and affiliation institution, abstract and keywords in English and Spanish, introduction, development, conclusions, acknowledgements and bibliographic references.

### **Title:**

It must be brief, precise and codable, without abbreviations, parentheses, formulas or unknown characters. It should contain the fewest words that express the subject of the paper and enable its registration in the international indexes. The author should also indicate a shorter title to be used as the heading for each page.

### **Full name of the authors:**

In addition to indicating the name and surname of the authors, on a separate page the academic title, place of work, position and full address will be cited, including telephone and email.

### **Abstract and keywords:**

They must, Concisely, mean the objectives, methodology, results and most relevant conclusions of the study, with a maximum length of 200 words. It should not contain abbreviations or bibliographic references and its content should be understandable without having to resort to the text, tables and figures. At the end of the abstract, include 3 to 5 keywords that describe the subject of the work, in order to facilitate inclusion in international indexes

### **Titles, abstract and words in English:**

(Abstract and keywords). It is the English version of the title, abstract and keywords in Spanish. Introduction: It presents the foundation of the study, the state of the art in a concise way, statement of the problem and objective of the work.

### **Body of the paper:**

It is presented in various sections:

### **Methods and Materials:**

Where the research design is described and how it was carried out, the technical specifications of the materials, quantities and preparation methods are explained.

### **Results:**

Where the information pertinent to the objectives of the study and the findings are presented in logical sequence.

**Discussion:** Where the results will be examined and interpreted that allow drawing the Conclusions derived from those results with the respective arguments that support them.

### **Conclusions:**

This section summarizes, without mentioning the supporting arguments, the achievements obtained in the discussion of the results, expressed in short and brief sentences.

### **Bibliographic References:**

Avoid any reference to communications and private documents of limited diffusion, not universally accessible, the references should be cited and numbered sequentially in the text with Arabic numbers in brackets. (Citation order system), at the end of the paper, the sources will be indicated, as expressed below, in the same order in which they were cited in the text, depending on whether they are:

#### **Books:**

Author (s) (surnames and initials of the names). title, volume or volume number (if there is more than one), edition number (2nd onwards), place of publication, city, name of the publisher, number (s) of pages (s), year.

#### **Journal papers:**

Author (s) of the paper (surname and

initials), year, paper title, journal name, volume number, issue number, number (s) of pages (s).

Contributions to congresses and symposia Author (s), (surname and initials of the names), title of the work, name of the event, date, number (s) of page (s).

### **Publications in electronic media:**

If it is information consulted on the internet, all the data will be consigned as indicated for books, journal papers and papers presented at events, adding a website and update date; If it is other electronic means, the data that facilitate the location of the publication will be indicated. Illustrations: Include in the text a maximum of 12 (twelve) illustrations (figures and tables).

### **Figures:**

All graphics, drawings, photographs, diagrams must be called figures and numbered with Arabic numbers in correlative order, with the explanatory legend that is not limited to a title or a text reference at the bottom and located immediately after the paragraph in which it is cited in the text. Photographs must be sharp and well contrasted, without areas that are too dark or extremely light.

### **Tables:**

Tables must be numbered with Arabic numbers and legends at the top and immediately after the paragraph in which they are cited in the text. As for the figures, the legends should be explanatory and not limited to a title or a text reference.

### **Units:**

It is recommended to use the units of the metric system, if there is a need to use units of the Anglo-Saxon system (inches, pounds, etc.), the equivalents in the metric system must be indicated.

### **Acronyms and abbreviations:**

If little-known acronyms and abbreviations are used, their meaning will be indicated the

first time they are mentioned in the text and, after that, the acronym or abbreviation will be enough.

### **Formulas and equations:**

Papers that contain equations and formulas in Arabic must be generated by updated equation editors with numbering on the right hand side.

### **Technical standards for design and version:**

Electronic format. The established layout must be respected and the originals published in the editions of this Journal are the property of the Council for Scientific, Humanistic, Technological and Arts Development (CDCHTA) of the University of The Andes, being necessary to cite the origin in any partial or total reproduction.

### **Web Site:**

SaberULA Institutional Repository ([www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)).

### **Institutional Directorate:**

Hacienda Judibana. Kilometer 10, La Pedregosa Sector. The Watcher - 5145- Edo. Mérida

### **Contacts Tel:**

0275-8817920 / 0414-0078283

E-mail: [rite@ula.ve](mailto:rite@ula.ve)

E-mail: [riteula2017@gmail.com](mailto:riteula2017@gmail.com)

*Esta versión electrónica de **La Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**,  
se realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición  
electrónica en el **Volumen 6, N° 2**, publicada en el repositorio institucional saberula  
Universidad de Los Andes – Venezuela  
[www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)  
[info@saber.ula.ve](mailto:info@saber.ula.ve)*

*El Consejo de Desarrollo, Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de la ULA es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos, humanísticos y de las artes*



## **Objetivos Generales del CDCHTA**

El CDCHTA de la Universidad de Los Andes desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y a su generación de relevo.
- Fomentar la investigación en todas las unidades académicas de la ULA, relacionando la docencia con la investigación.
- Vincular la investigación con las necesidades del país.

## **Objetivos Específicos**

- Proponer políticas de investigación y de desarrollo científico, humanístico y tecnológico para la Universidad y presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Presentar a los Consejos de Facultad y Núcleos Universitarios, a través de las comisiones respectivas, proposiciones para el desarrollo y mejoramiento de la investigación en la Universidad.
- Estimular la producción científica (publicaciones, patentes) de los investigadores, creando para ello una sección que facilite la publicación de los trabajos científicos.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y evaluación de la investigación y proponer la creación de premios, menciones, certificaciones, etc., que sirvan de estímulo para la superación de los investigadores.
- Emitir opinión a solicitud del Consejo Universitario, sobre los proyectos de creación, modificación, o su presión de centros o institutos de investigación.
- Elevar opinión ante el Consejo Universitario, previa recomendación de las comisiones, sobre los proyectos de convenio con otras instituciones para propiciar el desarrollo de la investigación.

## **Estructura**

- Vicerrector Académico, Coordinador del CDCHTA.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Seminarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones técnicas asesoras.

## **Proyectos.**

- Seminarios.
- Publicaciones.
- Talleres y Mantenimiento.
- Apoyo a Unidades de Trabajo.
- Equipamiento Conjunto.
- Promoción y Difusión.
- Apoyo Directo a Grupos (ADG).
- Programa Estímulo al Investigador (PEI).
- PPI-Emeritus.
- Premio Estímulo Talleres y Mantenimiento.
- Proyectos Institucionales Cooperativos.
- Aporte Red Satelital.
- Gerencia.