

Reseña

Nikola Tesla y la batalla de las corrientes

Nikola Tesla and the current war

Carmen Luisa Vásquez Stanescu^a, Ramón Pérez^b, Rodrigo Ramírez-Pisco^{c,d}

^aUniversidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. Barquisimeto, Venezuela.

^bUniversidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.

^cUniversidad de Barcelona. Barcelona, España

^dUniversidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España

DOI:<http://doi.org/10.13140/RG.2.2.27114.88005>

Recibido: 01-03-2019

Aceptado: 24-05-2019

Resumen

El ingeniero electricista Nikola Tesla es uno de los científicos que más importantes aportes hizo para el desarrollo de la ciencia y la tecnología eléctrica en los últimos 100 años. Durante sus 86 años de vida, la mayoría como residente de USA, los dedica a temas tan diversos como la electricidad y el electromagnetismo, entre otros, adelantándose en varias décadas a la física de su tiempo. Se le considera el padre de la corriente alterna, con patentes otorgadas, algunas de ellas posterior a su muerte. Su vida es fascinante, no sólo por sus inventos sino por las historias y relatos que le rodean. Protagoniza el famoso período conocido como la Batalla de las Corrientes, cuyo oponente fue el reconocido Thomas Alva Edison, entorno que ha servido de guion a diversos documentales y películas. El presente trabajo tiene como propósito describir parte de su historia y, especialmente, de este famoso período. Esperamos que los lectores se encuentren tan fascinados con la vida y obra de este personaje, como muchos quienes lo estamos al apreciar el invaluable legado de sus desarrollos tecnológicos.

Palabras clave: Batalla de las corrientes; electromagnetismo; ingeniero electricista; Nikola Tesla; Thomas Alva Edison.

Abstract

The electrical engineer Nikola Tesla is one of the scientists who made the most important contributions to the development of electrical science and technology in the last 100 years. During its 86 years of life, the majority as a resident of the USA, dedicates them to subjects as diverse as electricity and electromagnetism, among others, anticipating in several decades the physics of their time. He is considered the father of alternating electricity flow, with granted patents, some of them after his death. His life is fascinating, not only for his inventions but for the stories and stories that surround him. It stars in the famous period known as the Battle of the Electricity flow, whose opponent was the renowned Thomas Alva Edison, an environment that has served as a script for various documentaries and films. The purpose of this paper is to describe part of its history and, especially, of this famous period. We hope that readers will be as fascinated with the life and work of this character, as many of us are when we appreciate the invaluable legacy of their technological developments.

Key words: current war; electromagnetism; electrical engineer; Nikola Tesla; Thomas Alva Edison.

Lista de acrónimos, abreviaturas, unidades y medidas

aC	Antes de Cristo
AC	Corriente alterna, por sus siglas en inglés
B	Campo magnético
CGPM	Conferencia General sobre Pesos y Medidas, por sus siglas en francés
DC	Corriente continua, por sus siglas en inglés
EU	Unión Europea, por sus siglas en inglés
SI	Sistema Internacional de Unidades
T	Unidad de Tesla
UC	Unidad de créditos
UCV	Universidad Central de Venezuela
ULA	Universidad de Los Andes
UNEXPO	Universidad Nacional Experimental Politécnico “Antonio José de Sucre”
UNIMET	Universidad Metropolitana
USB	Universidad Simón Bolívar
US	Estados Unidos, por sus siglas en inglés
USA	Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés
NI	No incluye la información

1. Introducción

“El presente es vuestro, pero el futuro es mío.
El desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención.
Es el producto más importante de su cerebro creativo.
En el espacio hay energía y es cuestión de tiempo que el ser humano logre aprovecharla.
El científico no busca resultados instantáneos, ni espera que sus ideas avanzadas sean aceptadas fácilmente,
su deber es sentar bases, señalar el camino a los que vendrán.
Cualquier persona, en tierra o mar, podrá recibir noticias de cualquier lugar del mundo
o mensajes particulares destinados solo a ella con un aparato
sencillo y barato que cabe en el bolsillo.”

Nikola Tesla, 1893

La electricidad, como servicio intangible y complejo [1][2], es la fuerza que ha logrado el desarrollo de las naciones, tal y como lo conocemos hoy en día. Es casi imposible imaginarnos la vida sin contar con este servicio, para alumbrarnos, preservar los alimentos y las medicinas, lograr los suministros de agua potable y dispensar la gasolina para los vehículos, las telecomunicaciones y, prácticamente, alcanzar a hacer hoy todas las tareas de la vida moderna. Ha estado tan ligada al progreso del mundo que inclusive el consumo de energía eléctrica fue propuesto como un indicador de desarrollo y para la estimación del Producto Interno Bruto (PIB) de los países [3]. La electricidad es una ciencia que estudia un conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de las cargas eléctricas, entre éstos la inducción electromagnética, las cargas electrostáticas, los rayos y otros. Su observación científica comienza con Tales de Mileto, 600 años aC, que establece que al frotar un ámbar se atraen objetos livianos, básicamente por el fenómeno de la electrostática, de ahí el nombre griego de electrón o ámbar.

A finales de 1700, grandes personajes en la historia como Faraday, Oersted, Ampere, Gauss, Maxwell, Franklin y Volta, entre otros, dieron la base de su conocimiento. Pero no es hasta en 1880, que se conoce la primera planta de generación eléctrica, gracias a Thomas Alva Edison, dando inicio a la tecnología eléctrica [4]. La vida y obra de Nikola Tesla figura dentro de los físicos e ingenieros que promovieron el uso de la electricidad, reconocido como el promotor de la corriente alterna y de varios inventos e innovaciones. Todo ingeniero electricista debe conocer su vida y obra, las cuales estuvieron inmersas no sólo en discrepancias científicas, sino también en problemas políticos, económicos y bélicos. Participa en el período conocido como la Batalla de las Corrientes, financiado por George Westinghouse, y cuyo oponente fue Thomas Alva Edison. Este último defendía su invento de la bombilla incandescente y de la corriente

continua (DC, por sus siglas en inglés) y Nikola Tesla el motor eléctrico y la corriente alterna (AC, por sus siglas en inglés). En el año 2011, el entonces presidente de USA, Barak Obama, organiza una cena con los hombres más importante del conocido Silicon Valley. En su discurso dice:

“Siempre nos hemos definido como una nación de inmigrantes. Una nación que recibe a todos aquellos que desean abrazar los principios de América. De hecho, ese constante flujo de inmigrantes ayudó a hacer a los Estados Unidos lo que es. Los grandes científicos como Albert Einstein, los inventos de Nikola Tesla, las grandes aventuras de los empresarios de U.S. Steele de Andrew Carnegie y el Google de Sergey Brin. . . Todo ello fue posible gracias a los inmigrantes” [5].

Reconociendo en las palabras del expresidente Obama la importancia de los grandes “inventos de Nikola Tesla” [5]. Conocer su biografía es comprender gran parte de la historia de la humanidad y la electricidad, sus aciertos y controversias. Es así, como evidencia del impacto de su legado, en el año 2017 se estrena la película *The Current War* protagonizada por Benedict Cumberbatch, Michael Shannon y Nicholas Hoult quienes representan a Thomas Alva Edison, George Westinghouse y Nikola Tesla, respectivamente; Alfonso Gómez-Rejón dirige el texto de Michael Mitnick.

El propósito del presente trabajo es describir una parte importante de la historia de la electricidad, envuelta en la vida de Nikola Tesla y la Batalla de las Corrientes. En este sentido, el artículo se encuentra dividido en una sección dedicada al electromagnetismo, cuya teoría sirve de base a Tesla para sus trabajos, la biografía de este enigmático personaje y lo ocurrido durante esta Batalla. Finalmente, se presenta un resumen de la transcendencia de Tesla desde su nacimiento, hasta hoy día y su impacto en el pensamiento ingenieril.

2. El Electromagnetismo y su impacto en la enseñanza de la Ingeniería Eléctrica

Los encargados de concebir, diseñar, analizar, operar, mantener, investigar y enseñar todas las funciones relacionadas con los sistemas eléctricos (de generación, transmisión, distribución, despacho y uso final de la energía) son los Ingenieros Electricistas. Similar a lo que ocurre en otras ingenierías, se fundamenta sólidamente en las matemáticas, la física, la química y otras ciencias para lograr desarrollar el conocimiento necesario para garantizar su avance. Hoy en día tan cuestionado estos sistemas por los impactos ambientales que han ocasionado[6][7].

La historia de la electricidad se remonta a Tales de Mileto 600 años aC, hoy día definida como electroestática. Durante largo tiempo se mantuvo como un fenómeno mágico, incluso siendo motivo de espectáculos en circos y obras de salón. Su concepción comienza a cambiar con el estudio del Fuego de San Telmo y de los rayos (descargas eléctricas atmosféricas). El Fuego de San Telmo era observado en los mástiles de los barcos en presencia de una nube de tormenta, efecto ocasionado por la ionización del aire, hoy día llamado Efecto Corona. A finales de 1700, el famoso Benjamín Franklin y su experimento de volar un cometa en presencia de nubes de tormenta lograron demostrar que los rayos no son más que un fluido eléctrico que puede ocurrir entre nubes, dentro de una misma nube o entre nube y tierra.

No hay profesional de la Ingeniería Eléctrica (incluso de Electrónica) que haya sido perturbado durante su profesión con la complejidad que implica los estudios de Teoría Electromagnética y el Electromagnetismo. A manera de ejemplo, el Cuadro 1 muestra para algunas carreras de estos profesionales de Venezuela su ubicación en el pensum de estudios.

Cuadro 1: Ubicación en semestre o trimestre y nombre de las asignaturas de electromagnetismos en carreras de ingeniería eléctrica en universidades venezolanas.

Universidad	Ubicación	UC	Nombre de la asignatura	Ref
UCV	VI Semestre	4	Teoría Electromagnética	[8]
USB	V Semestre	3	Teoría Electromagnética I	[9]
	XIII Semestre	3	Teoría Electromagnética II	
ULA	VI Semestre	5	Campos Electromagnéticos	[10]
UNIMET	IX Trimestre	NI	Teoría Electromagnética	[11]
UNEXPO	V Semestre	3	Teoría Electromagnética	[12]

UC: Unidades de crédito, NI: No incluye la información

Según el Grupo de Investigación en Radiación de la Universidad Politécnica de Madrid [13], señala que el objetivo del programa de Electricidad y Magnetismo:

“Es el estudio de diversos fenómenos electromagnéticos particulares a partir de un planteamiento general de las ecuaciones de Maxwell acabando en la introducción de la situación electrodinámica; explicando el contenido físico de los fenómenos a la vez que utilizando un cuerpo matemático riguroso en su descripción. En particular, esta asignatura comienza con la presentación de las ecuaciones fundamentales (ecuaciones de Maxwell) y del conjunto de conocimientos físicos imprescindibles para su comprensión y manejo. Para ello se requieren conocimientos de cálculo vectorial relativamente importantes, algunos de los cuales se repasarán previamente. Después se contempla el análisis de situaciones invariantes con el tiempo (problemas estáticos) de los que surgen los conceptos básicos que maneja la teoría de circuitos (diferencia de potencial, capacidad, fuerza electromotriz, corriente, resistencia e inductancia). Finalmente, se consideran los efectos de la variación temporal (fenómeno de inducción y corriente de desplazamiento) y en particular aquellos casos que puedan calificarse como de variación lenta, demostrándose que pueden analizarse mediante una aproximación sencilla de las Ecuaciones de Maxwell: las Leyes de Kirchoff.”

El mismo programa recomienda como conocimientos básicos para su estudio, las asignaturas avanzadas de matemática y física, adicionalmente, materiales y su estructura, y finalmente análisis vectorial.

3. Biografía de Nikola Tesla

Nikola Tesla (Figura 1) nace en Smiljan (actualmente Croacia) el 9 de julio de 1856 [14], que en ese momento era parte el Imperio Austro-Húngaro, ubicada en Gospić, condado de Lika-Senj. Aún hay autores que referencian como fecha de nacimiento el día 10 de julio de ese mismo año [15]. Esta pequeña localidad, en el año de 1857 superaba los 2.000 habitantes; sin embargo, para el último censo del año 2011, se ha visto un descenso en su población llegando a alcanzar apenas los 420 habitantes. Actualmente, la casa de Nikola Tesla y otras edificaciones son un memorial a su vida e inventos (Figura 2).

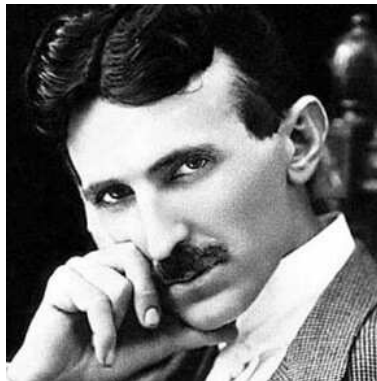


Figura 1: Nikola Tesla a sus 34 años de edad [16].



Figura 2: Museo e iglesia serbia ortodoxa en memoria de Nikola Tesla [17].

Su padre Milutin Tesla (1819-1879) era un sacerdote serbio de la iglesia ortodoxa. Su madre Georgina Đuka Tesla (1822-1892) era ama de casa y Nikola siempre afirmó que su genio e inventiva se lo debía a ella, ya que ideó varios

artefactos para realizar las tareas del hogar en menor tiempo y esfuerzo, a pesar de ser analfabeta (Figura 3). Nikola Tesla padecía de sinestesia y no dibujaba esquemas, pues visualizaba sus invenciones mentalmente con gran precisión. De manera general, la sinestesia es “como un cúmulo de asociaciones de diferente y diversa naturaleza perceptual, un enlace asociativo entre varias zonas sensoriales, unidas como si las impresiones de una pasaran a la otra” [18].

En la literatura se afirma que Nikola Tesla desde niño tenía capacidades intelectuales excepcionales. A los 14 años abandona el colegio para estudiar en el Real Gymnasium de Gospić, donde siente fascinación por la física y la electricidad. Padece de cólera y malaria y estando a punto de morir hizo prometer a su padre que le permitiría estudiar si sobrevivía. Así, a sus 19 años de edad, comienza a estudiar en el Polytechnic Institute en Graz, Austria, y en la University of Prague. Inicialmente se inscribe para especializarse en física y matemática, sin embargo su fascinación por la electricidad lo hizo cambiar de opinión. No se encontró evidencia en la literatura revisada que haya obtenido título alguno. En 1881 comienza como ayudante y, posteriormente, como ingeniero electricista en la Telephone Company en Budapest.

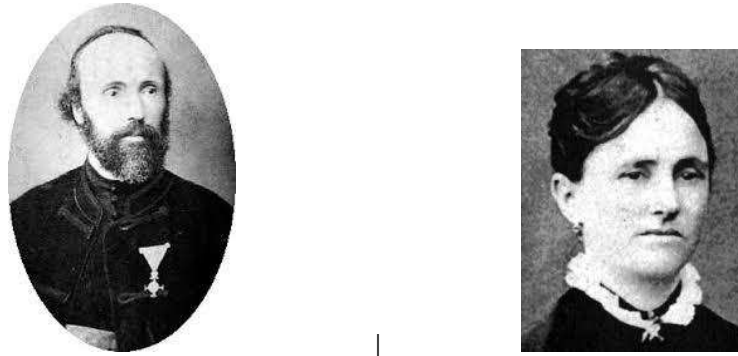


Figura 3: Milutin Tesla y Georgina Đuka Tesla, padres de Nikola [17].

En 1882 comienza a trabajar en la Continental Edison Company en París. En 1884, viaja en transatlántico a New York y comienza a trabajar con Thomas Alva Edison, gracias a una carta de recomendación. Son innumerables sus inventos, pasa años trabajando en un sistema diseñado para transmitir de forma inalámbrica voces, imágenes fijas y en movimiento y energía eléctrica convirtiéndolo en un futurista y el verdadero padre de la radio, el teléfono, los teléfonos celulares, la televisión y los sistemas eléctricos de potencia. Muere solo y, prácticamente como un indigente el 7 de Enero de 1943, a sus 86 años de edad, en un cuarto del Hotel New Yorker, ver Figura 4.



Figura 4: Hotel New Yorker [19].

La vida de Nikola Tesla fue solitaria y dedicada a su trabajo. Fue individualista y nunca forma una relación cercana con otro ser humano, a pesar de su amplia cultura y dominio de varios idiomas, siendo el arquetipo del científico del siglo XIX. Se le otorgan 278 patentes, en 26 países, a pesar que la mayoría de sus documentos fueron intervenidos por el gobierno estadounidense a su muerte. Un hecho significativo de su vida fue que gana la batalla jurídica contra Marconi ante la Corte Suprema de los USA, por la patente de la radio, seis (6) meses después de su muerte. Años después de su fallecimiento, su familia y la embajada de Yugoslavia, reclaman lo incautado por el gobierno estadounidense y hoy día

son resguardados en el Museo Tesla de Belgrado [14] mostrado en la Figura 5. Entre más de los 1.000 inventos de Tesla [14][20][21][22] se encuentran:

- Motor de corriente alterna, patente BE 81637A [22].
- Radio [23][24][25].
- Retrosopio [26].
- Resonancia magnética.
- Radar.
- Submarino eléctrico.
- Lámpara de pastilla de carbono.
- Despegue y aterrizaje vertical de aviones.
- Rayos X.
- Bobina de Tesla.
- Transferencia inalámbrica de energía.
- Control remoto.
- Extracción de energía de la tierra en grandes cantidades.
- Microscopio electrónico.
- Sistemas de propulsión de medios electromagnéticos, sin partes móviles.
- Herramientas de medición y control climático.
- Rayo de la muerte.



Figura 5: Museo de Tesla en Belgrado [27].

4. La corriente alterna y la batalla de las corrientes

“Después de la presentación de la bombilla de Edison en 1879 y de la Exposición Mundial de París en 1881, los nuevos sistemas de iluminación eléctricos se convirtieron en uno de los logros tecnológicos más importantes del mundo. Éstos podían iluminar las residencias, plazas y avenidas, es decir, alargar los días, y sustituir al vapor para hacer funcionar motores, dando inicio a la conocida segunda revolución industrial. Estos funcionaban con DC” [4].

En el año 1884, Tesla se muda a USA, como se comenta en su biografía, para trabajar con Thomas Alva Edison, pasando a ser prácticamente su mano derecha. Tesla se compromete a incrementar la eficiencia del sistema eléctrico en DC desarrollado por Edison en un 25 % a cambio de 5.000 \$. Esto lo logra después de mucho esfuerzo y al pedirle su remuneración, Edison le contesta “Tesla, usted no entiende el sentido del humor americano” [4], lo que lo enfurece y no vuelve a trabajar con él [28].

Durante el período de trabajo de Tesla con Edison, comenzaron sus discrepancias en cuanto a la DC, debido a que Tesla había dedicado varios años de su vida al uso y desarrollo de la AC. Lo que sigue a este punto histórico es el período conocido como la Batalla de las Corrientes, ocurrido entre 1885 y 1895. Fue un tipo de Batalla no convencional donde Edison quería que prevaleciera la DC y Tesla, ahora financiado por George Westinghouse, la AC. Fue una batalla de relaciones públicas por el control del incipiente mercado de la generación y distribución de la energía eléctrica. Adicionalmente, sopesaban aspectos a favor a la AC como su eficiencia, al elevarse mediante el uso de transformadores, la reducción de las pérdidas y al uso de calibre de conductores menores. Por otra parte, el sector industrial, movido hasta ahora por máquinas de vapor generado en base al carbón, se podía apoyar en los motores de corriente alterna, siendo esto una gran ventaja.

Durante este período de la batalla, Harold Brown [29], antiguo trabajador de Edison, promueve el uso de la silla eléctrica, como método de ejecución [30], y para demostrar los peligros que lleva el uso de mayores tensiones en los sistemas eléctricos. Esta silla fue construida en base al generador eléctrico de Westinghouse que obtuvo clandestinamente. Esto buscaba desacreditar el trabajo de Tesla, para preservar los intereses comerciales de la Edison General Electric Company y la transmisión de la energía eléctrica en DC.

Brown quiso poner en evidencia los problemas de la AC de Tesla con la electrocución y tortura de perros, terneros y caballos. El 6 de agosto de 1890, se emplea la silla eléctrica para la ejecución del Sr. William Kemmler, condenado por dar hachazos a su amante Tillie Ziegler [31], “en un espectáculo terrible se necesitaron dos (2) intentos para darle muerte” [32].

Otro caso donde se intentó evidenciar los problemas de la AC fue con Topsy, una elefante que tomó por la trompa a uno de sus conductores del circo, al darle de comer unos cigarrillos encendidos. Enfurecida toma al hombre con la trompa y lo arroja contra el suelo, matándolo al instante. Ese mismo día se decide su ejecución. Primero se decide su muerte en la horca, pero debido a los costos y dificultades optan por envenenarla. Se le dio a comer 400 g de zanahorias cargadas de cianuro de potasio, en lo que constituiría su última cena, sin embargo no muere. En este sentido, Edison propone ejecutarla con el generador eléctrico de Westinghouse, lo cual es aceptado [33]. Llega el día de la ejecución, los guardias hacen subir a Topsy al escenario donde se alza el a una plataforma de dos (2) m de alto para facilitar la visión como si fuera un espectáculo. Le rodea las patas con cintas de cobre y le aplican una descarga de 6,6 kV. En el momento de la ejecución no se oye ningún ruido, Topsy cae al suelo sin emitir algún lamento. Edison filma su muerte, la película tiene una duración de dos (2) minutos, fue editada y exhibida por todo EEUU para demostrar, irónicamente, la peligrosidad de la corriente alterna, lo que trae una crítica muy fuerte a la deshumanización de los individuos y su crueldad puesto que no basta con ejecutar a la elefante, sino que se graba y difunde [33]. El final de la Batalla de las corrientes llega cuando la Niagara Falls Power Company encarga a Westinghouse la aplicación de su sistema de transmisión eléctrica, basado en la tecnología de Tesla. En 1893, comienza la obra de la instalación de la primera central hidroeléctrica del mundo en las Cataratas del Niágara, capaz de llevar energía eléctrica hasta 32 km de distancia [4].

Hoy en día es público el resultado de la Batalla de las Corrientes, ya que el mundo se mueve gracias a un sistema eléctrico en corriente alterna, lo que implica un acuerdo general para la interconexión de los países en una misma frecuencia y con los mismos niveles de tensión. Sin embargo, aún se discuten los efectos de los campos electromagnéticos en la salud de los seres humanos, la eficiencia de los sistemas eléctricos y los impactos ambientales, producto de la generación de energía en base a los combustibles fósiles.

5. Transcendencia de Nikola Tesla

Ampliamente criticado por ser un hombre solitario y apasionado por su trabajo y labor científica, Nikola Tesla fue un visionario y uno de los talentos, promotores de la electricidad y el electromagnetismo, más famoso del siglo XIX y

principios del XX. Su padecimiento de la sinestesia quizás contribuyó a que lograra imaginarse sus inventos con una singular capacidad, similar a lo que le sucedía a Einstein con la dislexia, con quien incluso compartió correspondencia.

Fue un hombre visionario y pensó en la tecnología inalámbrica para la transmisión de energía eléctrica sin hilos y de las comunicaciones, mucho antes de la aparición de los teléfonos inalámbricos y la radio. Creador de más de 1.000 inventos de los cuales sólo patentan 278, ya que no era un hombre atento a las finanzas ni a enriquecerse. Inclusive la patente por la invención de la Radio le fue otorgada seis (6) meses después de su muerte, posterior a una batalla jurídica contra Marconi.

Fue reconocido por la promoción de la AC, que dio impulso a los sistemas eléctricos como los conocemos actualmente y los motores que impulsaron la Segunda Revolución Industrial. Esto lo llevo a protagonizar la Batalla de las Corrientes, contra su famoso adversario Thomas Alva Edison. Este período reconocido en la historia por la ejecución de animales y personas con la silla eléctrica, utilizada para poner en evidencia los peligros de la AC. Este período concluye con la ejecución de la elefante Topsy, que pone de manifiesto la crueldad de su adversario al filmarlo y transmitirlo en Europa. Posterior a esto, se construye la primera central hidroeléctrica en las Cataratas del Niagara, para suministrar energía a la ciudad de New York, lo que finalmente logra que la AC se volviera la mayormente utilizada actualmente. Gracias a su trabajo contante y a sus inventos, fue galardonado con varios premios y reconocimientos, entre éstos en 1937 se le otorga el famoso Premio Nobel de Física. En 1960, posterior a su muerte, la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM, por sus siglas en francés) nombra en su honor a la unidad de medida del campo magnético B del Sistema Internacional de Unidades (SI) como Tesla (T). El Tesla es la unidad estándar de la densidad de flujo magnético. Nikola Tesla sabía que el desarrollo del hombre y de la sociedad dependía del proceso continuo de invención. Actualmente, todavía es relevante el nombre de Tesla y se siguen estudiando detalladamente sus inventos y visiones. Se teme que algunos de ellos aún permanezcan en manos del gobierno estadounidense incautados posterior a su muerte. El aeropuerto de Belgrado lleva su nombre, al igual que el vehículo eléctrico Tesla reconocido en el mundo.

Hoy día las bases del pensamiento ingenieril de electricidad y electrónica es el electromagnetismo, es el hombro de gigante que científicos famosos, como Nikola Tesla, cimentaron para lograr ver más lejos y seguir desarrollando la tecnología eléctrica, con la que hoy día podemos decir que depende el desarrollo de la sociedad y las naciones y los modos de sobrevivencias del ser humano.

Referencias

- [1] M.Torres; C. Vásquez. La calidad: evolución de su significado y aplicación en servicios. *Publicaciones en Ciencia y Tecnología*, 4(1 y 2):23–30, 2010.
- [2] A. Vilorio; M. Torres; C. Vásquez. Validation of the system of indicators of sustainability for the evaluation of the energy efficiency in venezuelan companies electrical. In *ARGECON*, page 4, 2012.
- [3] W. Lutz. Reforma del sector energético, desafíos regulatorios y desarrollo sustentable en europa y américa latina, 2001. CEPAL, Santiago de Chile.
- [4] J. Acevedo; A. García-Carmona. Una controversia de la historia de la tecnología para aprender sobre naturaleza de la tecnología: Tesla vs. edison-la guerra de las corrientes. *Enseñanza de la Ciencia*, 34(1):193–209, 2016.
- [5] M. Delgado. *Yo y la energía. Nikola Tesla*. Colección Noema, 2011.
- [6] N. Buccini; A. Teran. Nuevas responsabilidades de los ingenieros. *Universidad, Ciencia y Tecnología (UCT)*, 12(47):113–118, 2008.
- [7] C. Vásquez; C. González. El desarrollo sustentable, la dependencia energética y las nuevas competencias del ingeniero electricista. *Publicaciones en Ciencia y Tecnología*, 5(1):5–14, 2011.
- [8] Universidad Central de Venezuela (UCV). Pensum de la carrera de ingeniería eléctrica, 2019. [OnLine](#).
- [9] Universidad Simón Bolívar (USB). Pensum de la carrera de ingeniería eléctrica, 2019. [OnLine](#).
- [10] Universidad de los Andes (ULA). Pensum de la carrera de ingeniería eléctrica, 2019. [OnLine](#).
- [11] Universidad Metropolitana. Pensum de la carrera de ingeniería eléctrica, 2019. [OnLine](#).
- [12] Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO). Pensum de la carrera de ingeniería eléctrica, 2019. [OnLine](#).
- [13] Universidad Politécnica de Madrid. Grupo de Investigación en Radiación de la Universidad Politécnica de Madrid, 2019. [OnLine](#).
- [14] S. Iancu. Nicolae Tesla – magician al Științei. *Noema*, 11:173–186, 2012.
- [15] S/A. Nikola Tesla. July 10, 1856–January 7, 1943. In *IEEE Engineering Management Review*, page 4, 2017.
- [16] Quien.net. Biografía de Nikola Tesla - quién fue, 2019. [OnLine](#).
- [17] Croatia Full of Life. Smiljan and Gospić, 2017. [OnLine](#).
- [18] R. Redondo Barba. Un extraño fenómeno perceptivo: la sinestesia. *RIEV. Revista Internacional de los Estudios Vascos*, 36(1):11–21, 1991.
- [19] T. N. Yorker. The Nicolas Tesla Association, 1929. [OnLine](#).
- [20] J. Sellon. The impact of Nikola Tesla on the cement industry. In *IEEE Cement Industry Technical Conference*, pages 125–133, 1997.
- [21] S. Šarboh. Prijave patenata Nikole Tesle u sad za koje mu nisu bili odobreni patenti. In *20th Telecommunications forum TELFOR*, pages 20–22, 2012.
- [22] S. Zaivod y S. Stojkovic. Novootkriveni patenti nikole tesla. In *23rd Telecommunications forum TELFOR*, pages 41–44, 2015.
- [23] B. Zovko-Cihlar. Tesla's inventions in the field of radiocommunications. In *48th International Symposium ELMAR*, pages 1–4, 2006.
- [24] I. Kuzle; H. Pandzic; D. Bosnjak. The true inventor of the radio communications. In *HISTELCON-08*, pages 20–23, 2008.

- [25] D. Drajić. Tesla's contribution to radio engineering. In *TESLIK*, pages 49–52, 2017.
- [26] M. Valentinuzzi. The retrospectroscope. Nikola Tesla: Why was he so much resisted and forgotten? In *IEEE Engineering In Medicine And Biology*, pages 74–75, 1998.
- [27] Museum. Museums of the word, 2019. [OnLine](#).
- [28] E. Aznar; J. Royo; P. Abad. La batalla de las corrientes. *Técnica Industrial*, pages 24–28, 2002.
- [29] R. Barazarte. La batalla de las corrientes: Edison, Tesla y el nacimiento del sistema de potencia. *Revista Prisma Tecnológico*, 4(1):51–53, 2016.
- [30] H. Brown. The new instrument of execution, 1889. *The North American Review* (1821-1940).
- [31] F. Casas-Ospina. *Tierras. Soporte de la Seguridad Eléctrica*. ICONTEC, 2010.
- [32] J. López. *Scientia*, 2011. [OnLine](#).
- [33] O. Ayometzi. El reino animal: Hombres vs. animales. una relación de subordinación, 2016. [OnLine](#).

Sobre los autores

Carmen Luisa Vásquez Stanescu

Ingeniero Electricista (Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO), Barquisimeto, Venezuela). Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica (UNEXPO). Doctora en Ciencias Técnicas (Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba). Profesora-investigadora de la UNEXPO.

Correo: cvasquez@unexpo.edu.ve

- [ORCID](#) - [Google Scholar](#)

Ramón Pérez

Ingeniero Electricista (UNEXPO). Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica (UNEXPO). Doctor en Ciencias de la Ingeniería Mención Productividad (UNEXPO). Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Correo: rperezp@ups.edu.ec

- [ORCID](#) - [Google Scholar](#)

Rodrigo Ramírez-Pisco

Especialista en Sistemas Eléctricos de Potencia y Gestión de la Energía (Universidad Politécnica de Valencia, España). Magíster en Ingeniería Eléctrica (Universidad de los Andes, Colombia). Doctor en Ingeniería Eléctrica (Universidad Politécnica de Cataluña, España). Coordinador de la Maestría en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universidad de Barcelona (España) y Profesor asociado de la Universitat Politècnica de Catalunya (España).

Correo: rramirez@unibarcelona.com

- [ORCID](#) - [Google Scholar](#)